

# VÝVOJ NÁSTROJŮ PRO MINIMALIZACI RIZIKA KONTAMINACE OVZDUŠÍ RESPIRABILNÍMI AZBESTOVÝMI VLÁKNY UVOLŇOVANÝMI LIDSKOU ČINNOSTÍ Z HORNINOVÉHO PROSTŘEDÍ

Projekt TAČR SS01010257

## SOUHRNNÁ ZÁVĚREČNÁ VÝZKUMNÁ ZPRÁVA O PRŮBĚHU A VÝSLEDČÍCH ŘEŠENÍ PROJEKTU

### ŘEŠITELÉ:

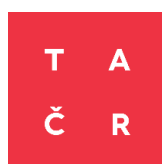
Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.<sup>1</sup>, Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava<sup>2</sup>

### AUTORSKÝ KOLEKTIV:

Leona Vavro<sup>1</sup>, Martin Vavro<sup>1</sup>, Tomáš Daněk<sup>2</sup>, Vlastimil Kajzar<sup>1</sup>, Jarmila Drozdová<sup>2</sup>,  
Konstantin Raclavský<sup>2</sup>, Lukáš Kubina<sup>1</sup>

### EXTERNÍ APLIKAČNÍ GARANT:

Ministerstvo životního prostředí ČR, odbor geologie



## Obsah

<b>1. Úvod .....</b>	<b>3</b>
<b>2. Představení projektu a předkládaného výsledku .....</b>	<b>3</b>
2.1. Základní charakteristika projektu .....	4
2.2. Cíle projektu a přehled definovaných výsledků projektu .....	4
2.3. Základní charakteristika předkládaného výsledku .....	5
<b>3. Harmonogram a postup řešení projektu .....</b>	<b>6</b>
<b>4. Výstupy projektu .....</b>	<b>9</b>
4.1. Výsledek V1 .....	9
4.1.1. Popis výsledku V1 a jeho cíl .....	9
4.1.2. Metodologie výsledku .....	9
4.1.3. Popis uplatnění výsledku V1 .....	19
4.2. Výsledek V2 .....	19
4.2.1. Popis výsledku V2 a jeho cíl .....	19
4.2.2. Metodologie výsledku .....	20
4.2.3. Popis uplatnění výsledku V2 .....	26
4.3. Výsledek V3 .....	27
4.3.1. Popis výsledku V3 a jeho cíl .....	27
4.3.2. Metodologie výsledku .....	27
4.3.3. Popis uplatnění výsledku V3 .....	40
4.4. Výsledek V4 .....	40
4.4.1. Popis výsledku V4 a jeho cíl .....	40
4.4.2. Metodologie výsledku .....	40
4.4.3. Popis uplatnění výsledku V4 .....	43
<b>5. Závěrečné shrnutí .....</b>	<b>43</b>
<b>6. Přílohy .....</b>	<b>47</b>

## 1. Úvod

Azbest (osinek) je souborné technické a obchodní označení pro vláknité formy vybraných šesti přírodních hydratovaných silikátových minerálů ze skupin serpentínů a amfibolů. Do skupiny serpentínů patří jediný minerál označovaný jako azbest, a tím je chryzotil. Mezi amfibolové azbesty jsou pak zařazeny tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest, amosit a krokydolit.

Azbestové minerály byly po poměrně dlouhé období lidské historie využívány pro své výhodné materiálové vlastnosti, zejména vysokou tepelnou a chemickou odolnost, ohebnost a vysokou pevnost v tahu. Specifická vláknitá stavba, společně se silikátovou chemickou povahou, předurčuje řadu těchto technologicky výhodných fyzikálních vlastností azbestů, je ale také hlavní příčinou jejich zdravotních rizik. Z důvodu tvorby vláken mikroskopických rozměrů dochází k poměrně dlouhému udržování azbestů ve vzduchovém sloupci a tím i k riziku vdechování a ukládání těchto vláken v dýchacím systému člověka. Reakce imunitního systému na přítomnost azbestových vláken v dýchacích orgánech pak může vést ke vzniku závažných onemocnění, jakými jsou například rakovina plic nebo mezoteliom. Proto jsou všechny azbesty již delší dobu hodnoceny, v souladu s klasifikací Mezinárodní agentury pro výzkum rakoviny, jako karcinogeny.

Azbestiformní částice se mohou, kromě stavebních a jiných člověkem vytvořených materiálů, vyskytovat také v určitých typech hornin. V případě hornin se však jedná o tzv. přirozeně se vyskytující azbesty (angl. naturally occurring asbestos, NOA), které vznikají v horninách vhodného mineralogického a chemického složení přírodními geologickými pochody. Navíc, na rozdíl od uměle vyrobených materiálů se záměrně přidanými azbesty, jsou v horninách velmi často přítomny také amfibolové minerály neazbestiformního typu.

Oproti některým zemím, jako jsou například Německo, Francie, USA nebo Austrálie, kde je tato otázka již delší dobu řešena, v České republice doposud neexistuje nejen jednoznačná právní, ale ani metodická podpora, zabývající se problematikou přítomnosti NOA ve skalních horninách a v materiálech z hornin vyrobených, jako je zejména drcené kamenivo.

Autoři této souhrnné výzkumné zprávy jsou přesvědčeni, že plánované výsledky, které byly v rámci tříletého řešení projektu vytvořeny v požadovaných termínech i kvalitě, alespoň částečně přispějí k zaplnění této mezery. Transfer nově získaných poznatků do uživatelské praxe již byl zahájen a bude nadále pokračovat během následného implementačního období.

## 2. Představení projektu a předkládaného výsledku

Projekt Technologické agentury České republiky ev. č. SS01010257 „Vývoj nástrojů pro minimalizaci rizik kontaminace ovzduší respirabilními azbestovými vlákny uvolňovanými lidskou činností z horninového prostředí (AZROCK)“ je řešen v rámci 1. výzvy programu Prostředí pro život, podprogramu 1 – Operativní výzkum ve veřejném zájmu.

Projekt je realizován sedmičlenným výzkumným týmem dvou vědecko-výzkumných institucí. Hlavním příjemcem projektu je Ústav geoniky AV ČR, v. v. i. (ÚGN), dalším příjemcem Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (VŠB-TUO). Hlavním řešitelem projektu je Ing. Leona Vavro, Ph.D. (ÚGN), dalším řešitelem Ing. Tomáš Daněk, Ph.D. (VŠB-TUO).

## 2.1. Základní charakteristika projektu

<b>Název projektu</b>	Vývoj nástrojů pro minimalizaci rizik kontaminace ovzduší respirabilními azbestovými vlákny uvolňovanými lidskou činností z horninového prostředí
<b>Číslo projektu</b>	SS01010257
<b>Termín realizace projektu</b>	Doba řešení projektu: 1. 5. 2020 - 30. 4. 2023 Datum ukončení projektu: 3. 6. 2023
<b>Program</b>	Prostředí pro život
<b>Poskytovatel podpory</b>	Česká republika – Technologická agentura České republiky se sídlem: Evropská 1692/37, 160 00 Praha 6 IČO 72050365 zastoupená: prof. Ing. Petrem Konvalinkou, CSc., předsedou TA ČR
<b>Hlavní příjemce</b>	Ústav geoniky AV ČR, v. v. i. se sídlem: Studentská 1768/9, 708 00 Ostrava – Poruba zastoupená: Ing. Josefem Foldynou, CSc., ředitelem ústavu
<b>Další účastník</b>	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava se sídlem: 17. listopadu 2172/25, 708 00 Ostrava – Poruba zastoupená: prof. RNDr. Václavem Snášelem, CSc., rektorem
<b>Aplikační garant</b>	Ministerstvo životního prostředí ČR, odbor geologie
<b>Zástupce aplikačního garanta</b>	RNDr. Martin Holý, ředitel odboru geologie
<b>Zpravodaj projektu</b>	Ing. Radim Kovařík, Ph.D. Technologická agentura České republiky

## 2.2. Cíle projektu a přehled definovaných výsledků projektu

Řešený projekt má stanoveny tyto dva základní cíle:

- 1) Tvorbu dvou metodických návodů, schválených orgánem státní správy, a to konkrétně pro:
  - a) odběr vzorků hornin, které budou následně analyzovány na přítomnost azbestových vláken,
  - b) stanovení přítomnosti azbestových vláken v odebraných vzorcích hornin.
- 2) Vybudování informačních nástrojů, představovaných specializovanou digitální signální mapou rizika výskytu azbestu a internetovým znalostním portálem azbestů, které zájemcům poskytnou základní informace o tzv. přirozeně se vyskytujících azbestech v horninovém prostředí České republiky.

Cíle projektu jsou pak následně promítnuty do jednoznačně definovaných pěti hlavních výsledků řešení projektu. Jejich přehled, včetně termínů dosažení každého výsledku, je uveden v Tab. 1.

**Tab. 1** Přehled definovaných výsledků projektu

Název výsledku	Označení výsledku	Typ výsledku	Termín dosažení výsledku
Metodický návod pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách	SS01010257-V1	N <sub>metS</sub> – Metodika schválená příslušným orgánem státní správy, do jehož kompetence daná problematika spadá	12/2022
Metodický návod pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách	SS01010257-V2		04/2023
Specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu	SS01010257-V3	N <sub>map</sub> – Specializovaná mapa s odborným obsahem	12/2022
Internetový znalostní portál azbestů	SS01010257-V4	S – Specializovaná veřejná databáze	04/2023
Souhrnná závěrečná výzkumná zpráva o průběhu a výsledcích řešení projektu	SS01010257-V5	V <sub>souhrn</sub> – Souhrnná výzkumná zpráva	04/2023

### 2.3. Základní charakteristika předkládaného výsledku

Posledním předkládaným výsledkem projektu SS01010257 „Vývoj nástrojů pro minimalizaci rizik kontaminace ovzduší respirabilními azbestovými vlákny uvolňovanými lidskou činností z horninového prostředí“ je výsledek SS01010257-V5, tedy „Souhrnná závěrečná výzkumná zpráva o průběhu a výsledcích řešení projektu“.

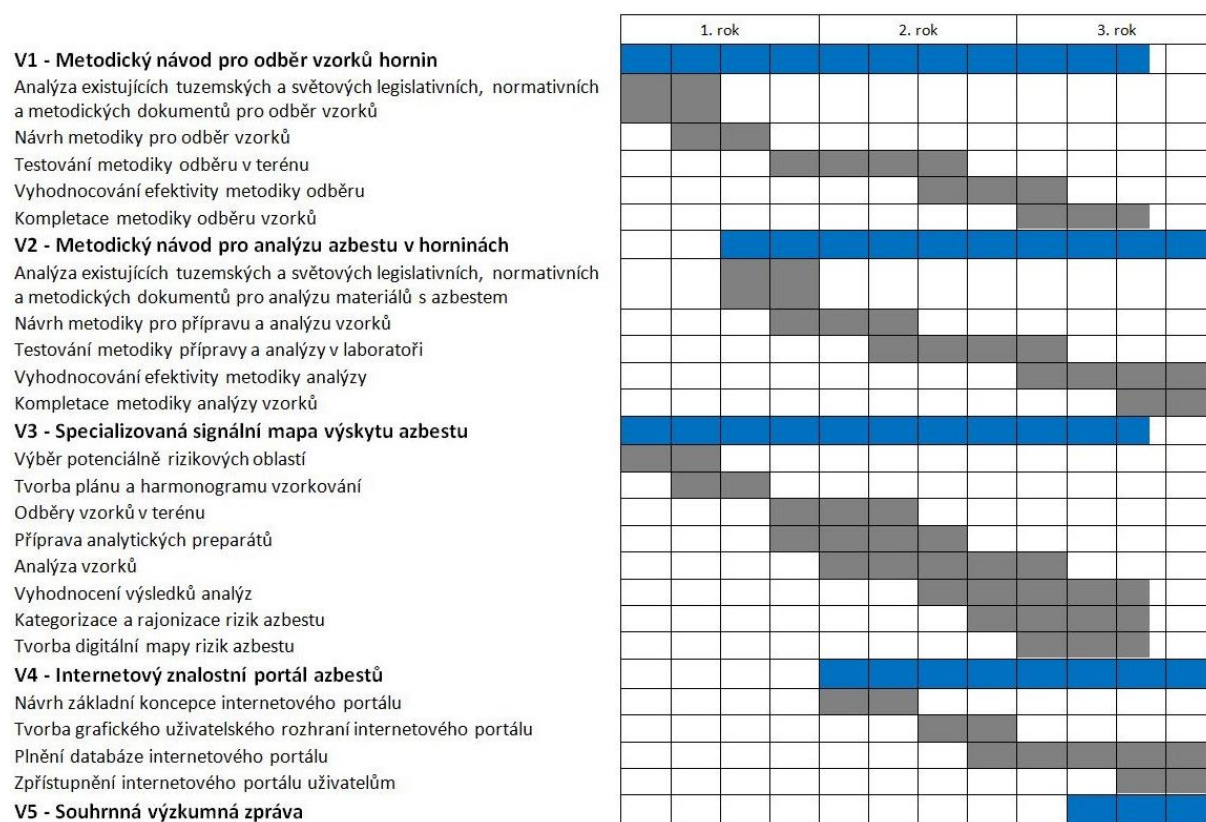
Tento výsledek zejména přináší:

1. Stručný přehled všech provedených prací a jednotlivých výsledků projektu.
2. Přehled zamýšlených a uskutečněných odběrů vzorků s uvedením jejich lokalizace, petrografické povahy a příslušnosti ke geologické jednotce.
3. Přehled všech analytických metod, použitých pro analýzu přítomnosti přirozeně se vyskytujících azbestů (NOA) v horninách, specifikaci použitých přístrojů a podmínek měření a výsledky, získané těmito měřeními.
4. Popis metodických návodů pro odběr a analýzu hornin s možnou přítomností NOA.
5. Popis informačních nástrojů, tj. specializované digitální signální mapy rizika výskytu azbestu a internetového znalostního portálu azbestů.
6. Metodologii tvorby jednotlivých výsledků projektu (V1 – V4) a popis jejich uplatnění.
7. Závěrečné shrnutí a zhodnocení dosažených výsledků projektu.

### 3. Harmonogram a postup řešení projektu

Věcná náplň projektu je svým zaměřením rozdělena do pěti částí, které odpovídají jednotlivým výsledkům (Tab. 1). Každá část obsahuje činnosti dle časového harmonogramu a milníky, blíže specifikující aktuálně dosažené výsledky.

Jednotlivé výstupy a jejich dílčí etapy jsou vzájemně provázány, a proto značná část jejich řešení probíhá či probíhala paralelně a získané výsledky se vzájemně doplňují (Obr. 1). Pro lepší pochopení harmonogramu řešení projektu, vyjádřeného formou Ganttova diagramu, je potřeba upozornit, že řešení projektu bylo zahájeno v měsíci květnu 2020. Délka řešení projektu jsou tři roky, konec projektu je proto představován měsícem dubnem 2023. Jednotlivá dílčí políčka v Ganttově diagramu tedy odpovídají vždy třem měsícům roku. Vzhledem k zahájení projektu v květnu 2020 se však nekryjí s běžným kalendářním kvartálem roku. Zároveň je třeba upozornit, že názvy jednotlivých výstupů V1 – V5 jsou v Ganttově diagramu v Obr. 1. uvedeny, z důvodu omezeného rozsahu textu, pouze ve zkrácené podobě.



Obr. 1 Harmonogram projektu vyjádřený formou Ganttova diagramu.

#### **Část řešení projektu V1. Metodický návod pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách**

Na počátku řešení této části projektu byla provedena detailní analýza existujících tuzemských a světových legislativních, normativních a metodických dokumentů pro odběr vzorků se zaměřením na horniny a azbest. Na základě získaných informací byla navržena nejvhodnější metoda, která byla průběžně testována v terénu souběžně s úkoly části V3. Součástí metodického návodu je specifikace způsobilosti k odběru vzorků, vybavení pro vzorkování, počtu odebraných vzorků, minimální hmotnosti jednoho vzorku, četnosti odběrů,

bezpečnostní opatření při odběru a transportu vzorků apod. Po vyhodnocení statisticky dostačujícího množství analýz vzorků bylo provedeno vyhodnocení efektivity navržené metody a byly provedeny úpravy pro zvýšení hodnověrnosti metody. Následně se dopracovala finální verze metodického návodu pro odběr vzorků a byla provedena její validace.

**Milník 1:** Pracovní verze návrhu metodiky pro odběr vzorků, termín dosažení 01/2021

**Milník 2:** Finální verze metodického návodu pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, termín dosažení 12/2022

**Výsledek části:** Metodický návod pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách (SS01010257-V1)

**Druh výsledku:**  $N_{metS}$

Výsledky dosažené v rámci řešení části projektu V1 jsou detailně prezentovány v kap. 4.1 této souhrnné výzkumné zprávy.

### **Část řešení projektu V2. Metodický návod pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách**

V úvodu řešení části projektu V2 byla provedena detailní analýza existujících tuzemských a světových legislativních, normativních a metodických dokumentů pro analýzu materiálů s azbestem s důrazem na vzorky hornin. Na základě získaných informací byla navrženy nejvhodnější metody. Součástí metodického návodu je specifikace způsobilosti k provádění analýzy a potřebného přístrojového a materiálního vybavení. Dále je definováno, jaké typy vláken jsou považovány za riziková azbestová vlákna, postupy stanovení a vyhodnocení výsledků. Pro analýzy vzorků bylo využito metod optické mikroskopie, elektronové mikroskopie v provedení SEM i TEM, energiově disperzní spektrometrie, práškové RTG difrakce, termických metod (termogravimetrie, derivační termogravimetrie a diferenční kompenzační kalorimetrie) a infračervené a Ramanovy spektrometrie. Po vyhodnocení statisticky dostačujícího množství analýz vzorků bylo provedeno vyhodnocení efektivity jednotlivých navržených metod a byla vybrána metoda, případně kombinace metod s prokazatelně nejlepší schopností detekce azbestů v horninách. Vybraná metoda je dopracována do finální podoby a je provedena její validace.

**Milník 1:** Pracovní verze návrhů metodik pro analýzu vzorků, termín dosažení 10/2021

**Milník 2:** Finální verze metodického návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, termín dosažení 04/2023

**Výsledek části:** Metodický návod pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách (SS01010257-V2)

**Druh výsledku:**  $N_{metS}$

Výsledky dosažené v rámci řešení části projektu V2 jsou detailně prezentovány v kap. 4.2 této souhrnné výzkumné zprávy.

### **Část řešení projektu V3. Specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu**

Na počátku řešení části projektu V3 byla provedena detailní analýza současného stavu výskytu hornin s potenciálním obsahem azbestu a na jejím základě se vytipovaly vhodné oblasti pro odběr vzorků. V těchto oblastech se následně vybrala vhodná odběrová místa a vytvořil se

plán a harmonogram vzorkování. V souladu s plánem a harmonogramem vzorkování probíhaly odběry vzorků v terénu. V průběhu vzorkování byly testovány metody odběru navržené v části V1. Z odebraných vzorků se průběžně připravovaly preparáty pro jednotlivé typy analýz, vybraných v rámci tvorby metodiky pro analýzu v části V2. Připravené vzorky se pak průběžně analyzovaly na přítomnost a typ obsaženého azbestu vybranými metodami analýzy a jejich výsledky se průběžně statisticky vyhodnocovaly. Získaný soubor výsledků analýz se využil pro účely kategorizace a rajonizace rizik výskytu azbestu na území ČR. V závěru této části projektu se vytvořila specializovaná signální mapa rizika výskytu azbestu v horninovém prostředí ČR.

**Milník 1:** Pracovní soubor výsledků analýz vzorků, termín dosažení 06/2022

**Milník 2:** Specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu, termín dosažení 12/2022

**Výsledek části:** Specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu (SS01010257-V3)

**Druh výsledku:**  $N_{map}$

Výsledky dosažené v rámci řešení části projektu V3 jsou detailně prezentovány v kap. 4.3 této souhrnné výzkumné zprávy.

#### **Část řešení projektu V4. Internetový znalostní portál azbestů**

V této části řešení byl vybudován internetový znalostní portál azbestů, který bude sloužit jako souhrnný zdroj informací k problematice azbestových vláken v horninách v podmínkách České republiky.

Po zpřesnění vstupních cílů a parametrů portálu se navrhla struktura systému a provedly se následující nezbytné činnosti: koncepce datové základny, vazba na výstupy laboratorních testů včetně systému přenosu dat, výběr prostředí, správa a ochrana dat, přístupová práva, programování a vytvoření koncepce uživatelského využití výstupů portálu pro praktické aplikace. V další fázi probíhalo průběžné plnění databáze internetového portálu výsledky získanými v průběhu řešení částí projektu V1 – V3. Ve finální fázi bude internetový portál zpřístupněn uživatelům.

**Milník 1:** Vytvoření grafického uživatelského prostředí internetového portálu, termín dosažení 04/2022

**Milník 2:** Zpřístupnění portálu uživatelům, termín dosažení 04/2023

**Výsledek části:** Internetový znalostní portál azbestů (SS01010257-V4)

**Druh výsledku:** S

Výsledky dosažené v rámci řešení části projektu V4 jsou detailně prezentovány v kap. 4.4 této souhrnné výzkumné zprávy.

#### **Část řešení projektu V5. Souhrnná závěrečná výzkumná zpráva o průběhu a výsledcích řešení projektu**

V této části projektu je vytvořena závěrečná zpráva, která shrnuje všechny zásadní poznatky a důležité informace získané při řešení projektu a to tak, aby byla v souladu s potřebami aplikačního garanta. Tyto potřeby a zájmy byly s aplikačním garantem průběžně konzultovány na pravidelných externích kontrolních dnech.



**Milník 1:** Souhrnná závěrečná zpráva, termín dosažení 04/2023

**Výsledek části:** Souhrnná závěrečná výzkumná zpráva o průběhu a výsledcích řešení projektu (SS01010257-V5)

**Druh výsledku:** V<sub>souhrn</sub>

Základní charakteristika výsledku V5 je prezentována v kap. 2.3 této souhrnné výzkumné zprávy.

## 4. Výstupy projektu

V této stěžejní kapitole souhrnné výzkumné zprávy budou podrobně popsány jednotlivé výsledky řešení projektu V1 – V4, prezentované v Tab. 1. U každého z těchto výsledků budou uvedeny jeho základní cíle, budou prezentovány použité metody a postupy vedoucí k dosažení výsledku a bude popsáno předpokládané uplatnění příslušného výsledku.

### 4.1. Výsledek V1

Výsledkem SS01010257-V1 je metodický návod pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách. Výsledku bylo dosaženo na konci roku 2022, a to v souladu s přijatým harmonogramem řešení projektu (Obr. 1).

#### 4.1.1. Popis výsledku V1 a jeho cíl

Náplní předkládaného metodického postupu je návod jednotného způsobu odběru vzorků hornin a přírodního drceného kameniva s možným obsahem azbestiformních částic. Hlavním cílem metodiky je tedy definování jednoznačného pracovního postupu pro odběr reprezentativních vzorků hornin a přírodního kameniva, které jsou následně analyzovány v laboratoři na přítomnost rizikových azbestových vláken. Metodický návod rovněž specifikuje vybavení a prostředky potřebné pro vzorkování, nutný počet a minimální velikost/hmotnost odebraných dílčích vzorků, četnost odběrů dílčích vzorků, principy a zásady zmenšování směsných vzorků, odbornou způsobilost k provádění odběru vzorků a bezpečnostní opatření při odběru a transportu vzorků.

#### 4.1.2. Metodologie výsledku

Jak vyplývá z Obr. 1, jednotlivými dílčími metodickými kroky, vedoucími k dosažení výsledku byly tyto aktivity:

- a) analýza existujících tuzemských a světových legislativních, normativních a metodických dokumentů pro odběr vzorků,
- b) návrh metodiky pro odběr vzorků,
- c) testování metodiky odběru v terénu,
- d) vyhodnocování efektivity metodiky odběru,
- e) kompletace metodiky odběru vzorků.

Prvním metodickým krokem tedy bylo provedení rešerše a excerpcí dostupných zahraničních normativních a metodických dokumentů pro odběr vzorků hornin s potenciálním obsahem silikátových minerálů ve vláknité (azbestové) formě.

V České republice v okamžiku řešení tohoto výsledku neexistovala žádná legislativní nebo metodická podpora v oblasti azbestů, přirozeně se vyskytujících v horninovém prostředí. Proto

základní studovanou normou byla německá technická norma TRGS 517 Tätigkeiten mit potenziell asbest-haltigen mineralischen Rohstoffen und daraus hergestellten Gemischen und Erzeugnissen (Činnosti s minerálními surovinami potenciálně obsahujícími azbest a z nich vyrobenými směsmi a výrobky) ve znění z března 2015 (GMBI 2015). Pro lepší porozumění textu byl u překladatelské společnosti Aspenu pořízen její český překlad.

Dalšími studovanými dokumenty, včetně speciálních čísel odborných časopisů a konferencí byly:

- Clinkenbeard et al. (eds.) Guidelines for geologic investigations of naturally occurring asbestos in California. Special Publication 124. Sacramento, CA, USA: California Geological Survey, 2002, 70 pp.
- Higgins Ch. T., Clinkenbeard, J. P. Relative likelihood for the presence of naturally occurring asbestos in Placer Country, California. Special Report 190. Sacramento, CA, USA: California Geological Survey, 2006, 45 pp.
- Mapping of naturally occurring asbestos in NSW – Known and potential for occurrence. Sydney, NSW, Australia: Heads of Asbestos Coordination Authorities, 2015, 38 pp.
- Regulatory Toxicology and Pharmacology, 2008, 52(1, Supplement): S1-S248 („Taconite Symposium“ Special Issue),
- Toxicology and Applied Pharmacology, 2018, 361: 1-186 („The Monticello Conference on Elongated Mineral Particles“ Special Issue),
- Environmental and Engineering Geoscience, 2020, 26(1): 1-139 („Naturally Occurring Asbestos Symposium“ Special Issue),
- 22nd European Geosciences Union (EGU) General Assembly 2020, Session NH 8.3: Naturally Occurring Asbestos (NOA) from definition to risk management (konáno online 4-8 května 2020).

Kompletní přehled podkladů, ze kterých se vycházelo při tvorbě výsledku V1 je uveden v seznamu literatury v metodickém návodu pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách.

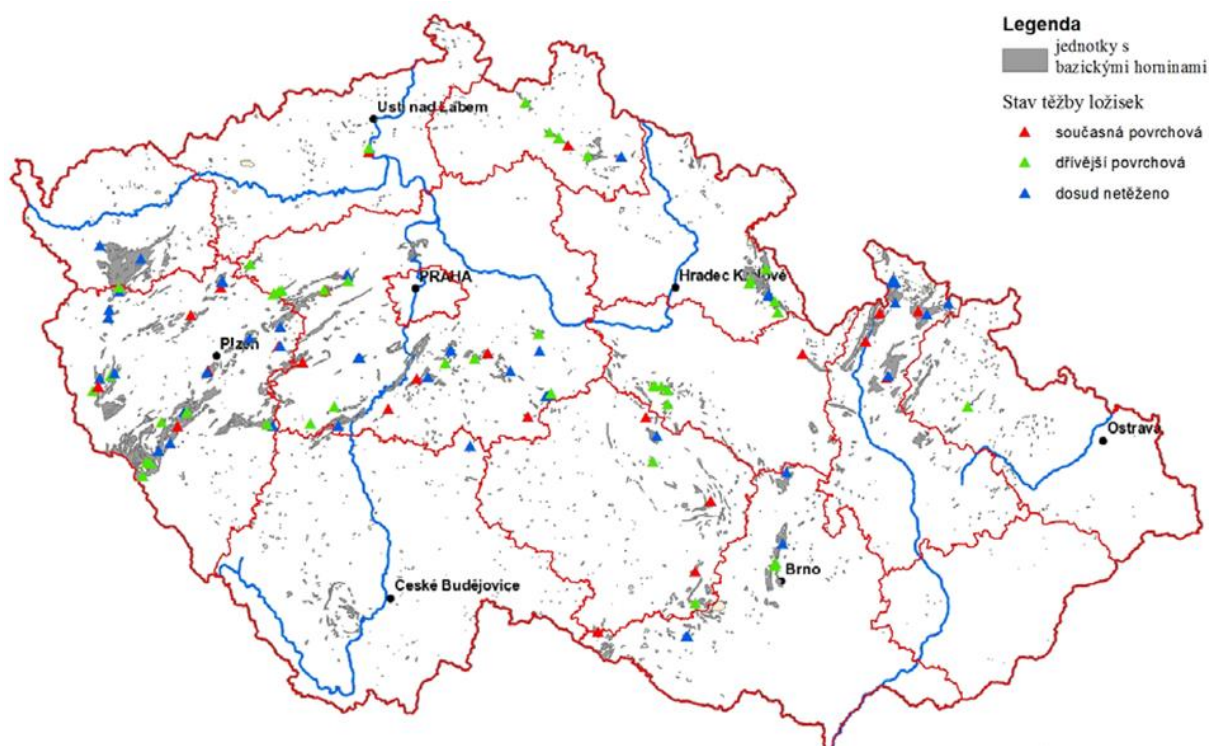
Na základě rešerší dostupných tuzemských norem a metodik pro odběr vzorků horninových materiálů a zahraničních postupů pro odběr vzorků s potenciálním obsahem přirozeně se vyskytujících azbestů byla vytvořena pracovní verze návrhu metodiky pro odběr vzorků hornin. Návrh metodiky odběru vzorků v terénu však nevycházel pouze z tohoto studia dostupných podkladů, ale také z dlouholetých předešlých praktických zkušeností samotných řešitelů s odběrem vzorků hornin a dalšími geologickými pracemi.

Testování vhodnosti navržené metodiky odběru vzorků hornin následně probíhalo v průběhu jednotlivých terénních výjezdů, které byly uskutečněny zejména během let 2021 a 2022. Byly odebrány vzorky rostlé horniny a v případě činných lomů také vzorky kameniva. Ověřovány byly zásadní body návrhu metodiky, například způsob a množství odebíraných vzorků, pomůcky používané k odběru a ochranné pracovní prostředky. U samotného odběru vzorků bylo nutné rozlišit způsob i místa odběru kameniva, který bude probíhat odlišně od odběru rostlé horniny. U obou typů horninových vzorků následovalo uchování, balení, transport do laboratoře a dokumentace vzorků. Během celé doby testování metodiky odběru v terénu byla

průběžně prováděna pečlivá fotodokumentace. V průběhu roku 2022 pak byla veškerá předchozí činnost podrobena vyhodnocení a závěry byly zapracovány do konečné verze metodiky odběru hornin v terénu.

Lokalizace odběrových míst jednotlivých vzorků vycházela ze znalosti regionálně geologických poměrů České republiky, konkrétně míst výskytu těles vyvřelých a/nebo metamorfovaných hornin bazického nebo ultrabazického chemismu, na které mohou být přirozeně se vyskytující azbesty nejčastěji vázány (Obr. 2). Petrograficky se jednalo zejména o tělesa spilitů, gaber, zelených břidlic, amfibolitů a serpentinitů (hadců). Protože německá norma TRGS 517 ve své příloze 1 uvádí i některé další horniny, které údajně mohou obsahovat azbestové minerály, jako například bazalt, bazanit, tefrit a fonolit (znělec), byl okruh zájmových hornin rozšířen i na vybrané zástupce těchto mladých, kenozoických vulkanitů. V podmínkách České republiky však neexistuje jediný, geologicky a petrograficky racionálně podložený důvod je považovat za možné rizikové horniny z hlediska obsahu přirozeně se vyskytujícího azbestu.

Jako zdroje detailních informací pak byly dále využity Surovinový informační systém (SurIS) České geologické služby (<https://mapy.geology.cz/suris/>) a Databáze významných geologických lokalit ČGS (<http://lokality.geology.cz>). Dále byly použity informace, získané z detailní rešerše bakalářských, diplomových a doktorských prací, výzkumných zpráv, konferenčních příspěvků a odborných článků v tuzemských i zahraničních časopisech a tištěných i elektronických průvodců ke geologickým exkurzím na území České republiky.



**Obr. 2** Mapové schéma geologických jednotek, obsahujících bazické a ultrabazické horniny s potenciálním obsahem azbestu a pozici hlavních výhradních i nevýhradních ložisek stavebního kamene (převzato z Mašek et al. 2014: Mikroskopický azbest, který se dostává do ovzduší těžbou a úpravou kamene v lomech, Česká geologická služba, Praha, 57 s).

Pro odběr vzorků bylo vybráno celkem 93 lokalit, které lze rozdělit do následujících tří skupin: (1) činné lomy, (2) lokality těžené v minulosti a/nebo dosud netěžené, ale v registru SurIS evidovaná ložiska stavebního kamene a (3) přirozené horninové výchozy a/nebo umělé odkryvy. V rámci činných lomů bylo primárně vytipováno 25 lokalit (Tab. 2). Protože však v 7 z nich nebyl těžební organizací povolen odběr vzorků, byly tyto nahrazeny horninovými výchozy ve stejné geologické jednotce a, pokud možno, v co největší blízkosti příslušných lomů (Tab. 3). Přehled vzorků, odebraných v celkem 18 činných lomech, do nichž byl řešitelům umožněn vstup, je uveden v Tab. 4. Dále bylo vybráno 25 lokalit z registru SurIS (Tab. 5) a 43 lokalit z kategorie přirozených skalních výchozů a/nebo umělých odkryvů typu malých, opuštěných „selských“ lůmků (Tab. 6). Na těchto 93 lokalitách (Obr. 3) bylo celkem odebráno 139 vzorků hornin a různých frakcí kameniva. Je třeba jednoznačně konstatovat, že takto detailní průzkum míst s možným výskytem přirozeně se vyskytujících azbestů (NOA) nebyl v České republice dosud proveden.

**Tab. 2** Seznam činných lomů s plánovaným odběrem vzorků horniny a kameniva

Číslo lokality	Název lomu	Těžař	Těžená hornina	Geologická jednotka
1	Mladotice	Berger Suroviny, s.r.o.	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
2	Zahrádka		spilit	
3	Tisová	Basalt CZ, s.r.o.	amfibolit	domažlické krystalinikum, bohemikum
4	Trnčí		spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
5	Družec	CEMEX Sand, k.s.	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
6	Mítov		spilit	
7	Čenkov	COLAS CZ, a.s.	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
8	Mirošov		amfibolit	strážecké moldanubikum
9	Police		amfibolit	západomoravské moldanubikum
10	Svržno		amfibolit	domažlické krystalinikum, bohemikum
11	Libodřice	Českomoravský šterk, a.s.	amfibolit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast
12	Stříbrná Skalice		metadiorit	středočeský pluton, moldanubikum
13	Litice	EUROVIA Kamenolomy, a.s.	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum

*Tab. 2 - pokračování*

Číslo lokality	Název lomu	Těžař	Těžená hornina	Geologická jednotka
14	Chrtníky	EUROVIA Kamenolomy, a.s.	diabas	chrudimské paleozoikum, bohemikum
15	Tachov		fonolit	neovulkanity Českého masivu
16	Sýkořice	KÁMEN Zbraslav, a.s.	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
17	Zbraslav		spilit	
18	Želešice		amfibolit	brněnský masív, moravosilezikum
19	Bukovice	Kamenolomy ČR, s.r.o.	amfibolit	jesenický bazický masív, moravosilezikum
20	Hanušovice		amfibolit/ rula	staroměstské krystalinikum, lugikum
21	Lhota Rapotina		granodiorit/ porfyrít	brněnský masív, moravosilezikum
22	Bílčice		bazalt/ bazanit	neovulkanity Českého masivu
23	Masty	M – SILNICE, a.s.	zelená břidlice	novoměstské krystalinikum, lugikum
24	Bernartice	SHB, s.r.o.	serpentinit	české moldanubikum
25	Markovice	Silnice Čáslav – Holding, a.s	amfibolit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast

*Pozn.: Ve žlutě zvýrazněných lomech nebyl jejich majitelem povolen odběr vzorků.*

*Tab. 3 Seznam náhradních lokalit za lomy, v nichž nebyl těžařem povolen odběr vzorků*

Číslo lokality	Název lomu	Těžená hornina	Geologická jednotka	Náhradní lokalita
1	Mladotice	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum	Plasy – hráz VN Plasy
2	Zahrádka	spilit		Klenovice u Všerub
5	Družec	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum	Dolní Bezděkov
6	Mítov	spilit		V Kokšíně
7	Čenkov	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum	Špičák u Odolene Vody

**Tab. 3 - pokračování**

Číslo lokality	Název lomu	Těžená hornina	Geologická jednotka	Náhradní lokalita
8	Mirošov	amfibolit	strážecké moldanubikum	Pikárec
9	Police	amfibolit	západomoravské moldanubikum	Jemnice – Na Jemničkách
10	Svržno	amfibolit	domažlické krystalinikum, bohemikum	Hostouň

*Pozn.: Náhradní lokality jsou ve specializované mapě (viz kap. 4.3) zvýrazněny tyrkysovou barvou.*

**Tab. 4 Přehled vzorků, odebraných v činných lomech**

Číslo lokality	Název lomu	Odebrané vzorky
3	Tisová	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8
4	Trnčí	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 2/5
11	Libodřice	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 0/4, filer
12	Stříbrná Skalice	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8
13	Litice	hornina (čerstvá, navětralá), kamenivo 0/2, kamenivo 2/4, filer
14	Chrtníky - Mariánka	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8, filer
15	Tachov	hornina, kamenivo 0/22, kamenivo 0/63
16	Sýkořice	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8
17	Zbraslav	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 0/4, filer
18	Želešice	hornina (čerstvá, navětralá), kamenivo 0/2, kamenivo 0/4, filer
19	Bukovice	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 0/8
20	Hanušovice	hornina, kamenivo 0/16, kamenivo 0/32
21	Lhota Rapotina	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 0/4
22	Bílčice	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8, filer
23	Masty	hornina, kamenivo 0/4, kamenivo 4/8, filer
24	Bernartice	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 0/4
25	Markovice	hornina, kamenivo 0/2, kamenivo 0/4

**Tab. 5** Přehled vzorků hornin, odebraných na lokalitách evidovaných v Surovinovém informačním systému České geologické služby

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
26	Šebířov – Šelmberský mlýn	serpentinit	české moldanubikum
27	Horní Skorošice – Petrův Dvůr	serpentinit	staroměstské krystalinikum, lugikum
28	Habartice	serpentinit	staroměstské krystalinikum, lugikum
29	Javorník – Totenkoppe	serpentinit	staroměstské krystalinikum, lugikum
30	Ruda nad Moravou	serpentinit	staroměstské krystalinikum, lugikum
31	Hrubšice – U Pustého Mlýna	serpentinit	západomoravské moldanubikum
32	Pecerady	gabro	středočeský pluton, moldanubikum
33	Teletín	diorit	středočeský pluton, moldanubikum
34	Orlovice – V lomku	gabro	kdyňský bazický masiv, domažlické krystalinikum, bohemikum
35	Pocinovice – U jezírka	gabro	kdyňský bazický masiv, domažlické krystalinikum, bohemikum
36	Babice – Vavřetice	diorit	středočeský pluton, moldanubikum
37	Nasavrky	metadiorit/ metagabro	železnohorský pluton, bohemikum
38	Kosobody	gabro	čistecko-jesenický pluton, bohemikum
39	Výškovice	metagabro	mariánsko-lázeňský bazický komplex, bohemikum
40	Špičák u Deštného v Orlických horách	gabro	novoměstské krystalinikum, lugikum
41	Rousínov – Ostrý vrch	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
42	Radošice – Na skále	amfibolový kontaktní rohovec	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
43	Chrástovice – Velká Černá Hať	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
44	Drahouš u Jesenice	spilit	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
45	Hostěradice	amfibolit	západomoravské moldanubikum
46	Bohdaneč – Horka	amfibolit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast

**Tab. 5 - pokračování**

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
47	Solopysky u Kutné Hory	amfibolit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast
48	Proseč	amfibolit	poličské krystalinikum, bohemikum
49	Černá Hora u Bělé nad Radbuzou	amfibolit	domažlické krystalinikum, bohemikum
50	Boněnov	amfibolit	mariánsko-lázeňský bazický komplex, bohemikum

**Tab. 6 Přehled vzorků hornin, odebraných v opuštěných lomech a na přirozených výchozech**

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
51	Nové Dvory u Rouchovan	serpentinit	západomoravské moldanubikum
52	Utín – Štukhejský mlýn	serpentinit	české moldanubikum
53	Věžná	serpentinit	strážecké moldanubikum
54	Tři Studně	serpentinit	strážecké moldanubikum
55	Borek u Vilémova	serpentinit eklogit	české moldanubikum
56	Starý Smolivec	serpentinit	středočeský pluton, moldanubikum
57	Mříč	eklogit	šumavské moldanubikum
58	Malešov – Na Matyldě	serpentinit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast
59	Bořetice	serpentinit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast
60	Sítiny – Vlčí hřbet	serpentinit amfibolová skalina	mariánsko-lázeňský bazický komplex, bohemikum
61	Drahotínský les	serpentinit	český křemenný val, hranice moldanubika Českého lesa a domažlického krystalinika bohemika
62	Jedlová	serpentinit	poličské krystalinikum, bohemikum
63	Letovice – koupaliště	serpentinit	letovické krystalinikum, bohemikum
64	Jundrov – Holedná	chloritová skalina	brněnský masiv, moravosilezikum
65	Sobotín - Bischofsgraben	chlorit-aktinolitická břidlice	sobotínský bazický masiv, moravosilezikum



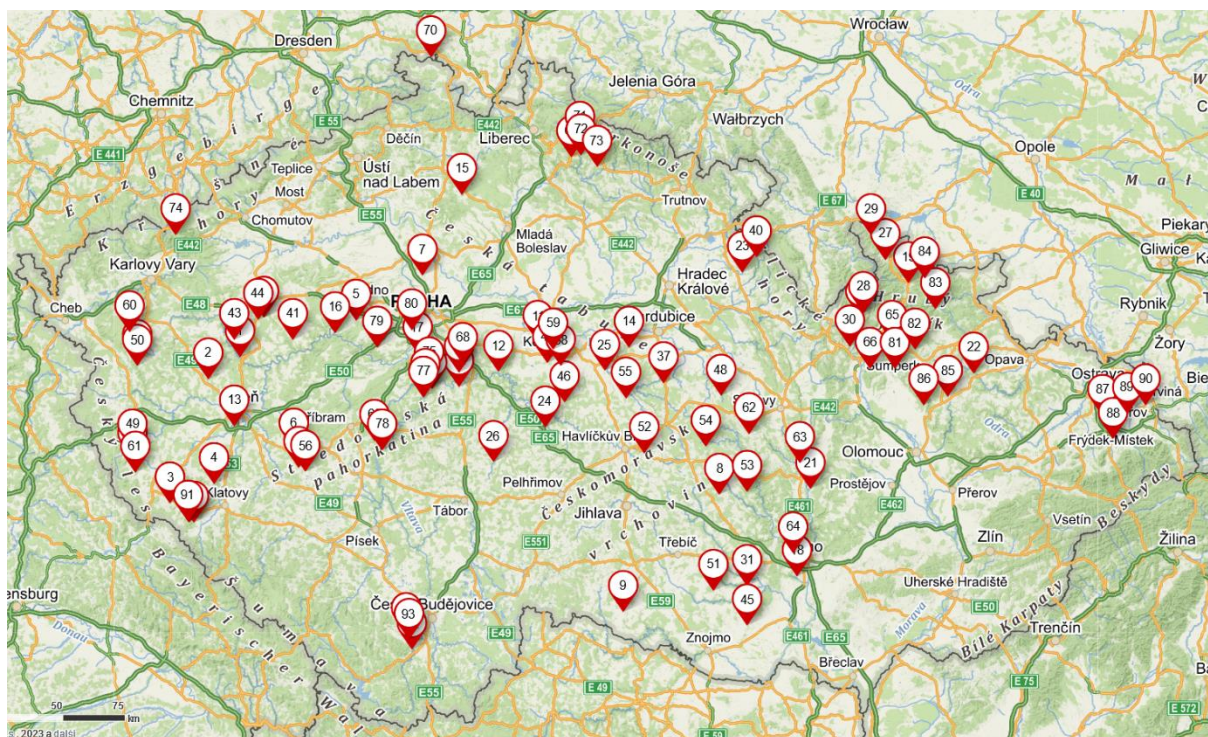
**Tab. 6 - pokračování**

<b>Číslo lokality</b>	<b>Název lokality</b>	<b>Typ horniny</b>	<b>Geologická jednotka</b>
66	Brníčko	krupník serpentinit	desenská skupina, moravosilezikum
67	Loužnice	serpentinit	krkonošsko-jizerské krystalinikum, lugikum
68	Velké Popovice – Todický vrch	gabro/diorit	středočeský pluton, moldanubikum
69	Dubenecká hora u Smolotel	gabro	středočeský pluton, moldanubikum
70	Rožany	diabas	lužický pluton, lugikum
71	Velké Hamry	amfibolový kontaktní rohovec	krkonošsko-jizerské krystalinikum, lugikum
72	Návarov	zelená břidlice	krkonošsko-jizerské krystalinikum, lugikum
73	Roprachtice	glaukofanická břidlice	krkonošsko-jizerské krystalinikum, lugikum
74	Meluzína	eklogit	krušnohorské krystalinikum, saxothuringikum
75	Pikovice – Medník	metabazalt	jílovské pásmo, bohemikum
76	Nové Třebenice – pod hrází VN Slapy	metabazalt	jílovské pásmo, bohemikum
77	Ždán	metabazalt	jílovské pásmo, bohemikum
78	Popelíky	metaandezit	jílovské pásmo, bohemikum
79	Bubovice – Černidla	diabas	paleozoikum Barrandienu, bohemikum
80	Hemrovy skály	diabas	paleozoikum Barrandienu, bohemikum
81	Oskava	metadolerit	vrbenská skupina, moravosilezikum
82	Stará Ves u Rýmařova	metadolerit	vrbenská skupina, moravosilezikum
83	Ludvíkov	metadolerit	vrbenská skupina, moravosilezikum
84	Rejvíz – štola Brutus	amfibolit	jesenický bazický masiv, moravosilezikum
85	Ondrášov	metadolerit	šternbersko-hornobenešovský pruh, moravosilezikum
86	Chabičov – Dubová hora	metadolerit	šternbersko-hornobenešovský pruh, moravosilezikum

Tab. 6 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
87	Řepiště - Vinohrady	těšinit	slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty
88	Baška – přeje	těšinit	slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty
89	Žermanice – hráz VN Žermanice	těšinit	slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty
90	Stanislavice – Jeruzalém	těšinit	slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty
91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	kdyňský bazický masiv, domažlické krystalinikum, bohemikum
92	Plešovická rokle	serpentinit	šumavské moldanubikum
93	Holubovské hadce	serpentinit	šumavské moldanubikum

*Pozn.:* Na lokalitách č. 55 (Borek u Vilémova), č. 60 (Sítiny – Vlčí hřbet) a č. 66 (Brničko) byly odebrány dva, petrograficky odlišné typy hornin.



**Obr. 3** Lokalizace celkem 93 odběrových míst vzorků hornin a kameniva pro následné analýzy přítomnosti NOA.

Již v průběhu terénních prací bylo zahájeno vyhodnocování efektivity metodiky odběru vzorků horninových materiálů s možnou přítomností přirozeně se vyskytujících azbestů. Ve druhé polovině roku 2022 byly práce na vyhodnocování efektivity metodiky odběru ukončeny a závěry se promítly do následné kompletace metodiky odběru vzorků. Kompletace

metodiky odběru vzorků byla dokončena v termínu 12/2022. Byly využity všechny zkušenosti z prací a aktivit provedených v předchozích letech v rámci plnění výsledku SS01010257-V1. Konečná podoba metodického návodu pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, schváleného orgánem státní správy je součástí internetového znalostního portálu azbestů a je veřejně přístupná na adrese [https://www.ugn.cas.cz/other/map/azrock/download/TACR\\_AZROCK\\_Medodika\\_odberu\\_vzorku.pdf](https://www.ugn.cas.cz/other/map/azrock/download/TACR_AZROCK_Medodika_odberu_vzorku.pdf).

#### **4.1.3. Popis uplatnění výsledku V1**

Vytvořený výsledek SS01010257-V1, reprezentovaný metodickým návodem pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, se uplatní v procesu hodnověrného posouzení případné přítomnosti azbestových vláken v horninovém prostředí a v materiálech, vyrobených v procesu těžby a úpravy přírodního drceného kameniva. Z důvodu dosavadní absence jakéhokoliv jednotného legislativního nebo metodického dokumentu v této oblasti bylo jeho vytvoření velmi žádoucí.

Metodický postup využijí subjekty, které se zabývají hornickou činností a činností prováděnou hornickým způsobem a které při této své činnosti mohou přijít do kontaktu s horninami, které mohou potencionálně obsahovat azbestová vlákna. Dalšími potenciálními uživateli pak jsou vybrané orgány státní správy a samosprávy a rovněž odběratelé kameniva s možným obsahem NOA z řad právnických i fyzických osob.

Potenciálními uživateli metodického postupu tak budou, kromě řešitelských subjektů, zejména firmy a státní instituce zabývající se: (1) těžbou a výrobou kameniva, (2) inženýrskou a stavební činností v horninovém prostředí a (3) sledováním dopadů těchto aktivit na životní prostředí. Využití by tento metodický postup měl mít také pro územní samosprávu, např. obce, v jejichž katastru nebo blízkosti jsou tyto činnosti prováděny.

### **4.2. Výsledek V2**

Výsledek SS01010257-V2 je představován metodickým návodem pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách. Tento výsledek byl dosažen v plánovaném termínu v dubnu 2023 (Obr. 1).

#### **4.2.1. Popis výsledku V2 a jeho cíl**

Obsahem vypracovaného a příslušným orgánem státní správy schváleného metodického postupu je návod vhodného a hodnověrného způsobu analýzy hornin a drceného kameniva na přítomnost přirozeně se vyskytujícího azbestu. Cílem této metodiky je implementovat poznatky získané z analýzy legislativních a normativních dokumentů týkajících se studované problematiky a z testování rozsáhlého souboru horninových materiálů do uceleného praktického metodického postupu, který by měl poskytnout návod pro laboratoře provádějící analýzu hornin a kameniva. Vypracovaná metodika tedy sumarizuje dosavadní stav poznání a navazuje na široký výčet zahraničních legislativních, normativních i výzkumných dokumentů pro analýzu azbestových vláken v horninách, přičemž nabízí ucelený a komplexní přehled možných variant pro laboratorní postupy. Ve své praktické části shrnuje přehled technického vybavení nutného k provádění zkoušek, definuje nejlepší způsoby laboratorní praxe, řízení postupů pro udržení kvality a reprodukovatelnosti výsledků a specifikuje požadavky na odbornou způsobilost k provádění analýz.

#### 4.2.2. Metodologie výsledku

Všechny plánované aktivity, vedoucí k dosažení výsledku SS01010257-V2 probíhaly podle navrženého harmonogramu řešení projektu (Obr. 1). Těmito dílčími aktivitami konkrétně byly:

- a) analýza existujících tuzemských a světových legislativních, normativních a metodických dokumentů pro analýzu materiálů s azbestem,
- b) návrh metodiky pro přípravu a analýzu vzorků,
- c) testování metodiky pro přípravu a analýzu v laboratoři,
- d) vyhodnocování efektivity metodiky analýzy,
- e) kompletace metodiky analýzy vzorků.

V České republice nebyl v době řešení tohoto výsledku k dispozici žádný legislativní nebo metodický dokument, který by se zabýval problematikou přirozeně se vyskytujících azbestů v horninách (NOA). Na začátku řešení výsledku V2 proto byla provedena detailní rešerše norem a metodických postupů, používaných v zahraničí pro analýzu hornin, kameniva nebo stavebních materiálů s možnou přítomností silikátových minerálů v azbestové formě. Kromě německé normy TRGS 517 a dalších dokumentů, zmíněných v kap. 4.1.2, se jednalo například o tyto zdroje:

- CARB (California Environmental Protection Agency Air Resources Board). Determination of asbestos content of serpentinite aggregate (Test Method 435). Sacramento, CA, USA, 1991, 23 pp.
- EPA (Environmental protection agency). Test Method: Method for determination of asbestos in bulk building materials. EPA/600/R-93/116, 1993, 61 pp.
- ISO 22262-1: 2012 Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, 70 pp.

Kompletní přehled podkladů, které tvořily teoretický základ pro tvorbu výsledku V2 je uveden v seznamu literatury v metodickém návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, který je součástí internetového znalostního portálu azbestů.

Na podkladě rešerší a studia dostupných dokumentů pro analýzu hornin s potenciálním obsahem přirozeně se vyskytujících azbestů byl v průběhu roku 2021 připraven návrh metodiky pro přípravu a analýzu vzorků hornin a kameniva. Tento návrh ovšem nebyl založen pouze na rešeršní činnosti, ale vycházel také z vlastních zkušeností členů řešitelského týmu s analytickými rozbory horninových materiálů. Metody, vybrané pro analýzu přítomnosti azbestů v horninách lze rozdělit do následujících dvou skupin:

- mikroskopické metody, tj. optická a elektronová mikroskopie,
- metody strukturně-chemické analýzy, zahrnující energiově disperzní spektrometrii (EDS), infračervenou a Ramanovu spektroskopii, rentgenovou difrakční analýzu, elektronovou difrakci a metody termické analýzy jako jsou termogravimetrie (TG), diferenční termická analýza nebo diferenční skenovací kalorimetrie (DSC).

V obecné rovině jsou azbesty charakterizovány především dvěma aspekty, a to tvarovými charakteristikami a příslušností k danému mineralogickému typu. Mikroskopické metody, především elektronová mikroskopie v provedení SEM nebo TEM jsou potřebné, vzhledem k mikroskopickým rozměrům azbestů, pro stanovení tvarových parametrů. Přiřazení

k příslušnému mineralogickému typu je pak u azbestů prováděno stanovením konkrétních fyzikálních vlastností, které jsou odrazem vnitřní struktury minerálů a dále stanovením jejich chemického složení, případě přímým sledováním struktury. Stručný popis fyzikální podstaty všech těchto metod a jejich využitelnosti pro analýzu azbestů v horninách je uveden v metodickém návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách.

Z výše uvedeného jednoznačně vyplývá, že pro precizní stanovení přítomnosti azbestu v hornině je nezbytné zvolit metodu, která umožňuje stanovení jak tvarových charakteristik sledovaného objektu, tak dostatečného množství fyzikálních a chemických charakteristik, na jejichž základě je možné udělat kvalifikovaný závěr. V případě, že není dostupná jedna metoda umožňující popsat jak tvar, tak strukturně-chemické vlastnosti, je nutné zvolit kombinaci dvou metod, kde jednou lze určit tvar a druhou je možné určit strukturně-chemické vlastnosti téhož objektu pozorování. Nejméně vhodné jsou metody, kde jsou tvarové charakteristiky a strukturně-chemické vlastnosti stanovovány nezávisle na sobě bez vazby ke konkrétnímu objektu pozorování.

V rámci testování navržené metodiky bylo 14 vzorků hornin vybráno pro komplexní studium metodami optické mikroskopie ve výbruse, infračervené a Ramanovy spektroskopie a pomocí termické analýzy (TG a DSC). Účelem tohoto studia bylo ověření vhodnosti a použitelnosti uvedených metod pro studium NOA. Vzorky byly vybrány tak, aby bylo pokryto celé spektrum odebraných základních horninových typů. Zároveň byly upřednostněny horninové vzorky odebrané v lomech oproti vzorkům z výchozů. Přehled těchto 14 vzorků je uveden v Tab. 7. Výsledky stanovení jsou prezentovány v Přílohách č. 1 až 3.

**Tab. 7** Seznam vybraných vzorků hornin, analyzovaných metodami optické mikroskopie, infračervené a Ramanovy spektroskopie a termické analýzy

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
13	Litice	spilit (čerstvý typ)	proterozoikum Barrandienu, bohemikum
14	Chrtníky - Mariánka	diabas	chrudimské paleozoikum, bohemikum
15	Tachov	fonolit	neovulkanity Českého masivu
18	Želešice	amfibolit (čerstvý typ)	brněnský masiv, moravosilezikum
21	Lhota Rapotina	dioritový porfyrít	brněnský masiv, moravosilezikum
22	Bílčice	bazalt/bazanit	neovulkanity Českého masivu
23	Masty	zelená břidlice	novoměstské krystalinikum, lugikum
24	Bernartice	serpentinit	české moldanubikum
25	Markovice	amfibolit	kutnohorské krystalinikum, kutnohorsko-svratecká oblast
26	Šebířov – Šelmsberský mlýn	serpentinit	české moldanubuikum

**Tab. 7 - pokračování**

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Geologická jednotka
40	Špičák u Deštného v Orlických horách	gabro	novoměstské krystalinikum, lugikum
55	Borek u Vilémova	eklogit	české moldanubikum
87	Řepiště - Vinohrady	těšinit	slezská jednotka, Vnější Západní Karpaty
91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	kdyňský bazický masiv, domažlické krystalinikum, bohemikum

*Pozn.: U žlutě zvýrazněných lokalit (činných lomů) nebyl těžební organizací udělen souhlas se zveřejněním výsledků.*

Další skupinou testovaných vzorků bylo 55 vzorků hornin, u nichž bylo provedeno stanovení přítomnosti azbestových vláken metodou skenovací elektronové mikroskopie (SEM) s následným srovnáním dosažených výsledků s výsledky analýz pomocí transmisní elektronové mikroskopie (TEM), viz Tab. 8. Jak je detailně popsáno v metodickém návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, SEM i TEM představují široce využívané metody studia přítomnosti NOA v horninách, geomateriálech i stavebních materiálech.

TEM bylo využito pro analýzu přítomnosti NOA ve všech 139 odebraných vzorcích hornin a kameniva (Tab. 8). TEM spřažené s EDS umožňuje morfologickou, strukturní a chemickou analýzu pevných vzorků v atomárním měřítku. Pro její velmi vysokou rozlišovací schopnost, možnost získávání informací elektronovou difrakcí a pro možnosti chemické identifikace ji tak lze považovat za nejspolehlivější techniku pro identifikaci azbestu v horninách,

Rentgenová difrakce byla použita především pro celkovou analýzu mineralogického složení odebraných hornin, provedena tedy byla na všech 98 horninových vzorcích, odebraných na 93 lokalitách (Tab. 3 – 6).

**Tab. 8 Srovnání výsledků stanovení přítomnosti azbestových vláken pomocí TEM a SEM**

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Výsledek dle TEM	Výsledek dle SEM
1	Plasy – hráz VN Plasy	spilit	act	act
2	Klenovice u Všerub	spilit	act	act
3	Tisová	amfibolit	negativní	negativní
4	Trnčí	spilit	negativní	negativní
5	Dolní Bezděkov	spilit	negativní	negativní
6	V Kokšíně	spilit	negativní	negativní
7	Špičák u Odolene Vody	spilit	negativní	negativní
8	Pikárec	amfibolit	negativní	negativní
9	Jemnice – Na Jemnickách	amfibolit	negativní	negativní

Tab. 8 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Výsledek dle TEM	Výsledek dle SEM
10	Hostouň	amfibolit	act	negativní
11	Libodřice	amfibolit	negativní	negativní
12	Stříbrná Skalice	metadiorit	negativní	negativní
13	Litice	spilit (čerstvý typ)	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků	
		spilit (navětralý typ)		
14	Chrtníky – Mariánka	diabas		
15	Tachov	fonolit		
16	Sýkořice	spilit		
17	Zbraslav	spilit		
18	Želešice	amfibolit (čerstvý typ)	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků	
		amfibolit (navětralý typ)		
19	Bukovice	amfibolit	negativní	negativní
20	Hanušovice	amfibolit/rula	negativní	negativní
21	Lhota Rapotina	dioritový porfyrit	negativní	negativní
22	Bílčice	bazalt/bazanit	negativní	negativní
23	Masty	zelená břidlice	act stopy	act
24	Bernartice	serpentinit	negativní	negativní
25	Markovice	amfibolit	negativní	negativní
26	Šebířov – Šelmberský mlýn	serpentinit	chr	chr
27	Horní Skorošice – Petrův Dvůr	serpentinit	negativní	negativní
28	Habartice	serpentinit	chr	chr
29	Javorník – Totenkoppe	serpentinit	negativní	negativní
30	Ruda nad Moravou	serpentinit	chr	chr
31	Hrubšice – U Pustého Mlýna	serpentinit	chr	chr
32	Pecerady	gabro	negativní	negativní
33	Teletín	diorit	negativní	negativní
34	Orlovice – V lomku	gabro	negativní	negativní
35	Pocinovice – U jezírka	gabro	negativní	negativní
36	Babice – Vavřetice	diorit	negativní	negativní
37	Nasavrky	metadiorit/ metagabro	negativní	negativní
38	Kosobody	gabro	negativní	negativní

Tab. 8 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Výsledek dle TEM	Výsledek dle SEM
39	Výškovice	metagabro	negativní	negativní
40	Špičák u Deštného v Orł. hor.	gabro	negativní	negativní
41	Rousínov – Ostrý vrch	spilit	negativní	negativní
42	Radošice – Na skále	amfibolový kontaktní rohovec	negativní	negativní
43	Chrást'ovice – Velká Černá Hať	spilit	negativní	negativní
44	Drahouš u Jesenice	spilit	negativní	negativní
45	Hostěradice	amfibolit	negativní	negativní
46	Bohdaneč – Horka	amfibolit	negativní	negativní
47	Solopysky u Kutné Hory	amfibolit	negativní	negativní
48	Proseč	amfibolit	negativní	negativní
49	Černá Hora u Bělé n. Radb.	amfibolit	negativní	negativní
50	Boněnov	amfibolit	negativní	negativní
55	Borek u Vilémova	eklogit	negativní	negativní
87	Řepiště - Vinohrady	těšínit	negativní	negativní
91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	ant	ant

*Pozn.: U žlutě zvýrazněných lomů nebyl těžební organizací udělen souhlas se zveřejněním výsledků.*

*V případě analýzy TEM: pozitivní výsledek (červeně) = množství azbestových vláken ve vzorku je vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti dle intervalu spolehlivosti 95 %, stopové množství (oranžově) = ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1 % celkové hmotnosti, act = aktinolitový azbest, ant = antofylitový azbest, chr = chryzotil.*

Pokud jde o podmínky měření a použité přístrojové vybavení, optická mikroskopie ve výbrusech byla provedena s využitím optického polarizačního mikroskopu NIKON Eclipse LVDIA-N (Nikon, Japonsko), napojeného na systémy zpracování a analýzy obrazu NIS Elements (Nikon, Japonsko) a LUCIA (Laboratory Imaging, s.r.o, Česká republika).

Při studiu vzorků metodou infračervené (FT-IR) spektroskopie byl využit FT-IR spektrometr Nicolet 6700 (Thermo Fisher Scientific, USA), vybavený FT-Raman modulem a DTGS detektorem. IR spektra byla snímána transmisí technikou KBr tablety ve střední oblasti IR záření (4000 - 400 cm<sup>-1</sup>) při 64 skenech, s rozlišením 4 cm<sup>-1</sup>. K přípravě standardní pelety o průměru 13 mm bylo použito 0,5 mg vzorku bentonitu a 200 mg KBr.

Ramanova spektroskopie byla prováděna na disperzním Ramanově spektrometru DXR SmartRaman (Thermo Fisher Scientific, USA), vybaveným CCD detektorem. Ramanova spektra byla měřena ve spektrálním rozsahu 3000-100 cm<sup>-1</sup> za pomoci budícího laseru 780 nm /výkon 20 mW, apertura 50 μm - slit, doba expozice 1 sekunda při 150 skenech ve 180° reflexní konfiguraci vzorkovacího příslušenství.



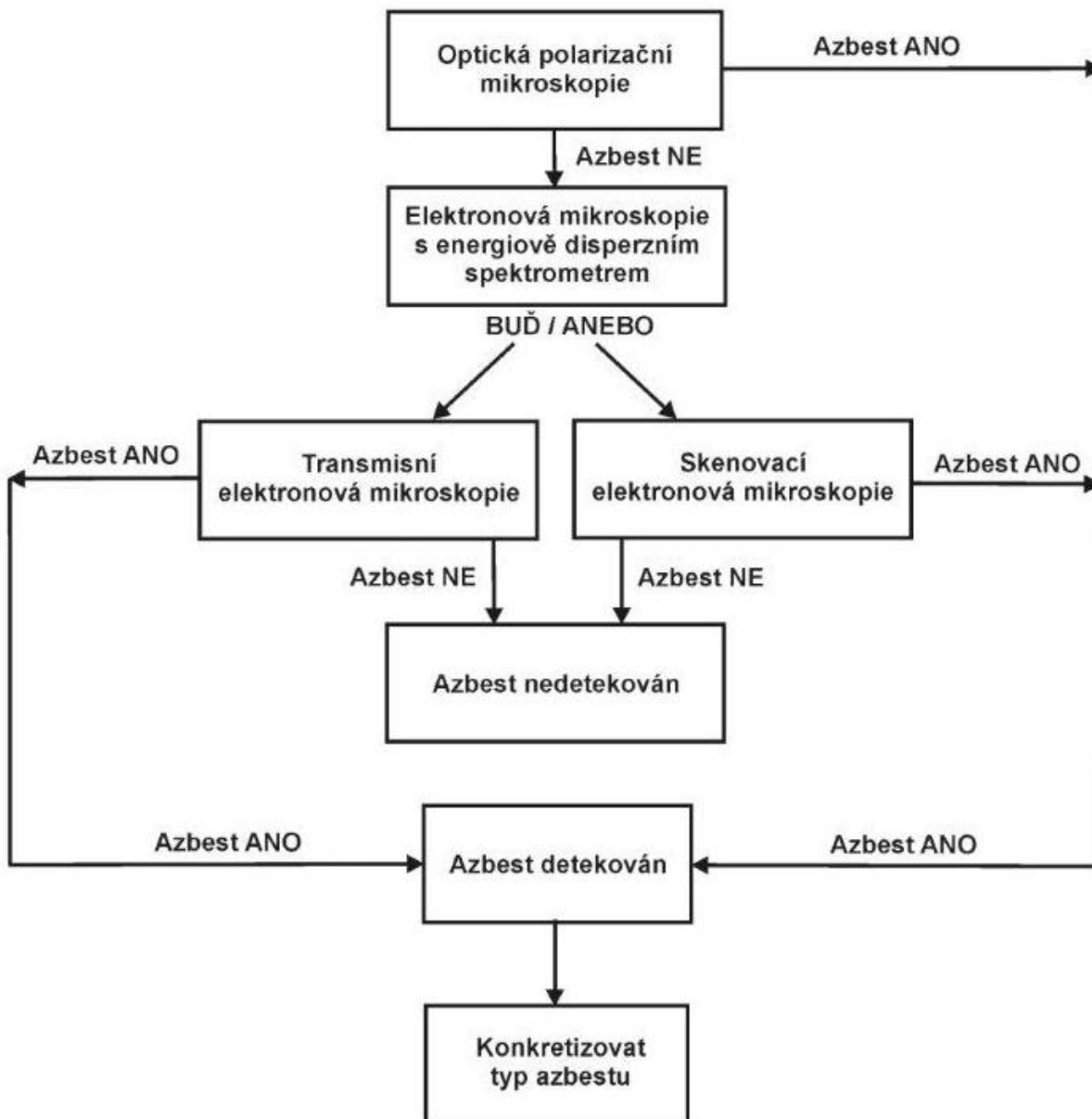
Termogravimetrická analýza a měření metodou diferenční skenovací kalorimetrie byly provedeny na termickém analyzátoru TGA/DSC 2 (Mettler Toledo, Švýcarsko). Vzorky o hmotnosti 20 mg byly zahřívány v Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> kelímcích o objemu 70 µl v rozsahu 25 °C až 1000 °C při rychlosti zahřívání 10 °C/min. Analýza probíhala v oxidační atmosféře s průtokem vzduchu 20 ml/min.

Analýza rentgenovou difrakcí probíhala na RTG difraktometru MiniFlex 600 (Rigaku, Japonsko) s detektorem D/teX Ultra2 a geometrií goniometru Bragg-Brentano (Θ – vzorek, 2Θ – detektor). Zdrojem rentgenového záření byla kobaltová lampa (CoKα, λ = 0,17902 nm) při napětí 40 kV a proudu 15 mA. Měření probíhalo v rozsahu 2Θ od 3° do 90° s velikostí kroku 0,01° 2Θ a rychlostí měření cca 2°/min. Naměřená data byla srovnána s databází referenčních difraktogramů PDF-4/Minerals, vydanou International Centre for Diffraction Data, Newton Square, PA, USA. Pro kvantitativní analýzu byla použita Rietveldova metoda.

Pozorování a mikroanalýzy SEM v kombinaci s EDS byly provedeny pomocí mikroskopu FEI Quanta 650 FEG (FEI, USA) vybaveného detektorem EDX-EDAX Galaxy. Měření byla prováděna při napětí paprsku 15 kV, proudu 8–10 nA, průměru paprsku 5,5 µm a vysokém vakuu větším než 10<sup>-3</sup> Pa. Identifikace a kvantifikace spektrálních čar byla provedena metodou rozkladu pomocí dekonvoluce halografického píku. Provedené EDS mikroanalýzy k identifikaci fází jsou pouze semikvantitativní, bezstandardní. Snímky byly pořízeny za podmínek zpětného rozptylu elektronů.

Pozorování a mikroanalýzy TEM v kombinaci s EDS byly provedeny na transmisním elektronovém mikroskopu Philips CM-120 (Philips, Nizozemsko) s wolframovým vláknem. Vzorek byl umístěn na měděnou mřížku TEM pokrytou tenkým uhlíkovým nosným filmem. TEM mřížka byla pozorována pomocí TEM (zobrazení, difrakce a EDS mikroanalýza) při napětí 100 kV, průměru paprsku 0,5 µm a vysokém vakuu větším než 10<sup>-3</sup> Pa. EDS analýzy byly provedeny pomocí systému Bruker XFlash Detector 430-M (Silicon drift detektor). Identifikace a kvantifikace spektrálních čar byla provedena pomocí softwaru Bruker Quantax ESPRIT 2. Provedené EDS mikroanalýzy k identifikaci fází jsou semikvantitativní s využitím vnitřních standardů.

Již v průběhu analytických prací byly, na základě průběžných výsledků testování navržené metodiky, započaty práce na vyhodnocování efektivity zvoleného postupu pro analýzu hornin s možným obsahem NOA. Veškeré zjištěné poznatky a zkušenosti z prací a aktivit provedených v průběhu celého řešení výsledku SS01010257-V2 byly využity pro kompletaci finální verze metodiky analýzy vzorků. Kompletace finální podoby metodiky analýzy vzorků byla, v souladu s harmonogramem řešení projektu (Obr. 1) dokončena v termínu 04/2023. Konečná podoba metodického návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, schváleného orgánem státní správy je součástí internetového znalostního portálu azbestů a je veřejně přístupná na adrese [https://www.ugn.cas.cz/other/map/azrock/download/TACR\\_AZROCK\\_Medodika\\_analyzy\\_vzorku.pdf](https://www.ugn.cas.cz/other/map/azrock/download/TACR_AZROCK_Medodika_analyzy_vzorku.pdf). Doporučený postup analýzy přítomnosti NOA v horninách a kamenivu je pak schematicky znázorněn na Obr. 4.



**Obr. 4** Schéma doporučeného postupu analýzy přítomnosti azbestových vláken v horninách a drceném kamenivu

#### 4.2.3. Popis uplatnění výsledku V2

V současnosti v České republice neexistuje jednoznačná legislativní ani metodická podpora pro průkazné stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách a kamenivu. Metodický návod pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách, představující výsledek SS01010257-V2, proto přispěje k alespoň částečnému vyplnění této stávající mezery.

Metodický návod je koncipován tak, aby našel uplatnění jak ve veřejném sektoru, tak v komerční sféře. V případě komerčních subjektů lze předpokládat jeho aplikaci v laboratořích provádějících analýzu horninových materiálů. Pravděpodobné využití by měl ale najít také u subjektů, které se zabývají hornickou činností a činností prováděnou hornickým způsobem a mohou tak přicházet do kontaktu s horninami s potenciálním obsahem azbestových vláken.

Dalšími potenciálními uživateli mohou být odběratelé kameniva s možným obsahem NOA z řad právnických i fyzických osob.

U veřejného sektoru je uplatnění očekáváno především v procesu hodnocení vlivu těžby, geotechnických prací a stavebního užití drceného kameniva na lidské zdraví. Metodický postup se tedy uplatní v procesu posuzování případné přítomnosti azbestových vláken v horninovém prostředí a v materiálech z hornin vyrobených, jako je zejména přírodní drcené kamenivo. Očekávanými uživateli metodického postupu z řad státní správy a samosprávy jsou tedy především Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, orgány státní báňské správy a odbory životního prostředí při krajských, případně obecních úřadech.

### **4.3. Výsledek V3**

Výsledkem SS01010257-V3 je specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu. Výsledku bylo dosaženo na konci roku 2022, a to v souladu s přijatým harmonogramem řešení projektu (Obr. 1).

#### **4.3.1. Popis výsledku V3 a jeho cíl**

Specializovanou mapu rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu je možné definovat jako souhrn bodových, plošných a prostorových informací a jejich souvislostí, získaných na podkladě terénního a laboratorního výzkumu, prováděného v rámci tří let řešení projektu SS01010257. Obsahově je možné ji chápat jako digitální signální mapu rizikových oblastí a hodnocených lokalit s možnou přítomností přirozeně se vyskytujícího azbestu v horninách na území České republiky.

Tato mapa je vytvořena na kartografickém a regionálně geologickém podkladě a jejím cílem je vymezit oblasti a geologické jednotky, ve kterých je účelné sledovat možnou přítomnost NOA v horninovém masivu. Toto je, formou karet lokalit, doplněno o detailní geografické, mineralogické a petrografické informace o studovaných lokalitách a o výsledky analýz zde odebraných vzorků na přítomnost NOA (viz kap. 4.4.2).

Geografické a geologické informace a souvislosti mezi nimi jsou primárně vyjádřeny v prostředí geografického informačního systému (GIS) prostřednictvím nově vytvořené mapy s odborným obsahem, respektive na tomto základě vybudovaném mapovém portálu, jež je jedním z hlavních pilířů komplexního znalostního internetového portálu (viz kap. 4.4.2). Přes tento znalostní internetový portál azbestů je pak specializovaná geovědní mapa uživatelům z řad laické i odborné veřejnosti bezplatně veřejně přístupná.

#### **4.3.2. Metodologie výsledku**

Z hlediska metodického byly aktivity a činnosti nutné k dosažení výsledku SS01010257-V3 rozděleny do těchto dílčích kroků řešení (Obr. 1):

- a) výběr potenciálně rizikových oblastí,
- b) tvorba plánu a harmonogramu vzorkování,
- c) odběry vzorků v terénu,
- d) příprava analytických preparátů,
- e) analýza vzorků,
- f) vyhodnocení výsledků analýz,

- g) kategorizace a rajonizace rizik azbestu,
- h) tvorba digitální mapy rizik azbestu.

Z uvedeného výčtu i z celkového harmonogramu řešení projektu (Obr. 1) je evidentní, že značná část řešení výsledku V3 probíhala souběžně s částí dílčích kroků, vedoucích k dosažení výsledků V1 a V2. Řešení výsledků V1 – V3 bylo tedy vzájemně metodicky provázáno a jednotlivé etapy jejich řešení se navzájem doplňovaly.

Jednou z prvních činností, které byly v průběhu řešení projektu provedeny, byly detailní analýzy možných výskytů hornin s potenciálním obsahem azbestu na území České republiky se zaměřením na jejich současný stav. Na základě tohoto studia byly vybrány geologické jednotky, obsahující tyto typy hornin a v nich vybrány vhodné lokality pro odběr vzorků hornin.

Horniny obsahující azbestové minerály lze, velmi zjednodušeně, rozdělit na dvě základní skupiny, a to na horniny s hadcovým azbestem (chryzotilem) a na horniny obsahující amfibolový azbest, který je v podmínkách České republiky nejčastěji reprezentován jednoklonným amfibolem tremolit-aktinolitové řady. Škála hornin, které mohou obsahovat amfibolový azbest, je nepoměrně širší než jsou horniny s chryzotilem a je představována zejména některými bazickými vyvřelinami (gabry a především proterozoickými bazalty - spility) nebo jejich přeměněnými ekvivalenty převážně nízkého nebo středního stupně metamorfózy (hlavně zelenými břidlicemi nebo amfibolity). Amfibolové azbesty pak mohou být rovněž vázány na vybrané, poměrně vzácně se vyskytující, vyvřelé horniny ultrabazického složení (například peridotity typu lherzolitu nebo dunitu) a metamorfovaná ultrabazika (aktinolitové a tremolitové břidlice, popřípadě krupníky nebo serpentinity). Naproti tomu hadcový azbest, tj. chryzotil je přítomen prakticky pouze v metamorfovaných ultrabazitech, jmenovitě serpentinitech (hadcích). Splyty, zelené břidlice, amfibolity a hadce tak reprezentují hlavní typy hornin potenciálně obsahující azbest v rámci České republiky.

Území České republiky je tvořeno dvěma základními regionálně geologickými celky s odlišnou geologickou minulostí a s rozdílným stářím. Čechy a většina Moravy a Slezska jsou součástí Českého masívu, který náleží do tzv. hercynského (variského) horstva, vzniklého vrásněním během devonu a karbonu přibližně před 380 – 300 milióny lety. Plošně menší část Moravy a Slezska, zhruba ležící na východ od linie Znojmo – Ostrava, pak náleží vnějším okrajovým částem orogénu Západních Karpat, který je součástí mladšího alpinského horstva vzniklého během křídý a zejména terciéru. S ohledem na výše uvedený fakt, že výskyt hadcového i amfibolového azbestu jsou až na nepatrné výjimky vázány na některé vyvřelé a metamorfované horniny bazického a ultrabazického složení (tj. s obsahem SiO<sub>2</sub> 52 až 44, resp. pod 44 %), lze jako území „azbestové sterility“ v rámci České republiky označit geologické jednotky, tvořené sedimentárními horninami. Mezi oblasti bez výskytu azbestových minerálů na území České republiky je tak možno zařadit v podstatě celou oblast vnějších Západních Karpat, tvořených z převážně části mezozoickými a terciárními sedimenty. Lokální výjimku zde tvoří pouze plošně omezené výskyt druhohorních vyvřelin tzv. těšinitové formace, vyskytující se v nesouvislém pruhu mezi Valašským Meziříčím, Novým Jičínem, Frýdkem-Místkem a Českým Těšínem. K oblastem Českého masívu v ČR, v nichž povrchové výskyt azbestonosných hornin nejsou známy, pak z tohoto pohledu patří:

- oblasti s mocným kvartérním pokryvem, např. v okolí významných vodních toků (Labe, dolní Vltava, střední a dolní Morava),

- terciární pánve – chebská, sokolovská, mostecká, žitavská, budějovická a třeboňská, které jsou vyplněny převážně sladkovodními sedimenty říčního a jezerního původu (u dvou posledních jsou zastoupeny také sedimenty svrchnokřídového stáří),
- česká křídová pánev, pokrývající značnou část severní poloviny Čech o ploše zhruba 14600 km<sup>2</sup> v oblasti přibližně mezi Louny, Prahou, Kolínem, Chrudimí, Svitavy, Českou Třebovou, Náchodem, Jičínem, Turnovem, Jablonným v Podještědí a Děčínem,
- limnické permokarbonské pánve (plzeňská, manětínská, kladensko-rakovnická, brandovská, podkrkonošská a vnitrosudetská) a příkopové propadliny, tzv. brázdy (blanická a boskovická).

Lze tedy konstatovat, že plošný rozsah geologických jednotek, obsahujících horniny bez přítomnosti azbestových minerálů je na současném povrchu České republiky nepoměrně větší než hornin případně obsahujících azbest. Zároveň platí, že všechny horniny na území České republiky, které potencionálně obsahují azbestové minerály, jsou paleozoické nebo starší (proterozoické) a budou tedy vázány na oblasti, které vznikly před variským vrásněním nebo v době jeho působení. Konkrétně se bude jednat o vhodné vyvřelé nebo přeměněné horniny bazického nebo ultrabazického chemismu, vystupující v rámci šesti základních regionálně geologických celků Českého masívu – moldanubika, kutnohorsko-svratecké oblasti, středočeské oblasti (resp. bohémika), sasko-durynské oblasti (resp. saxothuringika), lužické oblasti (resp. lugika) a moravskoslezské oblasti (resp. moravosilezika).

Po stránce regionálně geologické lze případný výskyt tzv. přirozeně se vyskytujících azbestů v České republice omezit na následující horninové komplexy, respektive geologické jednotky:

- spility (bazalty postižené spilitizací) barrandienského proterozoika středočeské oblasti, vytvářející několik pruhů směru SV-JZ (od východu k západu postupně pruh Klatovy-Dobříš-Říčany, centrální pruh domažlicko-kralupský, pruh Slatina-Pavlíkov a pruh stříbrsko-plaský),
- metabazity, reprezentované horninami nižších stupňů metamorfózy typu metabazaltů a zelených břidlic, vyskytující se zejména v těchto dílčích jednotkách:
  - vrbenské skupině silezika moravskoslezské oblasti, např. okolí Vrbna pod Pradědem, Suché Rudné nebo Třemešku,
  - šternbersko-hornobenešovském pásmu silezika moravskoslezské oblasti, např. okolí Chabičova nebo Ondrášova,
  - novoměstské skupině orlicko-kladského krystalinika lugické oblasti, např. v širším okolí Rychnova nad Kněžnou nebo Nového Města nad Metují,
  - tzv. železnobrodském vulkanickém komplexu lugika, např. okolí Semil a Železného Brodu,
  - sasko-vogtlandském paleozoiku sasko-durynské oblasti, např. lokality v okolí Kraslic, Tisové a Bublavy,
  - jílovském pásmu, např. v okolí Jílového u Prahy nebo vodní nádrže Slapy.
- amfibolity náležící do různých regionálně geologických jednotek Českého masívu, jako například:
  - pestrá (drosendorfská) skupina moldanubika, vystupující v několika oblastech v jižních a středních Čechách (např. okolí Českého Krumlova, Prachatic, Sušice, Votic apod.), v Posázaví nebo v oblastech západomoravského a strážeckého moldanubika (např. okolí

- Jemnice, Podhradí nad Dyjí, Náměště nad Oslavou, Bystřice nad Pernštejnem nebo Nového Města na Moravě),
- kutnohorské krystalinikum kutnohorsko-svratecké oblasti (např. okolí Kutné Hory, Kolína nebo Čáslavi),
  - domažlické krystalinikum středočeské oblasti (např. v okolí Domažlic nebo Bělé nad Radbuzou),
  - mariánsko-lázeňský bazický komplex středočeské oblasti (mezi Mariánskými Lázněmi, Ovesnými Kladruby a Bochovem),
  - staroměstské krystalinikum lužické oblasti, např. v okolí Hanušovic nebo Starého Města,
  - jesenický a sobotínský amfibolitový masiv silezika moravskoslezské oblasti,
  - metabazitová zóna brněnského masívu brunovistulika moravskoslezské oblasti (např. Želešice).
- serpentinity (hadce) a serpentinizovaná ultrabazika, vytvářející zpravidla plošně omezená tělesa o délce v desítkách nebo prvních stovkách metrů, a to zejména:
    - hadcová tělesa českého moldanubika, např. lokality v okolí vodní nádrže Švihov (Bernartice), dále Starý Smolivec, Borek u Vilémova nebo Utín,
    - hadce šumavského moldanubika vázané na granulitový masiv Blanského lesa v okolí Křemže, Holubova a Bohouškovice,
    - hadce západomoravského moldanubika vázané buď na náměšťsko-krumlovské granulitové těleso (např. lokality v okolí Hrubšic, Biskoupek nebo Mohelna) nebo vyskytující se v tělese gföhlské ortoruly (např. lokality v okolí Hrotovic, Rouchovan, Jevišovic nebo Bojanovic),
    - hadce strážeckého moldanubika - např. Heřmanov, Drahonín, Strítěž, Věžná, Tři Studně nebo Sklenné,
    - hadce kutnohorského krystalinika kutnohorsko-svratecké oblasti Českého masívu - např. Kutná Hora-Karlov, Mladotice u Čáslavi, Ratboř, Bořetice, Malešov nebo Bečváry,
    - hadce svrateckého krystalinika kutnohorsko-svratecké oblasti Českého masívu - např. Smrček, Věchnov, Býšovec nebo Bratrušín,
    - hadcová tělesa nacházející se ve struktuře českého křemenného valu v oblasti mezi Poběžovicemi a Drahotínem,
    - hadce bohémika vázané na tzv. mariánskolázeňský metabazitový komplex, vystupující severovýchodně od Mariánských Lázní mezi obcemi Mnichov nebo Prameny,
    - hadce letovického krystalinika bohémika - např. Letovice nebo Slatinka,
    - hadce poličského krystalinika bohémika v okolí Jedlové,
    - hadce krkonošsko-jizerského krystalinika lugika v okolí Loužnice, Alšovic a Klíčnova na Železnobrodsku,
    - hadce staroměstského krystalinika lugika - např. Chrastice, Raškov, Bušín, Ruda nad Moravou, Habartice, Skorošice nebo Javorník.
  - drobná tělesa gaber, gabrodioritů nebo gabronoritů vystupující v různých geologických jednotkách Českého masívu - např. Špičák u Deštného v Orlických horách, okolí Týnce nad Labem, Pecerady, Kosobody, Orlovice, Pocinovice, Staré Ransko apod.

- vyvřeliny tzv. těšínitové formace ve slezské jednotce vnějších Západních Karpat - např. okolí Nového Jičína, Příbora, Kunčic pod Ondřejníkem, Skotnice, Bašky, Řepiště, Žermanic apod.

V těchto geologických jednotkách, obsahujících horniny s možným obsahem NOA pak byla situována místa odběru vzorků hornin a kameniva, jejichž konkrétní lokalizace byla uvedena v kap. 4.1.2.

Plán a harmonogram vzorkování byl vytvořen v druhé polovině roku 2020 na základě vytipování vhodných odběrových míst potenciálně rizikových hornin, tj. především vyvřelých a metamorfovaných hornin bazického a ultrabazického chemismu. Celkem bylo vybráno a následně ovzorkováno 93 lokalit, a to tak, aby vzorkováním byly zastíženy jak činné lomy, tak místa dřívější těžby, netěžená ložiska, prognózní zdroje stavebního kamene i přirozené skalní výchozy. Pozornost byla zaměřena zejména na spility, amfibolity, zelené břidlice, serpentinity (hadce) a gabra, místa vzorkování byla volena tak, aby odběry pokryly stěžejní geologická tělesa, respektive regionální jednotky s výskytem těchto hornin. V menší míře byly objektem zájmu také výskyty diabasů, těšínitů, eklogitů, peridotitů, aktinolitických břidlic a krupníků a místa těžby bazaltů (čedičů) a fonolitů (znělců).

Odběry vzorků v roce 2020 byly geograficky cíleny zejména na Moravskoslezský kraj a na přilehlé oblasti krajů Olomouckého, Jihomoravského a Vysočina. Během měsíců srpna až listopadu 2020 byly uskutečněny 1 jednodenní a 3 dvoudenní výjezdy do terénu, odběr vzorků proběhl celkem na 27 lokalitách, a to včetně 4 činných lomů. Z hlediska regionálně geologického byl odběr vzorků soustředěn především na moravskoslezskou oblast, strážecké moldanubikum a Vnější Západní Karpaty. Odběr vzorků v roce 2021 proběhl během měsíců duben až listopad a bylo uskutečněno 5 čtyřdenních, 2 dvoudenní a 1 jednodenní výjezd do terénu. Navštíveno bylo celkem 66 lokalit, a to včetně 13 činných lomů, předmětem zájmu byly zejména regionálně geologické jednotky západomoravského a českého moldanubika, bohemika (středočeské oblasti) a lugika (západosudetské oblasti). V případě dvou lokalit navštívených již v roce 2020 bylo nutno provést terénní revizi, a to z důvodu celkově špatného stavu lokalit a zarostení vegetací v podzimním období. V roce 2022 byly uskutečněny celkem 3 čtyřdenní terénní výjezdy, a to v průběhu měsíců května, června a září. Odběr nových vzorků proběhl na 4 lokalitách, zároveň byla během těchto tří výjezdů provedena terénní revize 8 lokalit, navštívených v roce 2021. Během revizních prací v terénu byly doplněny předchozí odběry vzorků hornin, ale především byly provedeny práce a aktivity při testování navrhované metodiky odběru vzorků hornin v terénu a také práce pro vyhodnocování efektivity metodiky odběru horninových vzorků.

Na jednotlivých lokalitách byly vždy odebrány dva horninové vzorky o hmotnosti každého přibližně 1 – 1,5 kg s tím, že jeden vzorek sloužil ke stanovení případné přítomnosti azbestových minerálů, druhý vzorek je archivován na ÚGN AV ČR, v. v. i. V případě odběru kameniva byly odebírány vzorky stejné hmotnosti jako na horninových výchozech, odběr byl soustředěn na nejjemnější frakce produkovaného kameniva, tj. např. 0-2 nebo 0-4, popř. též odprašky (filer). Na všech navštívených lokalitách byla provedena podrobná fotodokumentace odběrného místa i odebraných horninových vzorků a aktuálního stavu každé jednotlivé lokality.

Práce na přípravě analytických preparátů navazovaly na odběry vzorků a probíhaly v průběhu roku 2021 a pokračovaly až do roku 2022. Konkrétně se jednalo se o přípravu

mikrovýbrusů pro optickou mikroskopii a práškových preparátů pro rentgenovou difrakční analýzu, infračervenou (IR) a Ramanovu spektroskopii a termickou (TG/DSC) analýzu. K analýze byly odeslány také kusové vzorky pro přípravu preparátů pro skenovací a transmisní elektronovou mikroskopii. Samotné práce na analýzách vzorků probíhaly průběžně od poloviny roku 2021 až do poloviny roku 2022. Připravené analytické preparáty byly analyzovány různými metodami tak, aby bylo možné porovnat jednotlivé výsledky. Konkrétně se jednalo o rozbor 14 vzorků základních odebraných typů hornin, které byly analyzovány optickou mikroskopií v procházejícím polarizovaném světle, Ramanovou spektroskopií, IR-spektroskopií a TG-DSC; dále analýzu 55 vzorků skenovací elektronovou mikroskopií s energiově disperzní spektroskopií, 98 vzorků RTG práškovou difrakcí a 139 vzorků transmisní elektronovou mikroskopií (TEM) s energiově disperzní spektroskopií a elektronovou difrakcí (viz kap. 4.2.2). Jednotlivé použité metody se do značné míry liší, umožňují rozdílné pohledy a stanovení odlišných charakteristik, a tím se vzájemně doplňují.

Po vyhodnocení statisticky dostačujícího množství analýz vzorků bylo provedeno vyhodnocení efektivity jednotlivých použitých metod, jejich vzájemné porovnání a navržen optimální postup pro analýzu přítomnosti přirozeně se vyskytujících azbestů (NOA) v horninových materiálech. Metodický návod tohoto postupu stanovení přítomnosti NOA je reprezentován výsledkem SS01010257-V2 a byl popsán v kapitole 4.2. Výsledky stanovení, získané tímto postupem jsou, v případě hornin, obsaženy v digitální signální mapě rizik azbestu, která je součástí internetového znalostního portálu azbestů a je veřejně přístupná na webové adrese <https://www.ugn.cas.cz/other/map/azrock/mapa.html>. Výsledky stanovení ostatních, doplňkových či podpůrných analytických metod na horninách a výsledky stanovení na vzorcích kameniva pak jsou uvedeny v Přílohách č. 1 až 5. Tabeleární formou jsou dosažené výsledky sumarizovány v Tab. 9. Je však potřeba zdůraznit, že v případě vzorků hornin a kameniva, odebraných v činných lomech jsou prezentovány pouze ty výsledky, k jejichž zveřejnění získali řešitelé projektu písemný souhlas příslušné těžební organizace.

**Tab. 9** Sumarizace výsledků stanovení přítomnosti NOA ve vzorcích hornin a kameniva, získaných postupem dle vytvořeného metodického návodu

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
1	Plasy – hráz VN Plasy	spilit	hornina	pozitivní (act)
2	Klenovice u Všerub	spilit	hornina	pozitivní (act)
3	Tisová	amfibolit	hornina	negativní
			kamenivo 0/4	negativní
			kamenivo 4/8	negativní
4	Trnčí	spilit	hornina	negativní
			kamenivo 0/2	negativní
			kamenivo 2/5	negativní



Tab. 9 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
5	Dolní Bezděkov	spilit	hornina	negativní
6	V Kokšíně	spilit	hornina	negativní
7	Špičák u Odolene Vody	spilit	hornina	negativní
8	Pikárec	amfibolit	hornina	negativní
9	Jemnice – Na Jemničkách	amfibolit	hornina	negativní
10	Hostouň	amfibolit	hornina	pozitivní (act)
11	Libodřice	amfibolit	hornina	negativní
			kamenivo 0/2	negativní
			kamenivo 0/4	negativní
			filer	negativní*
12	Stříbrná Skalice	metadiorit	hornina	negativní
			kamenivo 0/4	negativní
			kamenivo 4/8	negativní
13	Litice	spilit	hornina (čerstvá)	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			hornina (navětralá)	
			kamenivo 0/2	
			kamenivo 2/4	
			filer	
14	Chrtníky – Mariánka	diabas	hornina	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			kamenivo 0/4	
			kamenivo 4/8	
			filer	
15	Tachov	fonolit	hornina	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			kamenivo 0/22	
			kamenivo 0/63	
16	Sýkořice	spilit	hornina	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			kamenivo 0/4	
			kamenivo 4/8	

Tab. 9 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
17	Zbraslav	spilit	hornina	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			kamenivo 0/2	
			kamenivo 0/4	
			filer	
18	Želešice	amfibolit	hornina (čerstvá)	těžař neudělil souhlas se zveřejněním výsledků
			hornina (navětralá)	
			kamenivo 0/2	
			kamenivo 0/4	
			filer	
19	Bukovice	amfibolit	hornina	negativní
			kamenivo 0/4	stopové množství (act)
			kamenivo 0/8	stopové množství (act)
20	Hanušovice	amfibolit/ rula	hornina	negativní
			kamenivo 0/16	negativní
			kamenivo 0/32	negativní
21	Lhota Rapotina	granodiorit/ porfyr	hornina	negativní
			kamenivo 0/2	negativní
			kamenivo 0/4	negativní
22	Bílčice	bazalt/ bazanit	hornina	negativní
			kamenivo 0/4	negativní
			kamenivo 4/8	negativní
			filer	negativní
23	Masty	zelená břidlice	hornina	stopové množství (act)
			kamenivo 0/4	stopové množství (act)
			kamenivo 4/8	stopové množství (act)
			filer	negativní*
24	Bernartice	serpentinit	hornina	negativní
			kamenivo 0/2	pozitivní (chr)
			kamenivo 0/4	stopové množství (chr)
25	Markovice	amfibolit	hornina	negativní
			kamenivo 0/2	negativní
			kamenivo 0/4	negativní

Tab. 9 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
26	Šebířov – Šelmberský mlýn	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
27	Horní Skorošice – Petrův dvůr	serpentinit	hornina	negativní
28	Habartice	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
29	Javorník – Totenkoppe	serpentinit	hornina	negativní
30	Ruda nad Moravou	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
31	Hrubšice – U Pustého Mlýna	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
32	Pecerady	gabro	hornina	negativní
33	Teletín	diorit	hornina	negativní
34	Orlovice – V lomku	gabro	hornina	negativní
35	Pocinovice – U jezírka	gabro	hornina	negativní
36	Babice – Vavřetice	diorit	hornina	negativní
37	Nasavrky	metadiorit/ metagabro	hornina	negativní
38	Kosobody	gabro	hornina	negativní
39	Výškovice	metagabro	hornina	negativní
40	Špičák u Deštného v Orł. hor.	gabro	hornina	negativní
41	Rousínov – Ostrý vrch	spilit	hornina	negativní
42	Radošice – Na skále	amfibolový kontaktní rohovec	hornina	negativní
43	Chrást'ovice – Velká Černá Hat'	spilit	hornina	negativní
44	Drahouš u Jesenice	spilit	hornina	negativní
45	Hostěradice	amfibolit	hornina	negativní

Tab. 9 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
46	Bohdaneč - Horka	amfibolit	hornina	negativní
47	Solopysky u Kutné Hory	amfibolit	hornina	negativní
48	Proseč	amfibolit	hornina	negativní
49	Černá Hora u Bělé n. Radb.	amfibolit	hornina	negativní
50	Boněnov	amfibolit	hornina	negativní
51	Nové Dvory u Rouchovan	serpentinit	hornina	negativní
52	Utín – Štukhejský mlýn	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
53	Věžná	serpentinit	hornina	negativní
54	Tři Studně	serpentinit	hornina	negativní
55	Borek u Vilémova	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
		eklogit	hornina	negativní
56	Starý Smolivec	serpentinit	hornina	negativní
57	Mříč	eklogit	hornina	negativní
58	Malešov – Na Matyldě	serpentinit	hornina	negativní
59	Bořetice	serpentinit	hornina	negativní
60	Sítiny – Vlčí hřbet	serpentinit	hornina	negativní
		amfibolová skalina	hornina	pozitivní (tre)
61	Drahotínský les	serpentinit	hornina	stopové množství (chr)
62	Jedlová	serpentinit	hornina	negativní
63	Letovice – koupaliště	serpentinit	hornina	pozitivní (chr)
64	Jundrov – Holedná	chloritová skalina	hornina	negativní
65	Sobotín – Bischofsgraben	chlorit-aktinolitická břidlice	hornina	pozitivní (act) stopové množství (tre)
66	Brníčko	krupník	hornina	negativní
		serpentinit	hornina	negativní

Tab. 9 - pokračování

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
67	Loužnice	serpentinit	hornina	pozitivní (tre)
68	Velké Popovice – Todický vrch	gabro/diorit	hornina	negativní
69	Dubenecká hora u Smolotel	gabro	hornina	negativní
70	Rožany	diabas	hornina	negativní
71	Velké Hamry	amfibolový kontaktní rohovec	hornina	negativní
72	Návarov	zelená břidlice	hornina	negativní
73	Roprachtice	glaukofanická břidlice	hornina	pozitivní (act)
74	Meluzína	eklogit	hornina	negativní
75	Pikovice – Medník	metabazalt	hornina	negativní
76	Nové Třebenice – pod hrází VN Slapy	metabazalt	hornina	negativní
77	Ždán	metabazalt	hornina	negativní
78	Popelíky	metaandezit	hornina	negativní
79	Bubovice – Černidla	diabas	hornina	negativní
80	Hemrovy skály	diabas	hornina	negativní
81	Oskava	metadolerit	hornina	pozitivní (act)
82	Stará Ves u Rýmařova	metadolerit	hornina	pozitivní (act)
83	Ludvíkov	metadolerit	hornina	pozitivní (act)
84	Rejvíz – štola Brutus	amfibolit	hornina	negativní
85	Ondrášov	metadolerit	hornina	negativní
86	Chabičov – Dubová hora	metadolerit	hornina	negativní
87	Řepiště – Vinohrady	těšínit	hornina	negativní
88	Baška – přeje	těšínit	hornina	negativní

*Tab. 9 - pokračování*

Číslo lokality	Název lokality	Typ horniny	Typ vzorku	Výsledek analýzy
89	Žermanice – hráz VN Žermanice	těšínit	hornina	negativní
90	Stanislavice – Jeruzalém	těšínit	hornina	negativní
91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	hornina	pozitivní (ant)
92	Plešovická rokle	serpentinit	hornina	stopové množství (chr)
93	Holubovské hadce	serpentinit	hornina	negativní

*Pozn.: U žlutě zvýrazněných lomů nebyl těžební organizací udělen souhlas se zveřejněním výsledků. Pozitivní výsledek = množství azbestových vláken ve vzorku je vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti dle intervalu spolehlivosti 95 %, stopové množství = ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1 % celkové hmotnosti (barva písma odpovídá barvě „semaforu“ použité ve specializované mapě), act = aktinolitový azbest, tre = tremolitový azbest, ant = antofylitový azbest, chr = chryzotil.*

Dva vzorky označené v Tab. 9 hvězdičkou, konkrétně filery z lomů Libodřice a Masty, byly na rozdíl od ostatních vzorků analyzovány rozšířenou metodou pro rozlišení azbestových vláken od štěpných úlomků. Negativní výsledek analýzy se tedy v jejich případě vztahuje k této speciální metodě. Více informací o její podstatě, pracovním postupu a rozdílech oproti běžným metodám lze nalézt v kap. 4.5 metodického návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách a v protokolech z analýz obou těchto vzorků, uvedených v Příloze č. 5 této souhrnné závěrečné výzkumné zprávy.

Předposlední dílčí krok řešení výsledku V3, tj. provedení kategorizace a rajonizace rizik azbestu je možné definovat jako podpůrné kroky v rámci procesu analýzy a zpracování dat pro účely následné tvorby digitální signální mapy rizik azbestu. Kategorizace sloužila k rozdělení lokalit dle stanovené míry rizika výskytu azbestu. Rozdělení bylo provedeno na základě výsledků provedených laboratorních analýz. Lokality byly, na základě zjištěné či nezjištěné přítomnosti NOA ve vzorcích odebraných hornin do 3 dílčích kategorií: (1) lokality, na nichž nebyl identifikován azbest, které jsou v signální mapě zvýrazněny zeleně, (2) lokality, kde v horninách byl zjištěn azbest ve stopovém množství (v „semaforu“ v signální mapě značeny žlutě) a (3) lokality, na nichž byl azbest identifikován, a které jsou v signální mapě označeny červeně. Dále byla na základě rozložení vytipovaných horninových typů s teoreticky možným obsahem azbestu realizována tzv. rajonizace, tj. prostorové vymezení oblastí s možným potenciálním výskytem azbestů v těchto horninách.

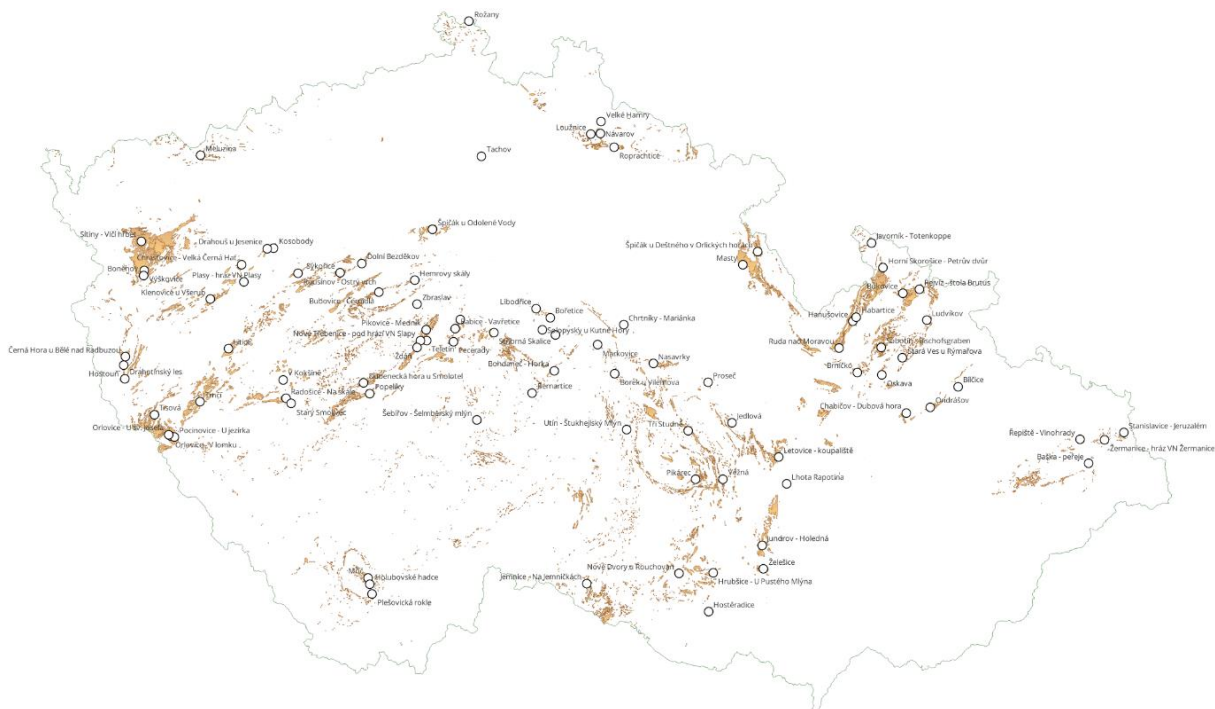
Digitální signální mapa rizik azbestu (Obr. 5) byla tvořena v prostředí QGIS (pod GNU svobodnou licencí pro dokumentaci). Mapová kompozice je tvořena řadou jednotlivých vrstev:

- **Bodová vrstva lokalit** - jedná se o vektorovou vrstvu zpracovanou ve formátu Shapefile. Vrstva je tvořena 93 bodovými geoprvky prostorově prezentujícími místa navštívených lokalit, resp. pozice odběru vzorků na daných lokalitách. Prostorové pozice byly

zaznamenány v terénu využitím globálního navigačního satelitního systému - GNSS. Na základě kategorizace rizik azbestu bylo provedeno již zmíněné rozdělení lokalit dle stanovené míry rizika výskytu azbestu do dílčích kategorií. Jednotlivé úrovně jsou v rámci bodové vrstvy odlišeny barevně. Jak již bylo uvedeno, pro zvýraznění informace byla použita tříbarevná škála semaforu ve stupních zelená – žlutá – červená. Bílou barvou jsou prezentovány ty lokality, u nichž nebyl majitelem lomu udělen souhlas s publikováním výsledků. Ke každému z bodů jsou dále připojeny atributy vztahující se k jednotlivým lokalitám, vycházející z údajů evidovaných v účelově vytvořené relační databázi potenciálně rizikových lokalit s možným výskytem azbestu.

- **Vektorová polygonová vrstva** - jedná se o vektorovou vrstvu zpracovanou ve formátu Shapefile, která definuje oblasti s potenciálním výskytem azbestu. Generování této vrstvy vychází z provedení výše zmíněné rajonizace rizik azbestů, tj. prostorového vymezení oblastí s možným potenciálním výskytem azbestů v horninách, a to na základě známého prostorového rozložení vytipovaných horninových typů v rámci území České republiky. Výsledná polygonová vrstva jako celek je vykreslena jednotnou barevnou poloprůhlednou výplní.
- **Rastrový podklad** - vektorové vrstvy připravené digitální mapy je vhodné doplnit o rastrový podklad. K tomuto účelu je v rámci projektu využíváno veřejně dostupných mapových vrstev webových mapových služeb (WMS) poskytovatelů jako jsou ČUZK, ČGS, OpenStreetMap, aj. Jejich využitím jsme schopni rozšířit informační schopnost digitální mapy o např. o topografickou informaci, ortofoto, geologické informace aj.

Na základě zpracované digitální mapy rizika výskytu azbestu jsou v prostředí QGIS následně generována zdrojová geodata, na jejichž základě je vystavěn mapový portál, jež je součástí internetového portálu rizik azbestu.



**Obr. 5** Bodová vrstva lokalit a polygonová vrstva oblastí digitální mapy možného výskytu azbestu v prostředí QGIS.

### **4.3.3. Popis uplatnění výsledku V3**

Potenciálními uživateli výsledku bude Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví a odbory životního prostředí při obecních a krajských úřadech. Výsledek může být rovněž přínosný pro orgány státní báňské správy, těžaře a producenty přírodního kamene a kameniva, stavební společnosti v oblasti pozemního, dopravního i podzemního stavitelství, zkušební laboratoře zabývající se testováním kamene a kameniva i širokou veřejnost.

Základním přínosem specializované mapy je podstatné rozšíření znalostní báze o možné přítomnosti NOA na území ČR. Uživatel především získá detailní informaci o možném výskytu azbestových vláken v horninách na téměř jednom stu lokalit, které byly předmětem výzkumu v rámci řešení projektu. Tyto opěrné lokality byly vybrány tak, aby: (1) reprezentovaly hlavní petrografické typy hornin, které mohou být možnými nositeli NOA na území ČR, (2) pokryly hlavní regionálně geologické jednotky (oblasti) Českého masivu s výskytem bazických a ultrabazických hornin a (3) zahrnovaly jak činné lomy, tak v minulosti těžená ložiska nebo prognózní zdroje stavebního kamene i přirozené skalní výchozy. Nesporným přínosem vytvořené specializované mapy je pak rovněž její interaktivita a velmi snadná uživatelská obsluha.

### **4.4. Výsledek V4**

Výsledek SS01010257-V4 je reprezentován internetovým znalostním portálem azbestů. Tohoto výsledku bylo dosaženo v dubnu 2023, tedy v termínu plánovaném v harmonogramu řešení projektu (Obr. 1).

#### **4.4.1. Popis výsledku V4 a jeho cíl**

Internetový znalostní portál azbestů představuje souborný zdroj informací o problematice možného výskytu azbestových vláken v horninách na území České republiky. Základním úkolem vytvořeného internetového portálu je poskytnout uživatelům z řad odborné i laické veřejnosti tato data a poznatky přehledně, na jednom místě, v odpovídajícím rozsahu a ve formě respektující obecné uživatelské zvyklosti. Podobný informační pramen srovnatelného rozsahu prozatím nebyl v České republice vytvořen. Portál proto přispěje k podstatnému rozšíření všeobecných znalostí o přirozeně se vyskytujících azbestech v České republice. Internetový znalostní portál je veřejně přístupný přes webové rozhraní Ústavu geoniky AV ČR, v. v. i. na adrese <https://ugn.cas.cz/link/azrock>.

#### **4.4.2. Metodologie výsledku**

Jak je patrné z harmonogramu řešení projektu (Obr. 1), dílčími metodickými kroky, vedoucími k dosažení tohoto výsledku byly následující čtyři aktivity:

- a) návrh základní koncepce internetového portálu,
- b) tvorba grafického uživatelského rozhraní internetového portálu,
- c) plnění databáze internetového portálu,
- d) zpřístupnění internetového portálu uživatelům.

Základní koncepce internetového znalostního portálu byla navržena v první polovině roku 2021. Návrh vycházel z rešerší dostupných informačních portálů obdobného charakteru a zvyklostí uživatelského přístupu a práce s nimi. Koncepce internetového znalostního portálu projektu počítala se třemi dílčími vzájemně provázanými částmi:



- 1) částí obecnou, která by měla být tvořena jednotlivými tematickými stránkami, jako je hlavní strana, základní pojmy, zdravotní rizika azbestů, legislativa v oblasti azbestů, mineralogie azbestů, analytika azbestů, prospekce a těžba azbestů, základní charakteristika projektu, představení řešitelského kolektivu, nápověda, kontakty aj.,
- 2) registrem vytipovaných rizikových oblastí, vycházejícím z návrhu struktury relační databáze oblastí s možným výskytem azbestu, který by měl poskytovat ucelený soubor informací k jednotlivým lokalitám - popis lokality, fotodokumentaci, typy provedených analýz a jejich výsledky, prostorovou lokaci, seznam dostupné literatury a odkazů aj.,
- 3) online mapovou aplikací registru vytipovaných rizikových oblastí, umožňující zobrazování tematicky vytvořených mapových vrstev nad vybraným mapovým podkladem a s možností zobrazení evidovaných atributů jednotlivých geoprvků ve vazbě vytvořenou relační databázi.

Koncem roku 2021 byly zahájeny práce na tvorbě grafického uživatelského rozhraní (GUI) internetového znalostního portálu, které byly zakončeny řádně v souladu s harmonogramem prací v dubnu 2022. Prakticky se jednalo o tvorbu webového rozhraní, vycházejícího ze zpracované základní koncepce internetového znalostního portálu. Pro tvorbu bylo použito jazyka HTML, CSS, JavaScript. Ve smyslu navržené koncepce je internetový portál tvořen několika dílčími částmi:

- První z nich je část obecná, která na hlavní stránce poskytuje uživateli základní informace vztahující se k tématu přirozeně se vyskytujících azbestů (NOA). Konkrétně se jedná o textové kapitoly, věnující se možnému výskytu NOA v horninách v České republice, mineralogii NOA, místům historického průzkumu a těžby azbestu v ČR, evropské a tuzemské legislativě v oblasti azbestů, vhodným analytickým metodám pro detekci a studium NOA a použití a zdravotním rizikům azbestů. Dále jsou součástí obecné části informace o řešeném projektu, informace o členech řešitelského týmu a poděkování institucím a osobám, které byly nápomocny při řešení projektu. Obecná část rovněž nabízí možnost stažení vybraných dílčích výsledků tohoto projektu, tj. dvojice metodik (odběru vzorků a analýzy vzorků) a této závěrečné zprávy ve formátu PDF.
- Další částí internetového portálu je tzv. registr vytipovaných lokalit s možným výskytem NOA. Jedná se o seznam všech vytipovaných a v průběhu projektu navštívených potenciálně rizikových lokalit, u kterých byly na místě odebrány a následně laboratorně analyzovány horninové vzorky. Zde je k dispozici ucelený soubor informací k jednotlivým lokalitám obsahující základní údaje o lokalitě – název, lokalizaci, typ horniny a příslušnost ke geologické jednotce. U každé z lokalit je dále odkaz na fotodokumentaci odebraných vzorků a samotného místa odběru. Nejdůležitější položkou je odkaz na tzv. kartu lokality připravenou ve formátu PDF, obsahující, mimo výše uvedené atributy, slovní lokalizaci a základní popis lokality, její geologickou a petrografickou charakteristiku, reprezentativní foto makroskopického vzhledu horniny a foto lokality, dále pak záznam difrakčního spektra vzorku horniny a vybranou rešeršní literaturu. V druhé části karty lokality jsou uvedeny výsledky zkoušek na přítomnost azbestových vláken v horninové matici vycházející z navrženého zkušební postupu, včetně identifikace vzorku, technických informací, přehledu a popisu zkušebních metod a mikroskopické fotodokumentace vzorku.

- Třetí, stěžejní částí internetového portálu je pak mapový portál potenciálně rizikových oblastí a lokalit. Pro vybudování mapového serveru bylo použito mimo jazyka HTML, CSS, JavaScript, také knihovny mapových komponent LeafLet. V rámci mapového portálu jsou publikovány následující mapové vrstvy, jejichž základem je zpracovaná digitální mapa rizik azbestu: (1) kategorizovaná bodová vrstva rizikových lokalit ve formátu GeoJSON generovaná v programovém prostředí QGIS, (2) vektorová polygonová poloprůhledná vrstva oblastí s možným výskytem hornin s obsahem přirozeně se vyskytujícího azbestu, prezentovaná formou rastrových pyramidových dlaždic ve formátu PNG, generovaných v programovém prostředí QGIS a (3) topografický, příp. ortofoto podklad poskytovaný jako webová mapová služba ČÚZK, resp. projektu OpenStreetMap. Uživatelské rozhraní mapového portálu je doplněno o funkční a ovládací prvky jako je možnost zapínání/vypínání vrstev, přepínač podkladových vrstev, tlačítko pro změnu míry přiblížení. Součástí vizualizace je rovněž zobrazení patřičných mapových prvků, tzn. legenda k bodové vrstvě rizikových lokalit, grafické měřítko a informace o poskytovateli zobrazených mapových vrstev. Interaktivním funkčním rozšířením je interaktivita bodové vrstvy s přímou vazbou na registr vytipovaných rizikových lokalit, resp. karty lokalit a jejich fotodokumentaci (Obr. 6).

Jak registr vytipovaných lokalit, tak mapový portál jsou zpracovány s velmi úzkou vazbou na relační databázi lokalit s potenciálním výskytem azbestu.



**Obr. 6** *Náhled GUI mapového portálu potenciálně rizikových oblastí a lokalit s detailem zobrazení digitální signální mapy rizik azbestu. Oranžově jsou vyznačena horninová tělesa bazických a ultrabazických hornin v části lužické a moravskoslezské oblasti Českého masivu. Patrná je legenda bodové vrstvy lokalit a interaktivní přístup ke kartě lokality.*

Relační databáze lokalit s potenciálním výskytem azbestu je vytvořena v prostředí databázového systému MS Access. Navržená struktura této databáze byla průběžně

permanentně upravována a datové záznamy databáze byly rovněž pravidelně doplňovány až do finální podoby. Celá databáze je koncipována za účelem tvorby obsáhlého zdroje informací, jež slouží jako základní podkladový materiál pro výše zmiňovaný internetový portál. Ucelený soubor informací k jednotlivým potenciálně rizikovým lokalitám je k dispozici formou karty lokality. Karty lokalit jsou generovány na základě datových údajů strukturovaně uložených v rámci vytvořené relační databáze. Každá z karet lokality je zpracována v jednotné grafické šabloně a uložena ve formátu PDF, vhodném jak k prezentaci na webu, tak ke stažení a případnému tisku. Jednotlivé karty lokalit jsou přístupné v rámci internetového portálu jak z registru vytipovaných rizikových lokalit, tak proklikem přes bodovou vrstvu mapového portálu.

#### **4.4.3. Popis uplatnění výsledku V4**

Hlavním přínosem znalostního portálu azbestů je vytvoření uceleného a přehledného souboru aktuálních informací o výskytech azbestu v horninovém prostředí České republiky. Znalostní portál umožňuje propojení s interaktivním mapovým portálem vytipovaných a v průběhu řešení projektu navštívených potenciálně rizikových lokalit, na kterých byly odebrány horninové vzorky, které byly následně analyzovány na přítomnost azbestových vláken. Lokality je možné řadit a vyhledávat podle abecedního pořadí, podle jednotlivých horninových typů či podle geologických jednotek. Ke každé zkoumané lokalitě je přiřazena její karta s podrobnějšími geografickými a geologickými informacemi, fotodokumentací a protokolem o stanovení přítomnosti azbestu. Součástí portálu jsou také další informace například o mineralogii azbestů, dřívější prospekci a těžbě azbestu na území ČR nebo metodách detekce azbestů v horninách a rovněž ostatní výsledky, vytvořené v rámci projektu SS01010257.

Předpokládanými uživateli internetového znalostního portálu by měly být: (1) příslušné orgány státní správy a samosprávy, tj. Ministerstvo životního prostředí, Ministerstvo zdravotnictví, státní báňská správa a odbory životního prostředí při krajských či obecních úřadech, (2) producenti stavebního kamene, stavební společnosti a zkušební laboratoře, (3) vzdělávací instituce, (4) široká zainteresovaná veřejnost.

### **5. Závěrečné shrnutí**

Předkládaná souhrnná výzkumná zpráva přináší zhodnocení postupu a výsledků řešení projektu ev. č. SS01010257 s názvem „Vývoj nástrojů pro minimalizaci rizika kontaminace ovzduší respirabilními azbestovými vlákny uvolňovanými lidskou činností z horninového prostředí (AZROCK)“. Tento projekt byl řešen v tříletém období od 1. 5. 2020 do 30. 4. 2023. Hlavním řešitelem projektu byl Ústav geoniky AV ČR, v. v. i., dalším účastníkem pak Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Řešení projektu bylo realizováno se státní podporou Technologické agentury České republiky. Aplikačním garantem projektu byl odbor geologie Ministerstva životního prostředí ČR.

Cílem projektu bylo zejména vytvoření, v České republice dosud chybějících, metodických návodů, a to jednak pro odběr vzorků hornin s možným obsahem přirozeně se vyskytujících azbestů a jednak pro následnou analýzu přítomnosti azbestových vláken v odebraných vzorcích. Dále si projekt stanovil za cíl tvorbu specializované mapy rizika výskytu azbestu v hodnocených skalních horninách v České republice a internetového znalostního portálu

azbestů. Podobné informační nástroje nejsou momentálně v České republice k dispozici a poskytnou tak zájemcům z řad odborné i laické veřejnosti prvotní informace o této problematice.

Řešitelé projektu si jsou samozřejmě plně vědomi skutečnosti, že během relativně krátké doby realizace, navíc s poměrně úzkým výzkumným týmem, si projekt nemohl klást a ani si nekladl za úkol komplexní vyřešení dané problematiky v celé její šíři. Je však prvním příspěvkem a krokem v dalších výzkumech v oblasti přirozeně se vyskytujících azbestů v horninovém prostředí v České republice. Domníváme se, že v rámci časových i finančních možností projektu se řešitelskému kolektivu podařilo odvést maximum možného a dosažené výsledky přinášejí poměrně velké množství informací v oblasti, které doposud nebyla v České republice věnována systematická pozornost.

Podstatná část řešení projektu byla založena na odběru vzorků hornin a kameniva na téměř stovce vytipovaných lokalit po celé České republice a jejich následném vyhodnocení zvoleným souborem analytických metod. Navzdory skutečnosti, že téměř dva roky ze tří let řešení projektu byly ovlivněny omezujícími opatřeními v souvislosti s pandemií covidu-19, podařilo se v termínu dokončit veškeré, původně zamýšlené terénní i laboratorní práce, a to v rozsahu, který dokonce mírně převýšil jejich původně zamýšlený objem.

Závěrem této souhrnné výzkumné zprávy uvádíme stručný přehled dosažených výsledků projektu SS 01010257 a jejich předpokládaného dalšího využití.

První zásadním výsledkem projektu je vytvoření metodického návodu pro odběr vzorků pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách. Tento metodický návod definuje pracovní postup při odběru vzorků pro následnou analýzu hornin z hlediska přítomnosti rizikových azbestových vláken. Součástí návodu je sjednocení používané odborné terminologie, definování pomůcek nebo zařízení vhodných k odběru vzorků jak rostlé horniny, tak kameniva, specifikace potřebného počtu a kvantifikace potřebné velikosti odebíraných vzorků, četnost odběru vzorků, stanovení zásad zmenšování vzorků, vymezení potřebné odborné způsobilosti, nutné k odběru vzorků a v neposlední řadě také výčet nezbytných bezpečnostních opatření při odběru, transportu a zpracování vzorků. Všechna kritéria vycházejí z praktických zkušeností a experimentálních výsledků získaných v průběhu řešení projektu. Při vzorkování je třeba mít vždy na paměti, že získání hodnověrných výsledků laboratorních stanovení je podmíněno vhodným a pečlivým odběrem vzorků. Ani použití nejmodernějších a nejsofistikovanějších laboratorních metod nemůže napravit chyby vnesené do procesu během terénní etapy. Odběr vzorků proto musí probíhat podle předem zpracovaného plánu odběru s důrazem na pečlivé provedení a důslednou návaznost všech dílčí kroků.

Vzhledem ke skutečnosti, že k problematice výskytu azbestů v horninách i drceném kamenivu v České republice dosud neexistují žádné legislativní nebo metodické předpisy, bylo jeho vytvoření potřebné. Metodika bude uplatněna v procesu posuzování přítomnosti rizikových azbestových vláken v horninovém prostředí a v produktech z hornin vyrobených. Předpokládá se její využití jak orgány státní správy, které povolují nebo dozorují těžební činnost či k ní vytvářejí věcná a odborná stanoviska (Ministerstvo životního prostředí, státní báňská správa, odbory životního prostředí při krajských úřadech), tak samotnými těžaři a zpracovateli stavebního kamene. Dalšími uživateli by měli být odběratelé kameniva a stavební společnosti a firmy, které při své činnosti mohou přijít do kontaktu s horninami, které mohou potenciálně

obsahovat azbestová vlákna a rovněž samotní odběratelé kameniva a zkušební laboratoře provádějící následné analýzy.

Druhým podstatným výsledkem projektu je vypracování metodického návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách. Tato metodika aplikuje poznatky, získané rozsáhlou rešerší zahraničních legislativních, metodických a normativních dokumentů, ale také odborných článků a zkušeností z vlastního dlouholetého praktického geologického výzkumu a vytváří návrh vhodného postupu laboratorního testování hornin a kameniva na případnou přítomnost azbestových vláken. Navržený postup si neklade za cíl vybrat či dokonce nařizovat jedinou „správnou“ metodu analýzy, ale dává laboratorům možnost výběru vhodného analytického postupu na základě vypracovaných doporučení a technických možností laboratoře. Stejně tak si tento postup neklade za cíl stanovit bezpečnostní limity a kritéria pro působení azbestových vláken na člověka. Tento úkol přísluší orgánům zabývajícím se zdravím, hygienou a bezpečností práce. V metodickém postupu je uveden přehled technického vybavení nutného k provádění analýz, je definováno řízení postupů pro udržení kvality a reprodukovatelnosti výsledků a jsou specifikovány požadavky na odbornou způsobilost osob, provádějících laboratorní analýzy.

Vypracovaná metodika představuje komplexní a shrnující náhled na problematiku analýzy přirozeně se vyskytujících azbestů v horninách a kamenivu. Takovýto dokument prozatím v České republice chyběl. Praktické uplatnění metodického návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách je podpořeno schválením Ministerstvem životního prostředí. Z hlediska pracovního postupu je metodika analýzy vzorků velmi úzce propojena s metodikou pro odběr vzorků, na kterou de facto navazuje. Proto lze předpokládat stejný nebo obdobný okruh uživatelů tohoto metodického návodu jako byl popsán v případě metodiky odběru vzorků.

Dalším, v pořadí třetím vytvořeným výsledkem projektu je specializovaná mapa rizikových oblastí s potenciálním výskytem azbestu. Tato mapa jednak vymezuje geologické jednotky, oblasti nebo tělesa, a to zejména vyvřelých a metamorfovaných hornin bazického a ultrabazického chemismu, ve kterých mohou být přítomny horniny s obsahem přirozeně se vyskytujících azbestů, jednak přináší detailní informace o posuzovaných lokalitách. Při terénních výzkumech, prováděných v rámci řešení projektu, bylo navštíveno 93 lokalit, na kterých bylo odebráno a následně analyzováno celkem 98 vzorků hornin. Každá z těchto lokalit, respektive hornin je prezentována ve formě karty lokality, v níž jsou uvedeny podrobné geografické, mineralogické a petrografické informace o hodnoceném vzorku, doplněné o vlastní fotodokumentaci, odkazy na literaturu a zejména pak o výsledek analýzy přítomnosti azbestových vláken, prováděné pomocí postupu, definovaném v metodickém návodu pro stanovení přítomnosti azbestových vláken v horninách. Na základě výsledků analýz byly jednotlivé lokality rozděleny do tří skupin, a to na místa, na nichž nebyl identifikován azbest, místa, kde byl v hornině zjištěn azbest ve stopovém množství a lokality, na nichž byl azbest identifikován. Pro vizuální odlišení a zvýraznění informace o výsledku analýzy byly tyto jednotlivé kategorie odlišeny barevně, a to tak, že lokality bez zjištěného azbestu jsou v mapě označeny zeleně, lokality se stopovým množstvím azbestu žlutě a lokality s azbestem v množství větším než stopovým pak červeně, přičemž za stopové množství je považováno zastoupení menší než 0,1 % celkové hmotnosti.

Vytvořená digitální signální mapa rizika výskytu azbestu podstatným způsobem přispívá ke zvýšení současné úrovně znalostí o možné přítomnosti přirozeně se vyskytujících azbestů v horninovém prostředí České republiky. Výsledek obdobného typu a obsahu není doposud v České republice k dispozici.

Čtvrtý výsledek projektu SS01010257 je představován internetovým znalostním portálem azbestů. Tento internetový portál, spolu se specializovanou mapou, která je jeho součástí, poskytne uživatelům v přehledné a uživatelsky jednoduché formě informace o výskytu azbestů v horninách na území České republiky. Portál je tvořen třemi, navzájem propojenými částmi, a to částí obecnou, dále registrem vytipovaných lokalit s možným výskytem azbestů, na kterých byly odebírány vzorky a online mapovou aplikací tohoto registru. V obecné části, která je umístěna na hlavní stránce portálu, jsou uvedeny základní textové informace, vztahující se k tématu přirozeně se vyskytujících azbestů. Konkrétně se jedná o tyto kapitoly: (1) Které minerály se v České republice mohou nalézat jako přirozeně se vyskytující azbesty, (2) Ve kterých horninách a kde se NOA v České republice mohou vyskytovat, (3) Kde se v minulosti v České republice prováděl průzkum na azbest nebo kde se případně azbest těžil, (4) Jakými analytickými metodami lze azbestová vlákna detekovat a zkoumat, (5) Jaká je evropská a česká legislativa v oblasti azbestů, a (6) Kde se azbesty používaly a jak působí na lidské zdraví. Registr vytipovaných lokalit s možným výskytem přirozeně se vyskytujících azbestů v horninách poskytuje ucelený souhrn základních informací k jednotlivým hodnoceným lokalitám – název, lokalizaci, typ horniny a příslušnost ke geologické jednotce. Lokality lze v tomto registru třídit a vyhledávat podle abecedního pořádku, podle horninového typu nebo podle geologické jednotky. U každé z lokalit je k dispozici její karta, doplněná fotodokumentací a protokolem o výsledku zkoušky na přítomnost azbestu. V případě činných lomů je však třeba upozornit na skutečnost, že karty lokalit jsou veřejně přístupné pouze v případě, že těžební společnost udělila souhlas s publikováním získaných výsledků. V každém případě se jedná o první databázi lokalit v podobě vybraných činných lomů, dříve těžených ložisek, prognózních zdrojů i přirozených skalních výchozů s potenciálním výskytem azbestů v České republice.

U obou vytvořených informačních nástrojů, tj. specializované signální mapy a internetového znalostního portálu azbestů lze předpokládat velmi podobný okruh uživatelů jako u obou metodických návodů. Využití by tedy měly nalézt v rámci vybraných institucí a orgánů z oblasti státní správy a samosprávy, u producentů a odběratelů kameniva, stavebních a geotechnických firem a zkušebních laboratoří, ale také pedagogů, studentů i veřejnosti.

Úplným závěrem bychom rádi poděkovali celé řadě institucí i jednotlivců, kteří byli jakýmkoliv způsobem nápomocni při řešení projektu a bez jejichž příspěvku by toto řešení nebylo úplné. Jejich jmenovitý seznam je uveden v kapitole „O projektu, autoři, poděkování“, která je součástí hlavní stránky internetového znalostního portálu azbestů.

## **PŘÍLOHA Č. 1**

Mikropetrografická analýza vybraných 14 základních typů odebraných hornin provedená pomocí optické polarizační mikroskopie na výbrusových preparátech

Pozn.: Z důvodu nesouhlasu těžebních společností s publikováním dat z lomů Želešice, Litice, Chrtníky a Tachov jsou v Příloze č. 1 uvedeny mikropetrografické popisy pouze 10 hodnocených hornin (viz Tab. 7 v textové části zprávy).

## Vzorek č. 16893/21

**Hornina:** dioritový porfyrit

**Lokalita:** Lhota Rapotina

Hornina je složena především z novotvořeného sericitu a chloritu, křemene a reliktní plagioklasu, případně biotitu.

Základní hmota horniny je intenzivně rekrystalovaná a je tvořena velmi jemně šupinkovitými agregáty slabě nazelenalého sekundárního **sericitu** a **chloritu**. V takto přeměněné základní hmotě jsou místy zachovány relikty primárních **plagioklasů**. Plagioklasová zrna jsou hypidiomorfně omezená, často zdvojitá a podle úhlu zhášení odpovídají oligoklasu až andezínu a dosahují velikosti až 0,8 mm. Velmi často jsou plagioklasy na svých okrajích intenzivně sekundárně sericitizovány. V malé míře jsou přítomna výrazně undulózně zhášejší, deformovaná zrna **křemene** o velikosti do 0,5 mm a slabě pleochroické šupiny chloritizovaného **biotitu**. Akcesoricky je přítomen **titanit**, **zirkon**, **karbonát**, zastoupena je rovněž **rudní fáze** o velikosti zrn až 1 mm.

Struktura horniny je porfyrická s jemnozrnnou rekrystalovanou základní hmotou. Textura je usměrněná, plošně paralelní.



**Obr. 16893/21.** Výrazně přeměněná základní hmota, tvořená jemnozrnnými agregáty sericitu a chloritu. Dobře viditelná je plošně paralelní (břidličnatá) textura horniny (XPL).



## Vzorek č. 16874/22

**Hornina:** bazalt/bazanit

**Lokalita:** Bílčice

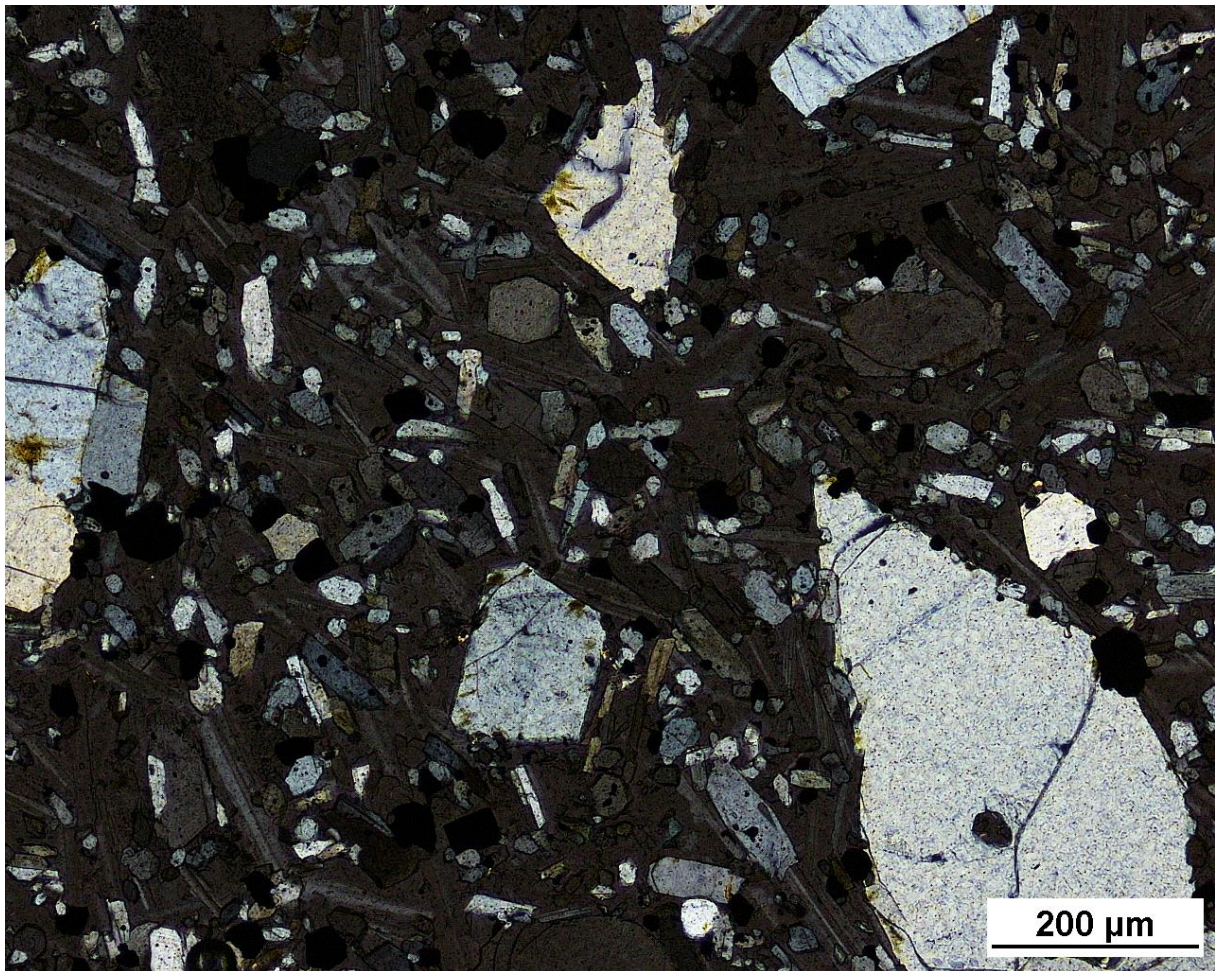
Hornina je tvořena olivínem, monoklinickým pyroxenem, plagioklasem a magnetitem.

**Olivín** vytváří bezbarvé, neštěpné, idiomorně až hypidiomorně omezené vyrostlice o maximální velikosti 0,8 mm. Na okrajích olivínových zrn jsou často patrné známky magmatické koroze, u některých vyrostlic lze pozorovat počínající přeměnu na iddingsit.

**Pyroxen**, opticky odpovídající augitu, je ve vyrostlicích zastoupen méně často. Zrna jsou světle šedá, až 1 mm velká, s dobře vyvinutou štěpností a slabým pleochroismem. Pyroxen je dále přítomen ve formě nepravidelně omezených, nahnědlých zrn jako dominantní složka v základní hmotě horniny. **Plagioklas** tvoří dlouze protažená, lištovitá, idiomorně omezená a polysynteticky zdvojitá zrna o velikosti zpravidla do 0,3 mm, která jsou všesměrně uspořádána. Na základě úhlu zhášení v symetrické zóně plagioklasy odpovídají labradoritu. Velmi hojný **magnetit** tvoří dobře individualizovaná zrna, méně často vytváří drobné kumulace.

**Nefelín**, zjištěný rentgenograficky i pomocí infračervené spektroskopie nebyl opticky identifikován, je však pravděpodobně součástí základní hmoty.

Struktura horniny je porfyrická s pilotaxitickou strukturou základní hmoty. Textura horniny je všesměrná, v rámci výbrusu masivní.



**Obr. 16874/22.** Vyrostlice olivínů v základní hmotě, tvořené klinopyroxenem, bazickým plagioklasem a magnetitem (XPL).

## Vzorek č. 16942/23

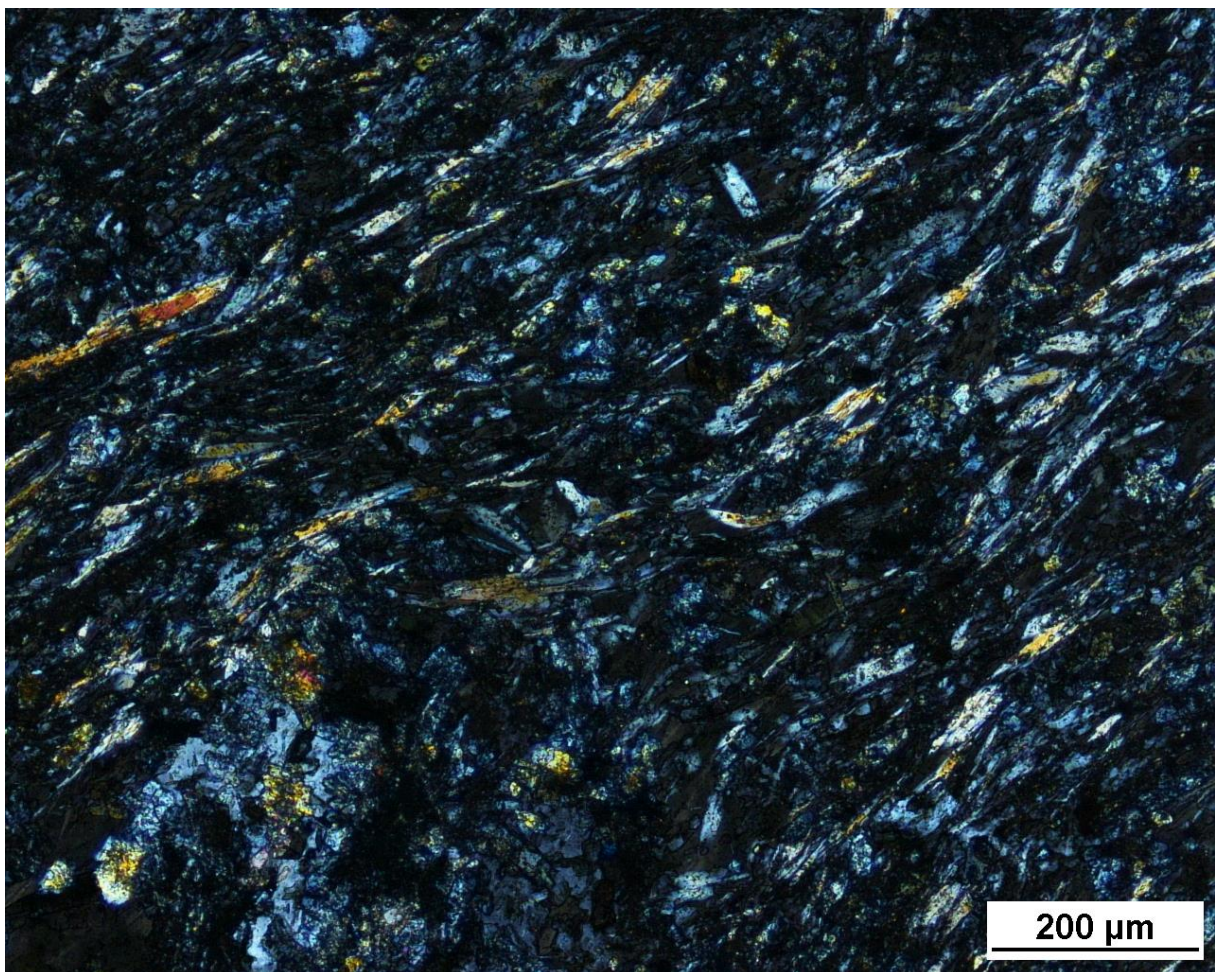
**Hornina:** zelená břidlice

**Lokalita:** Masty

Hlavními horninotvornými minerály jsou chlorit, monoklinický amfibol (aktinolit), kyselý plagioklas a epidot.

**Plagioklas** je v hornině zastoupen jednak v podobě samostatných, degradovaných, tektonicky porušených porfyroklastů, uložených konformně s metamorfní foliací, především však je v podobě úzkých lamel součástí základní hmoty. Délka těchto úzkých, jemných lamel plagioklasu se pohybuje okolo 0,1 – 0,3 mm, ojediněle až 1,3 mm, podle úhlu zhášení v symetrické zóně odpovídají albitu až oligoklasu. **Chlotit** vytváří v základní hmotě nazelenalé až šedozelené, pleochroické, na koncích roztrěpené šupiny, případně až šupinkovité agregáty. **Aktinolit** je nažloutlé až zelené barvy, pleochroický a tvoří jehličkovité až vláknité, často vějířovitě uspořádané agregáty. **Epidot** tvoří nazelenalá protažená sloupcovitá zrna, která jsou slabě pleochroická, místy se zrna shlukují do hnízd až sférolitů. Výplň drobných žilek je tvořena **kalcitem** a místy i **křemenem**. Akcesoricky se vyskytuje **opakní fáze**.

Struktura horniny je granofibrolepidoblastická, porfyroklastická. Textura je plošně paralelní.



**Obr. 16942/23.** Velmi jemnozrnná základní tkáň horniny, tvořená chloritem, jehlicemi aktinolitu, kyselými plagioklasy a epidotem (XPL).

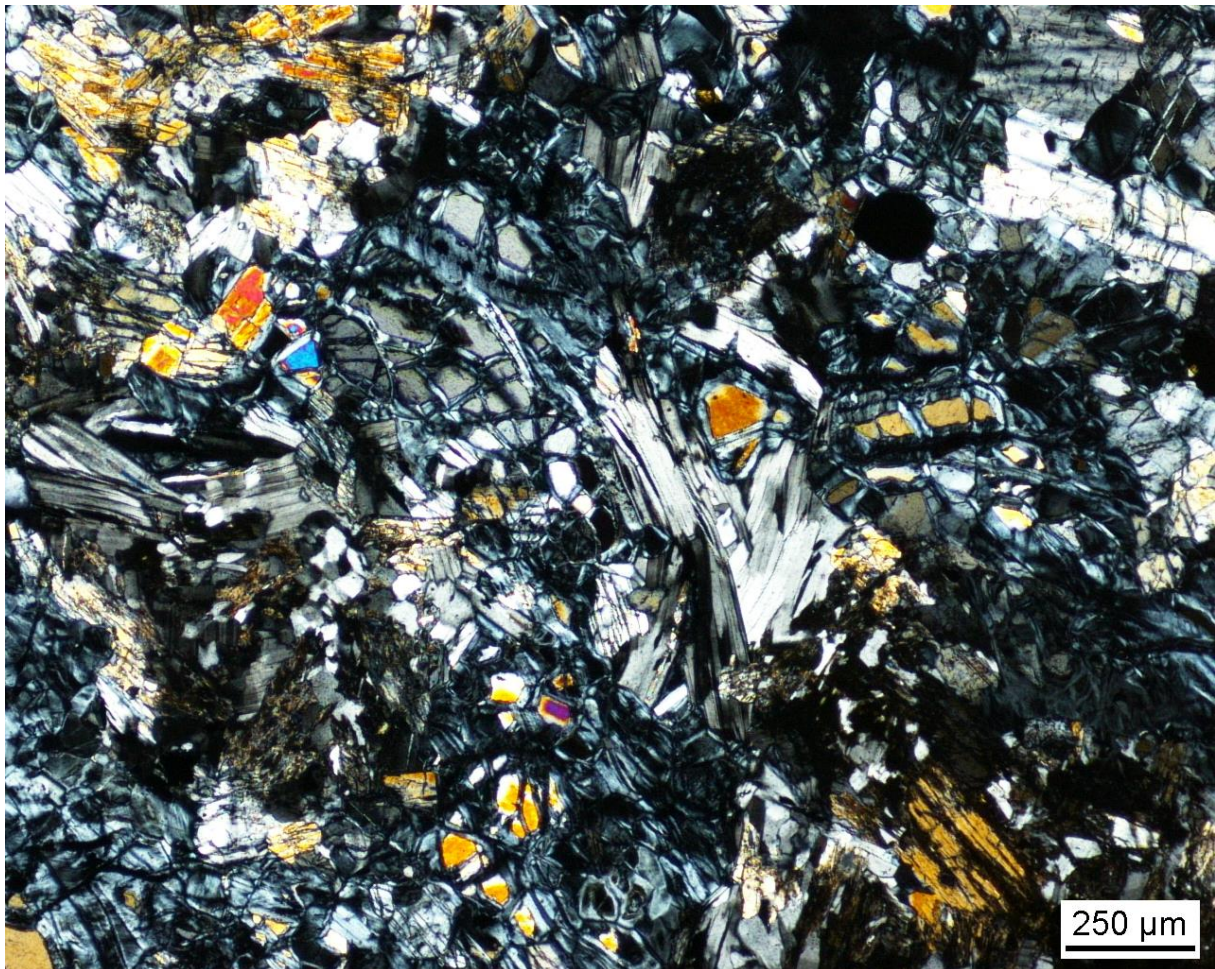
## Vzorek č. 17029/24

**Hornina:** serpentinit

**Lokalita:** Bernartice

Horninu tvoří serpentinové minerály, chlorit a reliktů původního olivínu, pyroxenu a amfibolu. Převážnou část horniny tvoří minerály serpentinové skupiny, které vytváří vzájemně prorostlé bezbarvé až mírně nazelenalé, slabě pleochroické agregáty. **Antigorit** je šupinkovitý až lístkovitý, všesměrně uspořádaný s velikostí krystalů do 0,5 mm. **Lizardit** vytváří celistvé až jemně zrnité agregáty, případně i protažená zrna zelinkavé barvy. **Chryzotil** je přítomen ve formě protažených až vláknitých agregátů. **Chlorit** tvoří ve výbruse nazelenalé, celistvé až šupinkovité agregáty ve formě výplně mezi zrny ostatních minerálů. Zrna původních **pyroxenů** jsou hypidiomorfně omezena, slabě pleochroická a dosahují velikosti až 1 mm. V menší míře jsou přítomny rovněž reliktů výrazně serpentinizovaných, nepravidelných zrn **olivínu** a rovněž zrna **amfibolu**. Akcesoricky je zastoupena blíže neidentifikovaná **rudní fáze**. Tenké žilky v hornině jsou vyplněny **magnezitem**.

Hornina je jemnozrná. Struktura horniny je smyčkovitá, lepidogranoblastická, textura je masivní, všesměrná.



**Obr. 17029/24.** Smyčkovitá struktura minerálů serpentinové skupiny se zbytky zrn původního olivínu, které ještě nepodlehly hydrotermálním přeměnám (XPL).

## Vzorek č. 17026/25

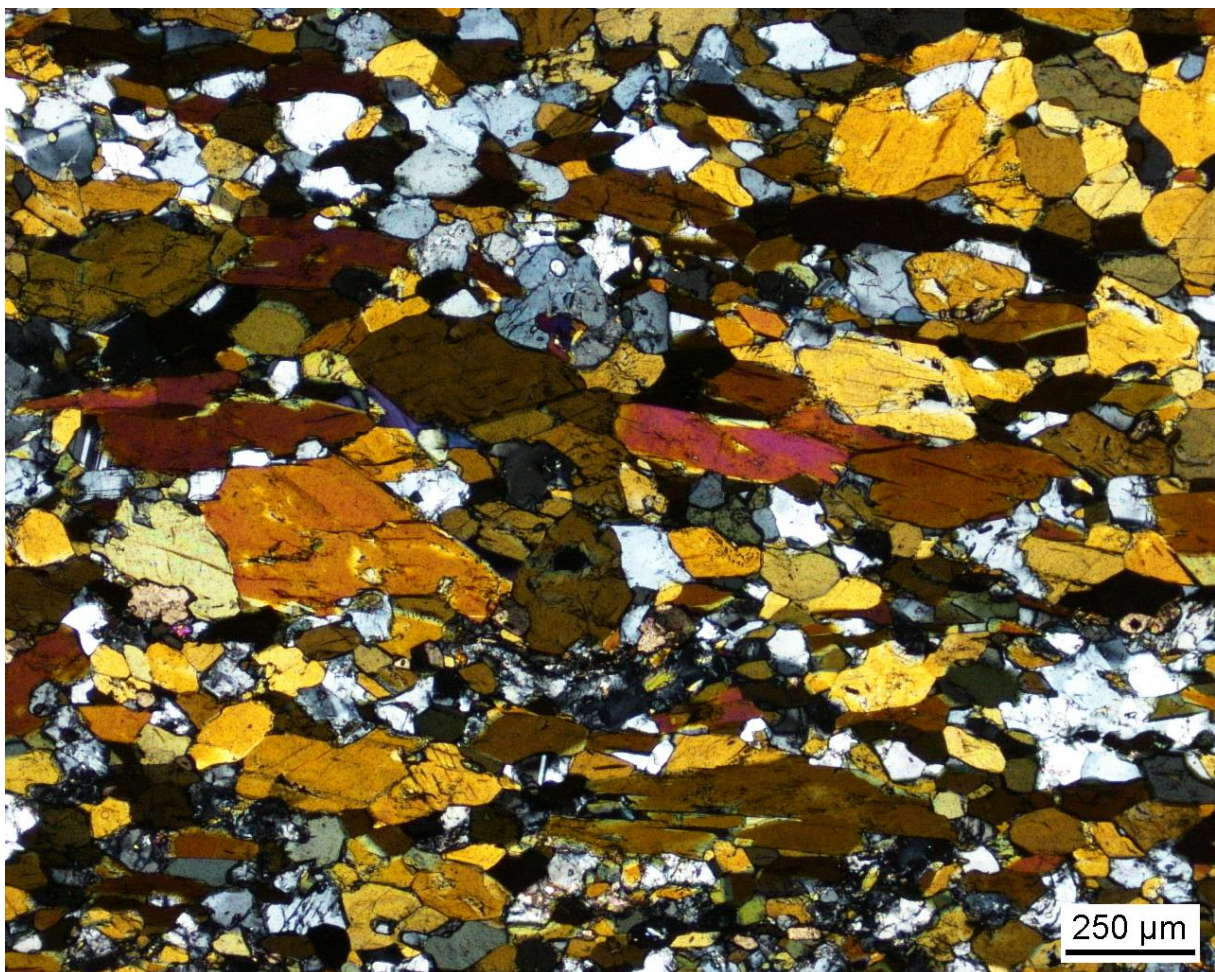
**Hornina:** amfibolit

**Lokalita:** Markovice

Základní minerály, které tvoří horninu, jsou obecný amfibol a plagioklas.

**Amfibol** se vyskytuje ve formě výrazně pleochroických, zelených, žlutozelených až hnědožlutých, převážně hypidiomorfně omezených zrn s charakteristickou dokonalou amfibolovou štěpností a velikostí do cca 1,2 mm. Velmi často jsou zrna amfibolu přednostně tvarově orientována do směru metamorfní foliace horniny. **Plagioklasy** tvoří bezbarvá, hypidiomorfně až allotriomorfně omezená zrna různého tvaru, od téměř oválných až po výrazněji protažená. Velikost zrn plagioklasu dosahuje až 0,5 mm. Bazicitu plagioklasů, stanovená metodou zhášení v symetrické zóně, odpovídá poměrně širokému rozpětí od oligoklasu po labradorit. Zrna velmi často vykazují polysyntetické lamelování, projevující se dobře patrnými albitovými lamelami. Z hlediska prostorového uspořádání plagioklasy zpravidla vyplňují mezery mezi zrny amfibolu, méně často vytvářejí tenké samostatné polohy. Akcesoricky se vyskytuje **titanit**, ve velmi malé míře je přítomna **rudní fáze**.

Struktura horniny je granoblastická až nematogranoblastická, heteroblastická. Textura je plošně paralelní, páskovaná. Hornina je středně zrnitá.



**Obr. 17026/25.** Zřetelná tvarová přednostní orientace zrn obecného amfibolu v hornině (XPL).

## Vzorek č. 16951/26

**Hornina:** serpentinit

**Lokalita:** Šebířov – Šelmberský mlýn

Hornina je tvořena zejména minerály skupiny serpentinu – antigoritem, lizarditem a chryzotilem, v menší míře je zastoupen chlorit a amfibol.

Serpentinové minerály jsou v hornině reprezentovány bezbarvými až světle žlutozelenými, slabě pleochroickými, šupinkovitými, lupenitými až lístkovitými krystaly a/nebo agregáty **antigoritu** a **lizarditu**. Výplň drobných puklin je tvořena vláknitým **chryzotilem**. **Chlorit** vytváří drobné, bezbarvé až slabě nazelenalé, pleochroické, undulózně zhášející šupinky, nepravidelně rozmístěné v základní tkáni horniny. Reliktní **amfiboly** jsou převážně hypidiomorfně omezené, krátce sloupcovité, ve výbruse hnědé až hnědožluté, pleochroické, velmi dobře štěpné o velikosti do 0,5 mm. Celkově vykazuje hornina znaky velmi intenzivní serpentinizace. Podružně je zastoupena **rudní fáze** a produkty její oxidace, celá plocha výbrusu je protkána sítí mikroskopických žilek a trhlin, vyplněných oxyhydroxydu železa.

Struktura je mřížovitá až smyčkovitá, lepidogranoblastická, textura je masivní, všesměrná.



**Obr. 16951/26.** Pokročilá serpentinizace původního peridotitu, dokumentovaná přítomností lupenitého až lístkovitého antigoritu a lizarditu, vznikajících přeměnou olivínu. V reliktech jsou dochovány primární amfiboly, hojná je opakní fáze (XPL).

## Vzorek č. 16943/40

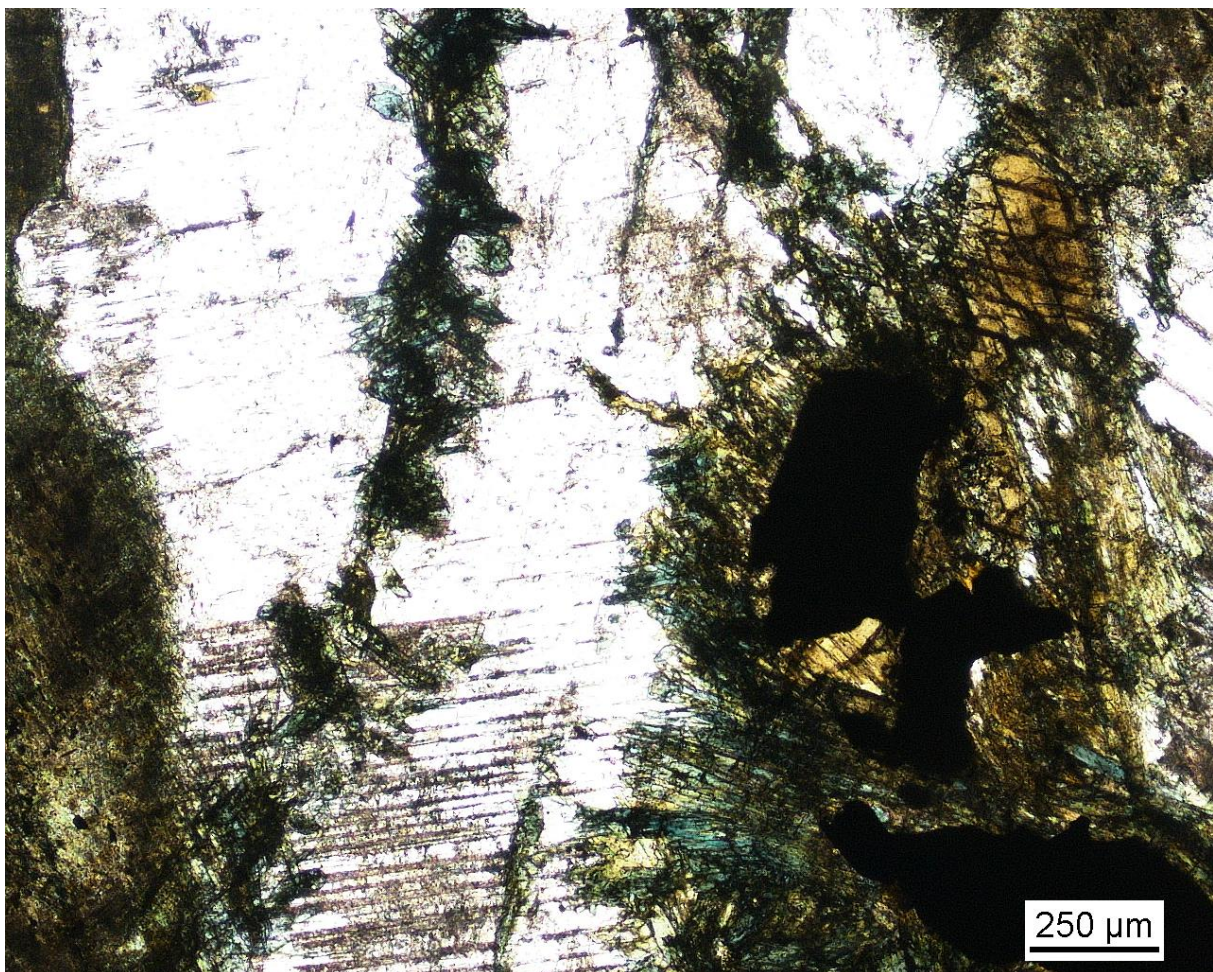
**Hornina:** gabro

**Lokalita:** Špičák u Deštného v Orlických horách

Hornina je tvořena výhradně plagioklasem, monoklinickými amfiboly a ilmenitem.

**Plagioklas** tvoří až 1,5 cm dlouhá, výrazně lištovitá zrna, která jsou hypidiomorfně omezená s dobře patrným polysyntetickým lamelováním. Velmi často jsou zrna plagioklasu postižena saussuritizací. Bazicitu plagioklasů, stanovenou opticky na základě úhlu zhášení v symetrické zóně, odpovídá andezinu až labradoritu. Amfiboly jsou zastoupeny jednak ve formě hnědých, hypidiomorfně omezených zrn primárního **obecného amfibolu** a dále ve formě **aktinolitu**, který vzniká druhotně procesem uralitizace a tvoří jehlicovité, zelené až zelenožluté agregáty zpravidla na okrajích amfibolových zrn. Jen velmi ojediněle byla pozorována zrna monoklinického **pyroxenu**, rovněž postiženého uralitizací. Opakní fáze je reprezentována rentgenograficky identifikovaným **ilmenitem**, který vytváří xenomorfně omezená zrna o velikosti až 3 mm, která jsou zarostlá v zrnech obecného amfibolu. Sekundárními minerály jsou ojedinělý **kalcit** a **chlorit**.

Struktura horniny je gabrofitická, hrubozrnná, místy až porfyrická. Textura je masivní, všesměrná, lokálně však mohou být lišty plagioklasů uspořádány téměř paralelně.



**Obr. 16943/40.** Výrazně protažené lišty plagioklasů, drobné jehlicovité krystaly aktinolitu, vznikající přeměnou obecných amfibolů a ilmenit jako základní složky horniny (PPL).

## Vzorek č. 17027/55/eg

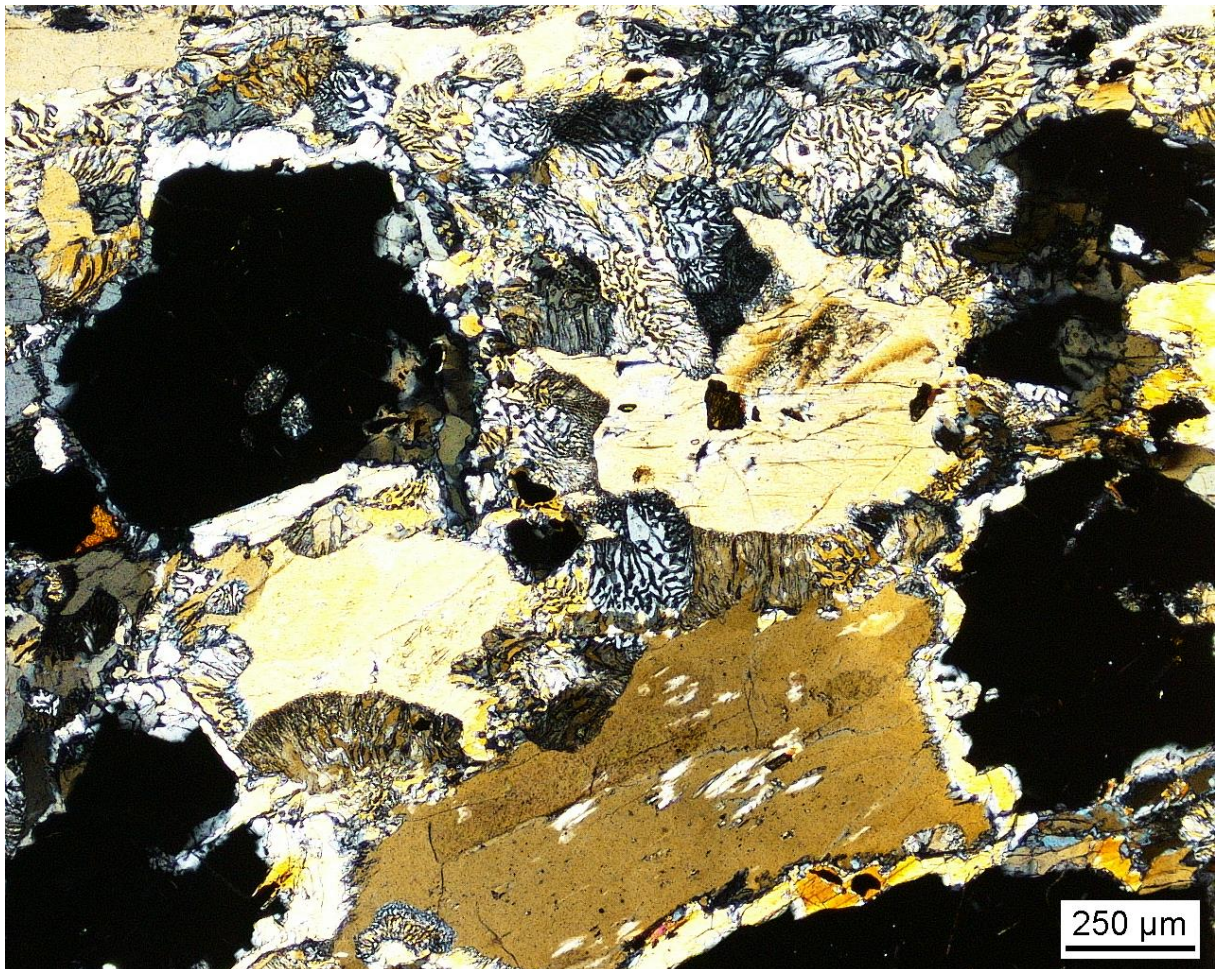
**Hornina:** eklogit

**Lokalita:** Borek u Vilémova

Hlavní minerály, které tvoří horninu, jsou granát, pyroxen, amfibol a plagioklas.

Primární minerální asociace horniny je reprezentována granátem a klinopyroxenem (omfacitem). Porfyroblasty **granátu** o velikosti do 1,5 mm jsou hypidiomorfně až xenomorfně omezené, bezbarvé až slabě narůžovělé s vysokým, drsným reliéfem a lokálně patrnou zonálností. Nepravidelně omezená zrna monoklinického **pyroxenu** dosahují velikosti až 2,2 mm a místy jsou zachována pouze v reliktech. Hornina vykazuje znaky poměrně intenzivní retrográdní přeměny, jejímž projevem je vznik symplektitických struktur, zatlačujících primární pyroxeny a tvořených vzájemně prorůstajícím **amfibolem** a **plagioklasem**. Akcesoricky je zastoupen **rutil**, vytvářející žlutohnědá až hnědá zrna s typicky vysokým reliéfem a vysokým dvojlomem. Poměrně hojně se vyskytující opakní fáze je pravděpodobně tvořena zrny **ilmenitu**, okolo kterých lze často pozorovat hnědavé lemy, způsobené oxidací části  $Fe^{2+}$  na  $Fe^{3+}$ .

Struktura horniny je granoblastická, porfyroblastická, textura je všesměrná.



**Obr. 17027/55/eg.** Zrna primárního granátu a pyroxenu a symplektity amfibolu a plagioklasu, které jsou produktem retrográdní přeměny horniny (XPL).

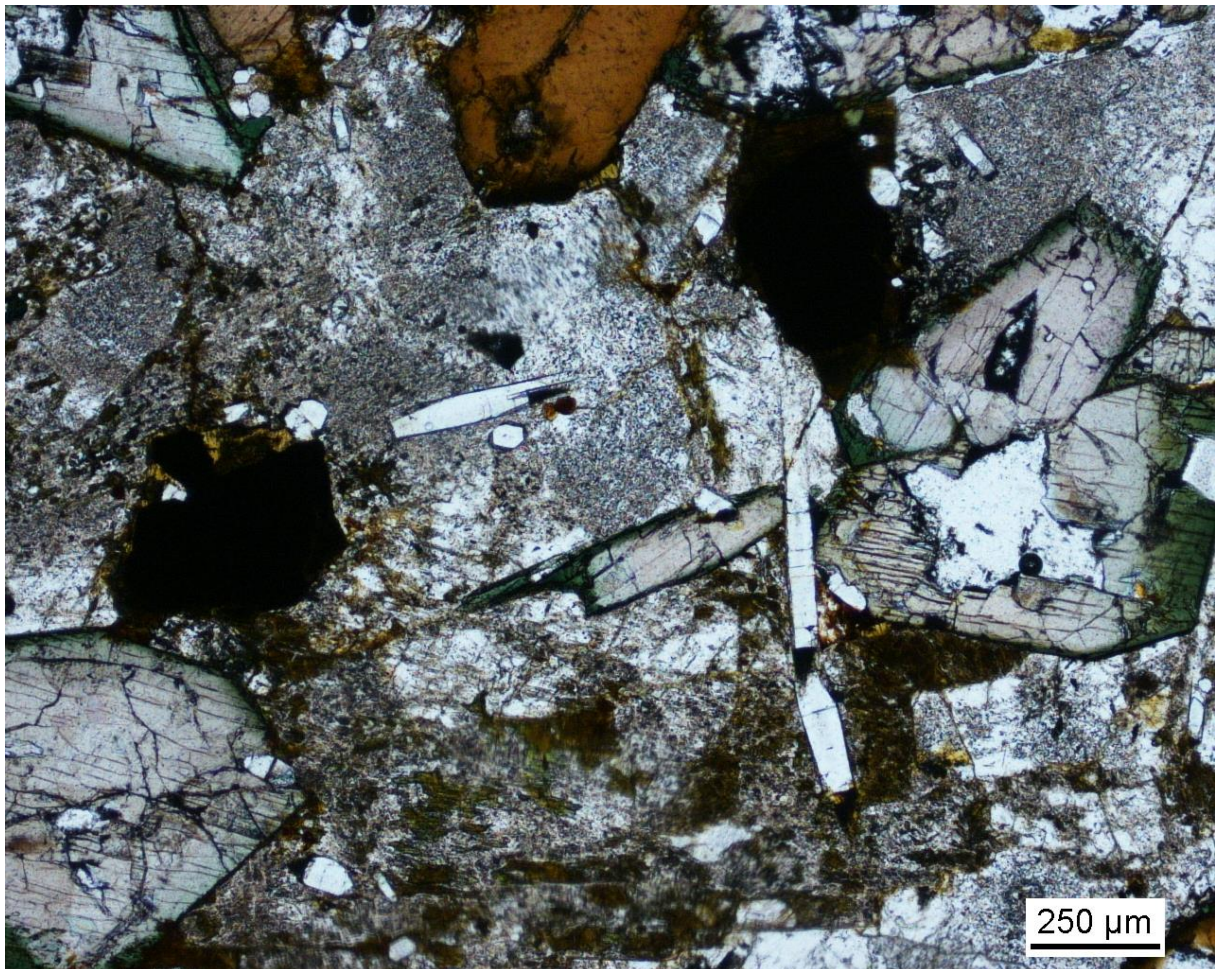
## Vzorek č. 16859/87

**Hornina:** těšinit

**Lokalita:** Řepiště – Vinohrady

Horninu tvoří zejména monoklinický amfibol, monoklinický pyroxen, plagioklas a analcim.

**Amfiboly** se vyskytují ve formě idiomorně až hypidiomorně omezených, často výrazně protažených, hnědých až červenohnědých pleochroických vyrostlic o velikosti až 3 mm. Pyroxeny, rovněž vytvářející vyrostlice, jsou zastoupeny augitem a egirínem. **Augit** je zpravidla idiomorně omezený, krátce sloupcovitý, lehce narůžovělý až růžově hnědý, velmi slabě pleochroický s velikostí zrn až 2,5 mm. U některých zrn augitu je patrná magmatická koroze. **Egirín** je sytě zelený s výrazným pleochroismem a vyskytuje se buď na okrajích augitových zrn nebo vytváří tenké, dlouhé, izolované jehlice. Základní hmota je tvořena hypidiomorně omezeným, často zdvojitým **plagioklasem** s bazicitou odpovídající andezínu až labradoritu a **analcimem**, vytvářejícím často idiomorní, opticky izotropní zrna s charakteristickým nízkým reliéfem. V menší míře je v matrix přítomen také **chlorit**, vznikající alterací pyroxenu. Podružně až akcesoricky jsou zastoupeny **apatit**, **titanit** a **opakní složka**. Struktura horniny je faneritická, středně zrnitá až hrubozrná, porfyrická, textura je všesměrná.



**Obr. 16859/87.** Vyrostlice amfibolů a pyroxenů, rozptýlené v základní hmotě, tvořené dominantně plagioklasy a analcimem. Viditelná je rovněž přítomnost apatitu a opakní fáze (PPL).



## Vzorek č. 17068/91

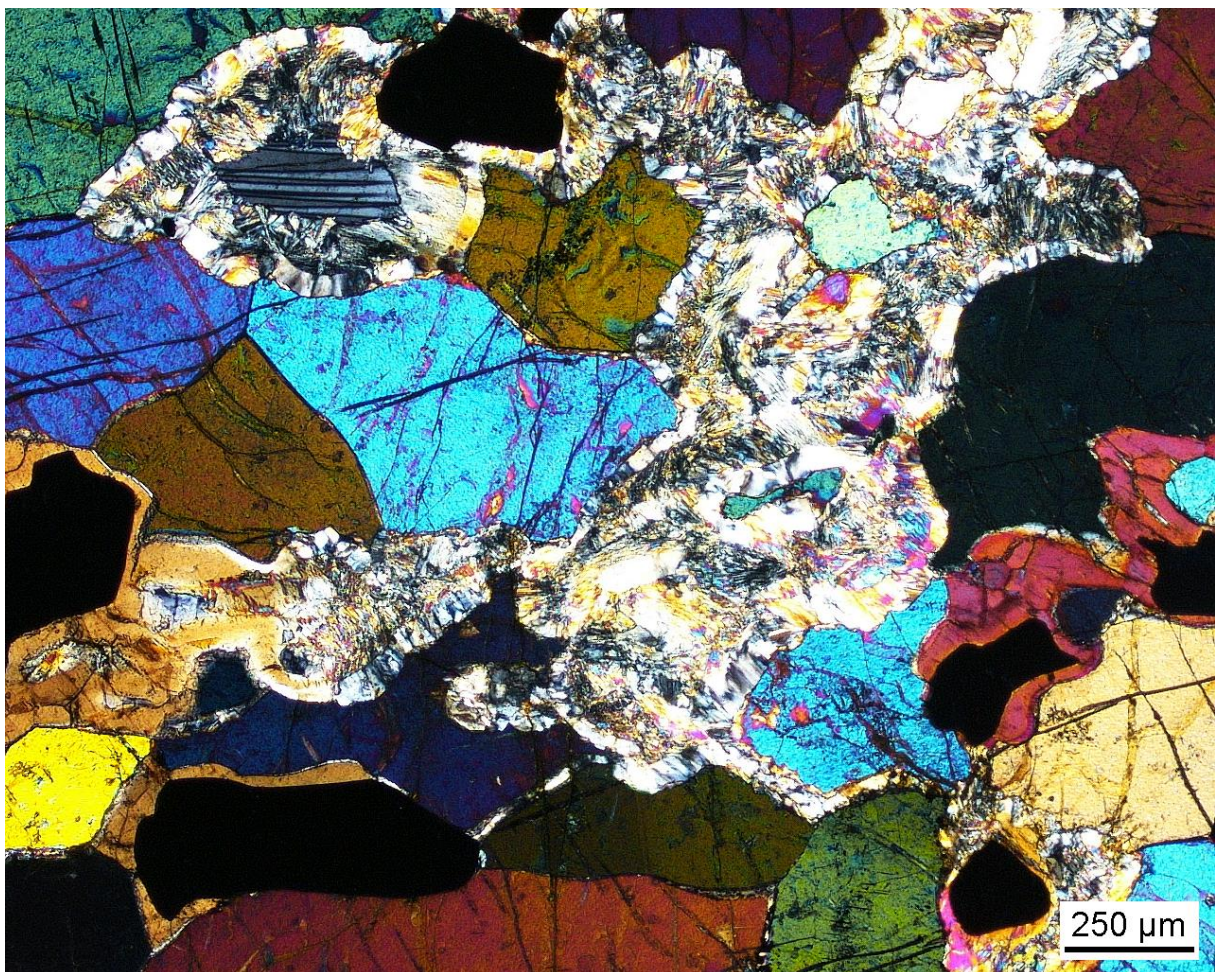
**Hornina:** peridotit

**Lokalita:** Orlovice - U sv. Josefa

Hornina je tvořena výhradně olivínem, ve výrazně menší míře je rovněž přítomen pyroxen, plagioklas, amfibol a opakní fáze.

**Olivín** je dominantním horninotvorným minerálem a vyskytuje se v podobě slabě nažloutlých xenomorfních zrn o velikosti až 1,8 mm s charakteristickými, velmi pestrými interferenčními barvami a drsným, výrazným reliéfem. Nažloutlá barva olivínových zrn svědčí o výrazném podílu  $\text{Fe}^{2+}$  ve struktuře olivínu. Místy může olivín vytvářet až nepravidelné zrnité agregáty. Olivínová zrna bývají lokálně postižena alterací, projevující se vznikem jemně vláknitého **antofylitu**. Prostory mezi zrny olivínu jsou vyplněny sporadicky se vyskytujícím **pyroxenem** a **amfibolem**, velmi ojedinělým **plagioklasem** a **rudní fází**. Velikost pyroxenových a amfibolových zrn dosahuje až 1,5 mm a je obdobná velikosti zrn olivínu, plagioklasová zrna jsou zpravidla drobnější. Opakní složka je zastoupena rentgenograficky identifikovaným **magnetitem**, vytvářejícím nepravidelná, často protažená zrna o velikosti do 1 mm s hojnými hnědavými lemy.

Struktura horniny je stejnoměrně zrnitá, jemnozrná až středně zrnitá, textura je všesměrná.

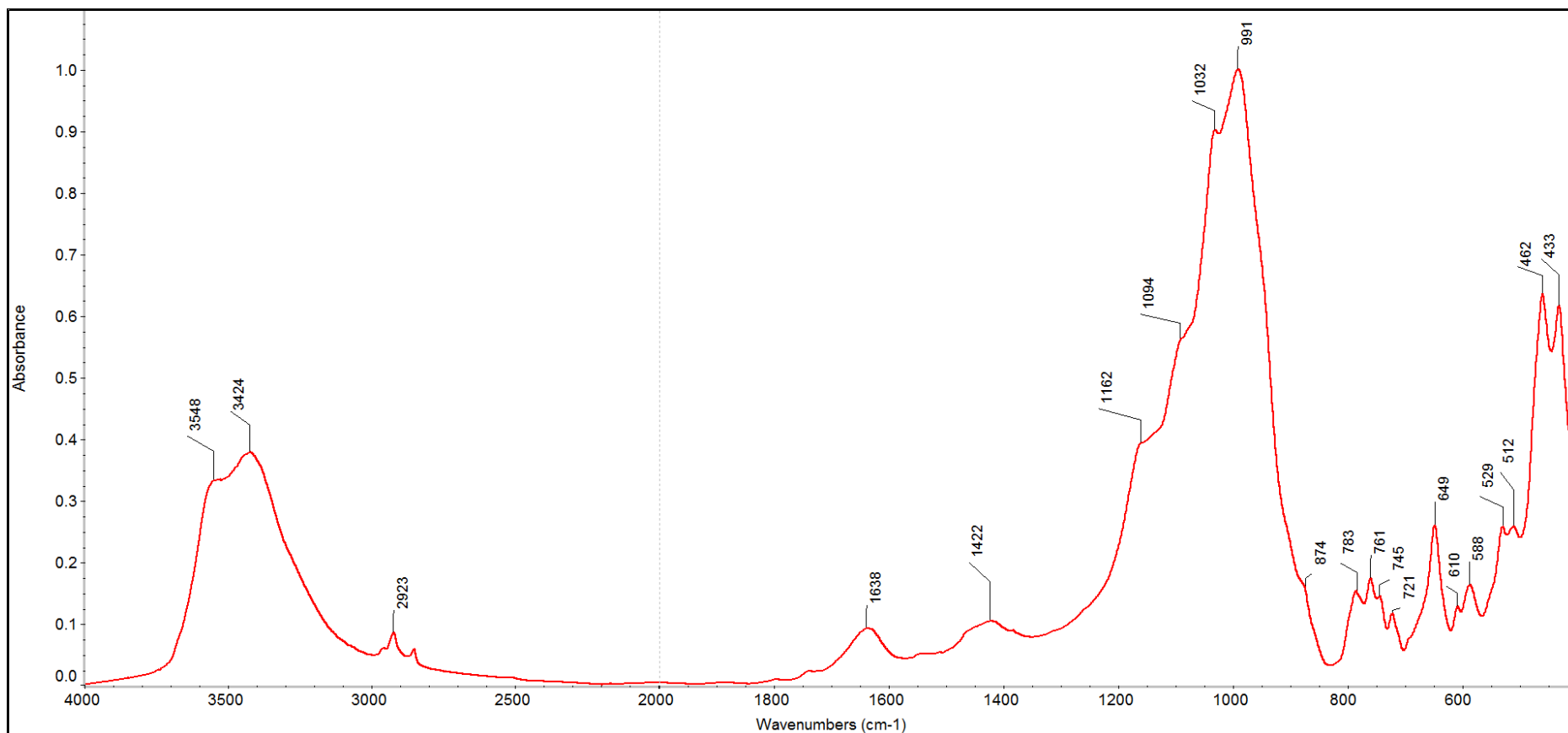


**Obr. 17068/91.** Výrazné jemně vláknité lemy, tvořené antofylitem, vznikající jako produkt alterace zrn primárních olivínů (XPL).

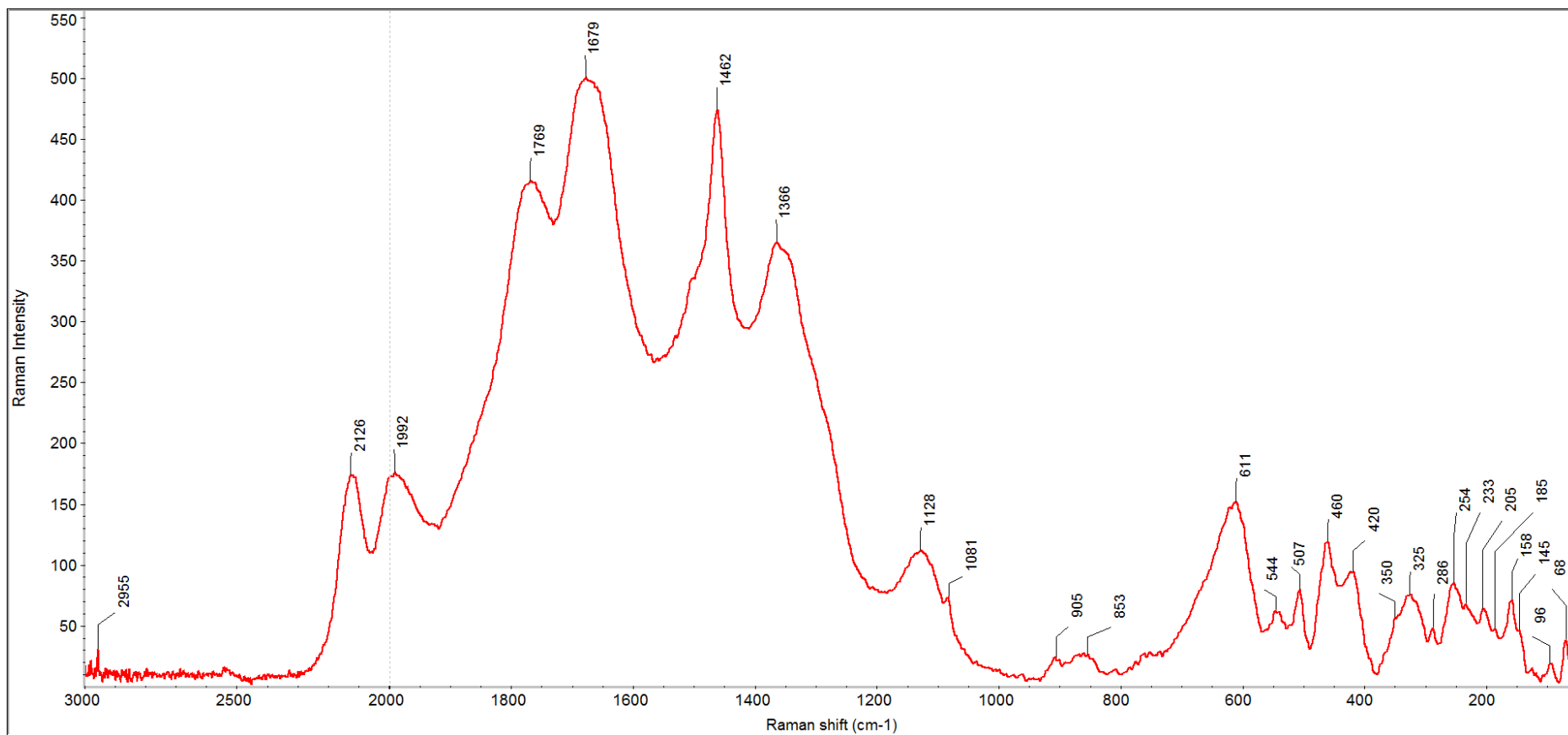
## **PŘÍLOHA Č. 2**

Spektrální analýza vybraných 14 základních typů odebraných hornin provedená pomocí infračervené (FT-IR) a Ramanovy (RS) spektroskopie

Pozn.: Z důvodu nesouhlasu těžebních společností s publikováním dat z lomů Želešice, Litice, Chrtníky a Tachov jsou v Příloze č. 2 uvedeny spektrální záznamy pouze 10 hodnocených hornin (viz Tab. 7 v textové části zprávy).



16893/21	Lhota Rapotina	dioritový porfyrít	<b>FT-IR:</b> chlorit (3548, 991, 761, 649, 433); živec - konkrétní typ minerálu nelze jednoznačně přiřadit z důvodu překryvu pásů, určitá shoda s albitem (1162, 783, 761, 745, 721, 649, 588); křemen (1094, 462); stopy karbonátu (1422)
----------	----------------	--------------------	---

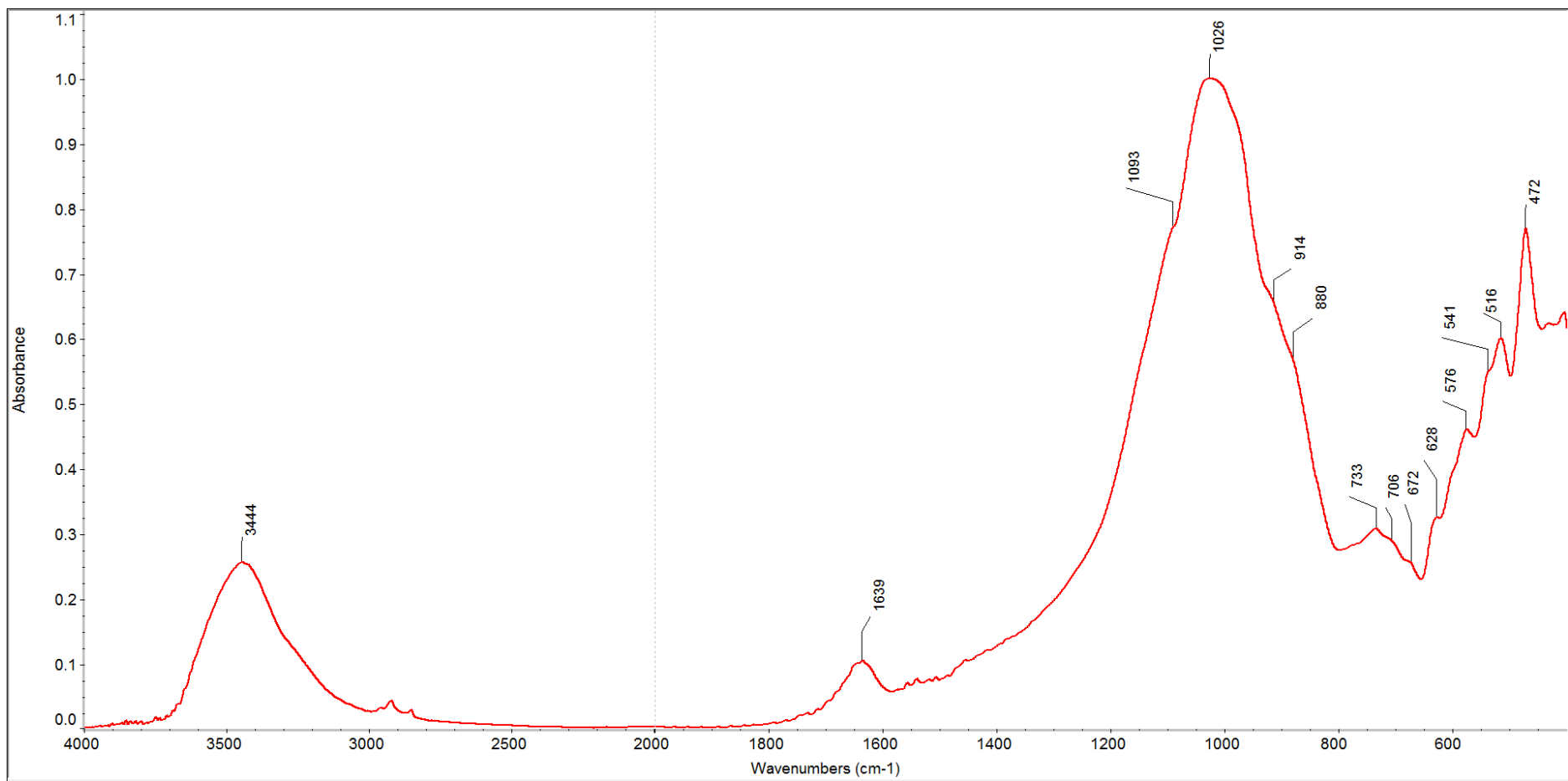


16893/21

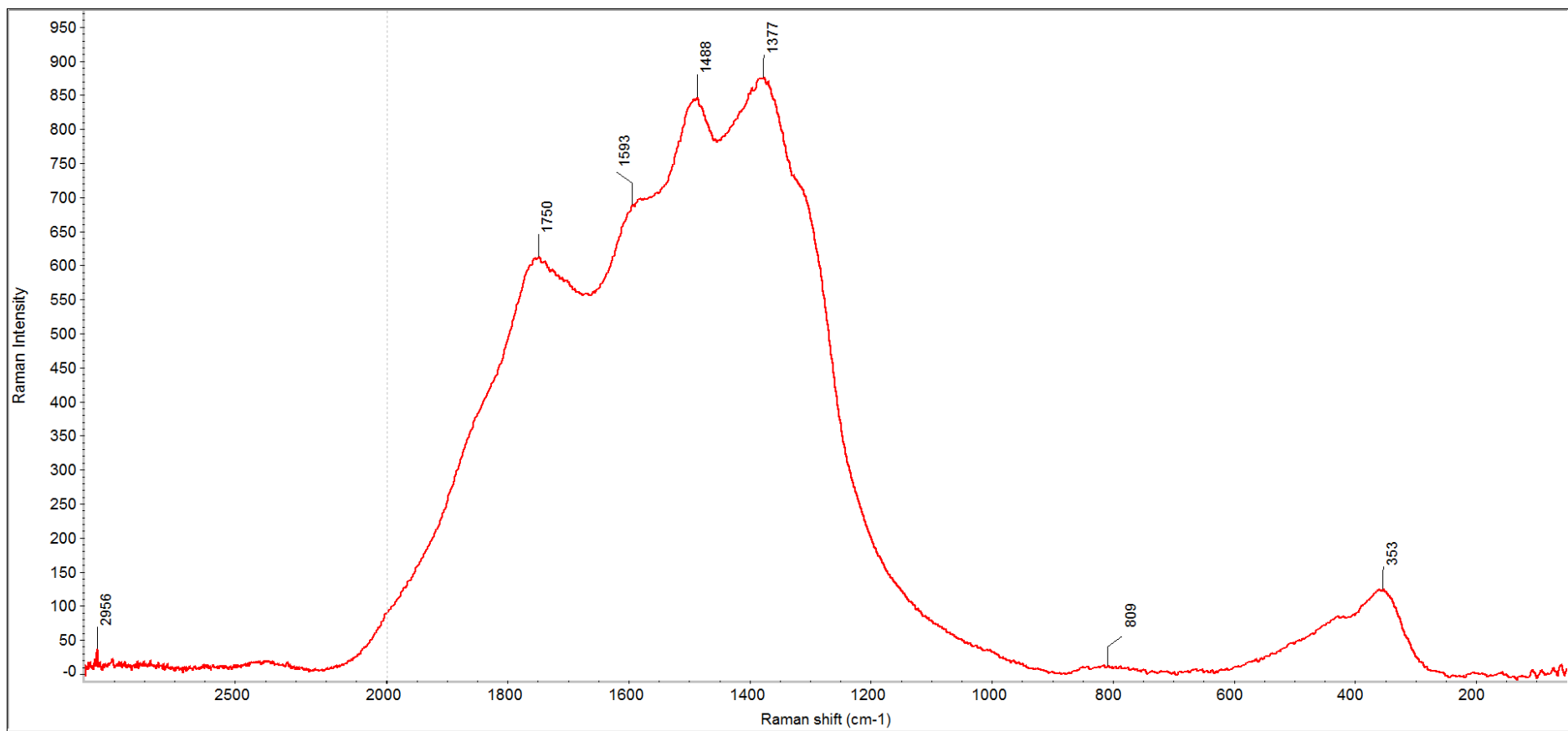
Lhota Rapotina

dioritový porfyr

**RS:** živec – plagioklas – určitá shoda s albitem (507, 286, 158); chlorit není zcela průkazný, mohou ho však signalizovat pásy (544, 350, 205); muskovit/sericit (706, 254); křemen (460, 205); stopy karbonátu (1081); rutil a/nebo titanit (611)?



16874/22	Bílčice	bazalt/bazanit	FT-IR: pyroxen (914, 880, 516, 472); živec (1093, 733, 706, 628, 576); nefelín (706, 576, 472)
----------	---------	----------------	--

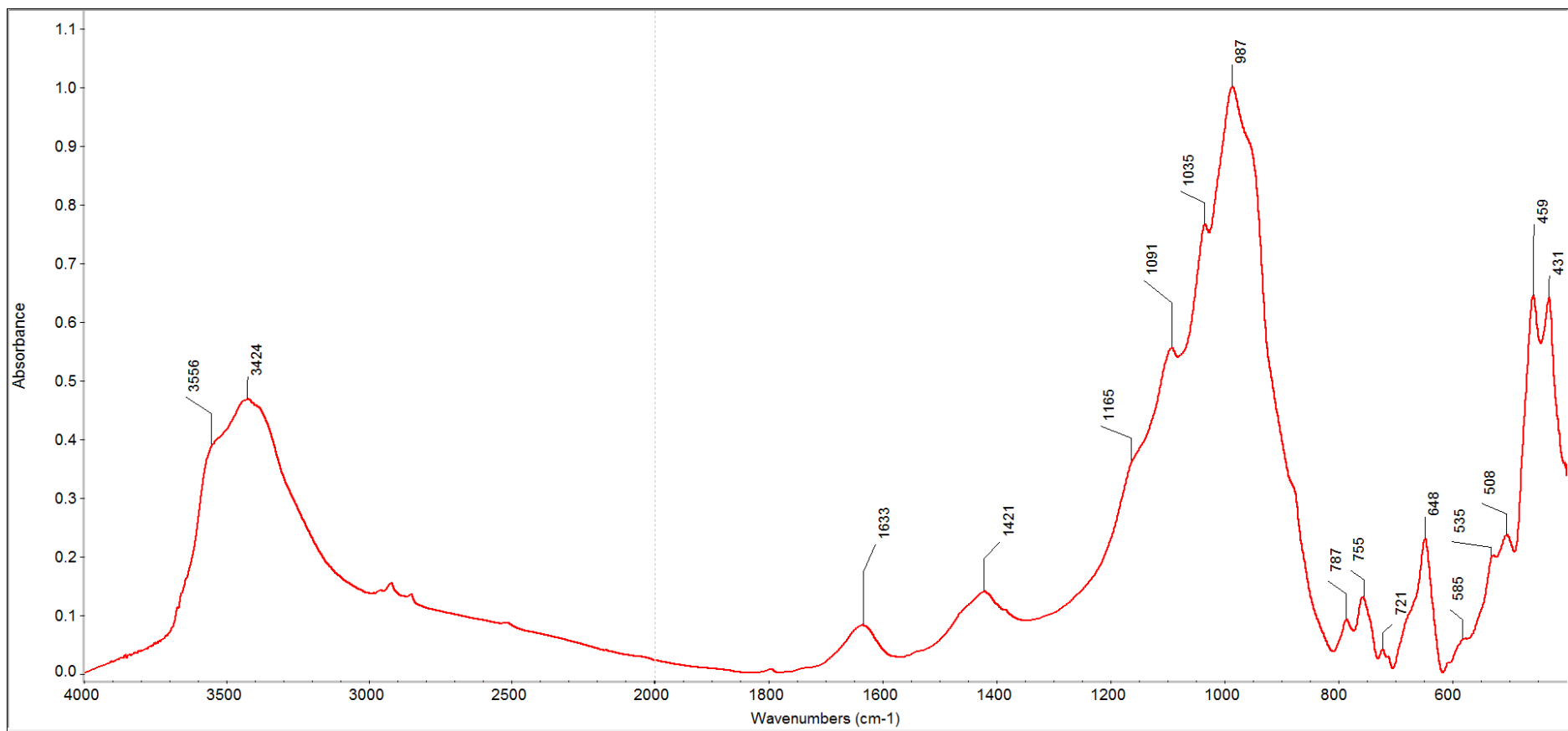


16874/22

Bílčice

bazalt/bazanit

**RS:** Spektrum vykazuje silnou fluorescenci, proto nelze přesně interpretovat!

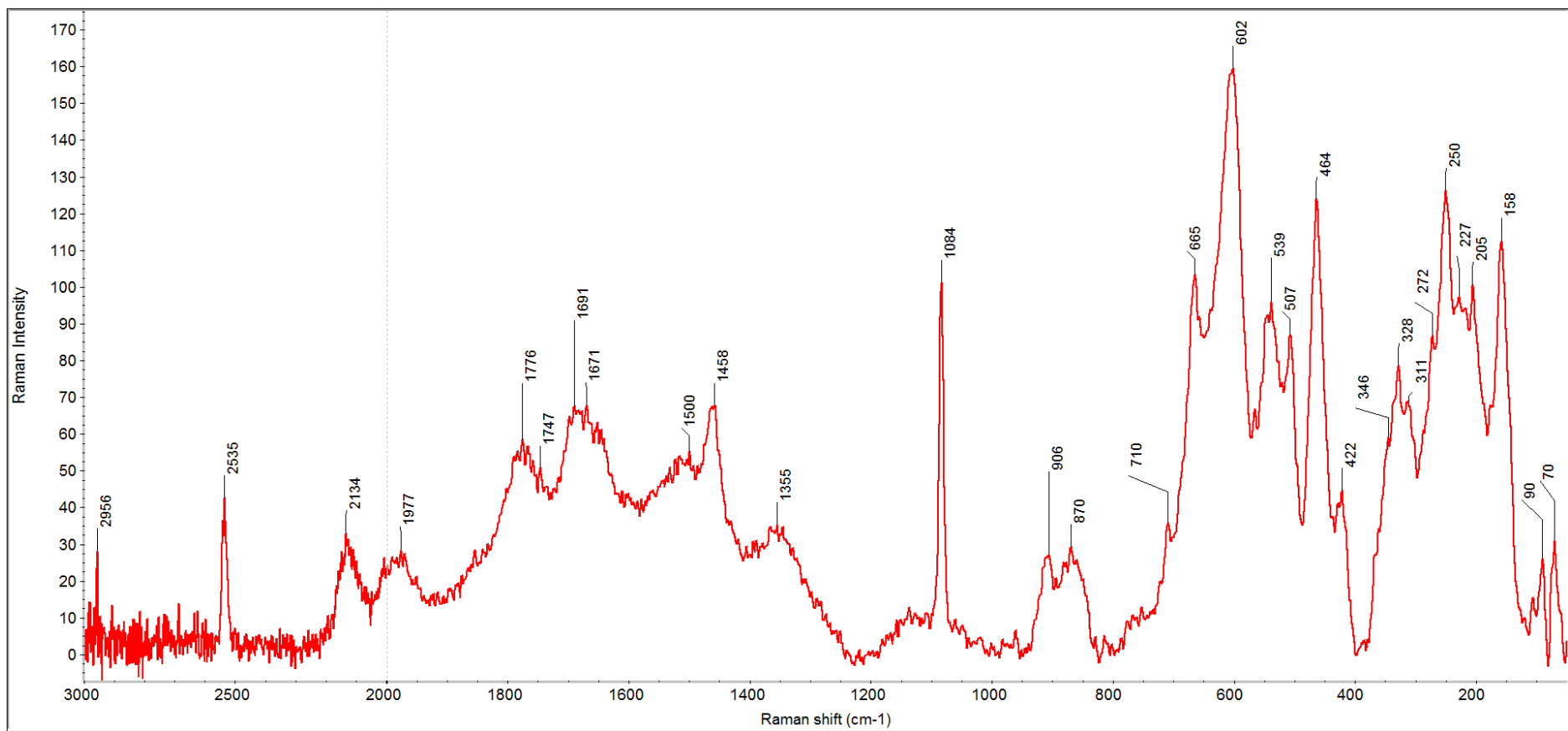


16942/23

Masty

zelená břidlice

**FT-IR:** chlorit (3556, 987, 755, 648, 431); amfibol - aktinolit (1091, 951, 755, 508, 459); živec (787, 755, 721, 535, 508); karbonát (1421)



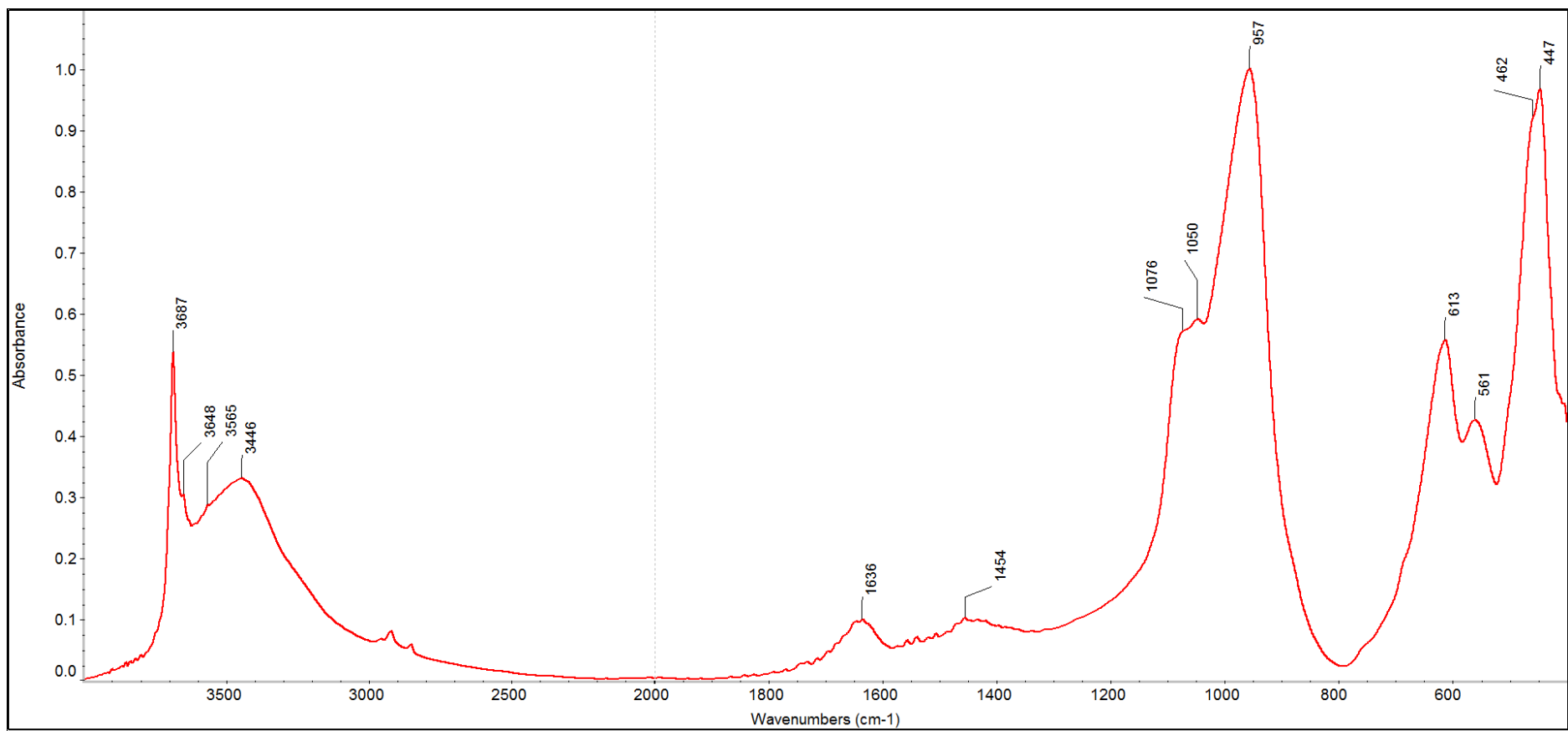
16942/23

Masty

zelená břidlice

**RS:** chlorit (665, 539, 346); amfibol - aktinolit (665, 218); plagioklas - albit (507, 289, 184, 158); karbonát - kalcit (1084, 272, 158); titanit (602, 464, 311, 250, 164)



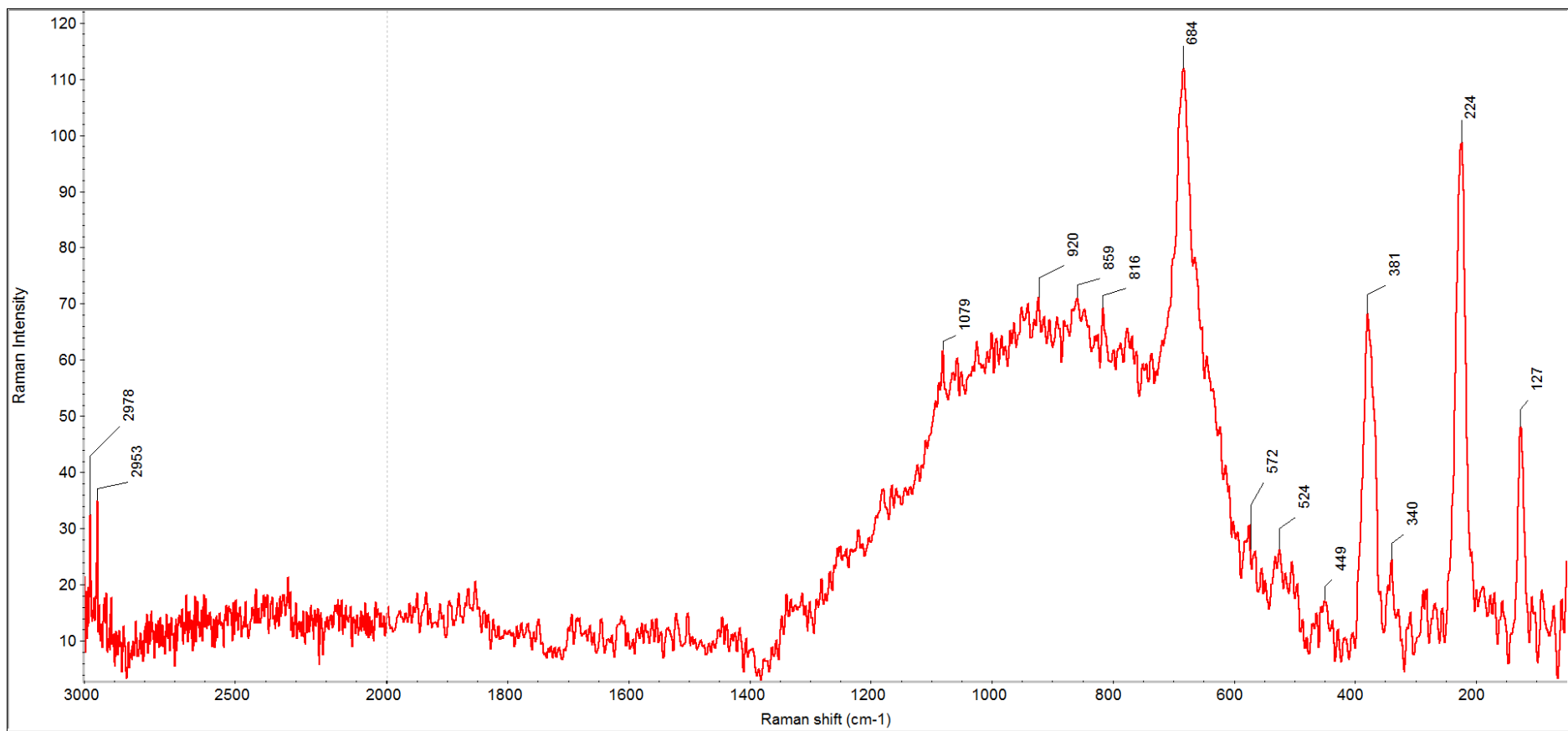


17029/24

Bernartice

serpentinít

FT-IR: serpentín (3687, 3648, 3446, 1076, 957, 613, 561, 447); chlorit (3565, 957); stopy karbonátu (1454), magnetit (561)?

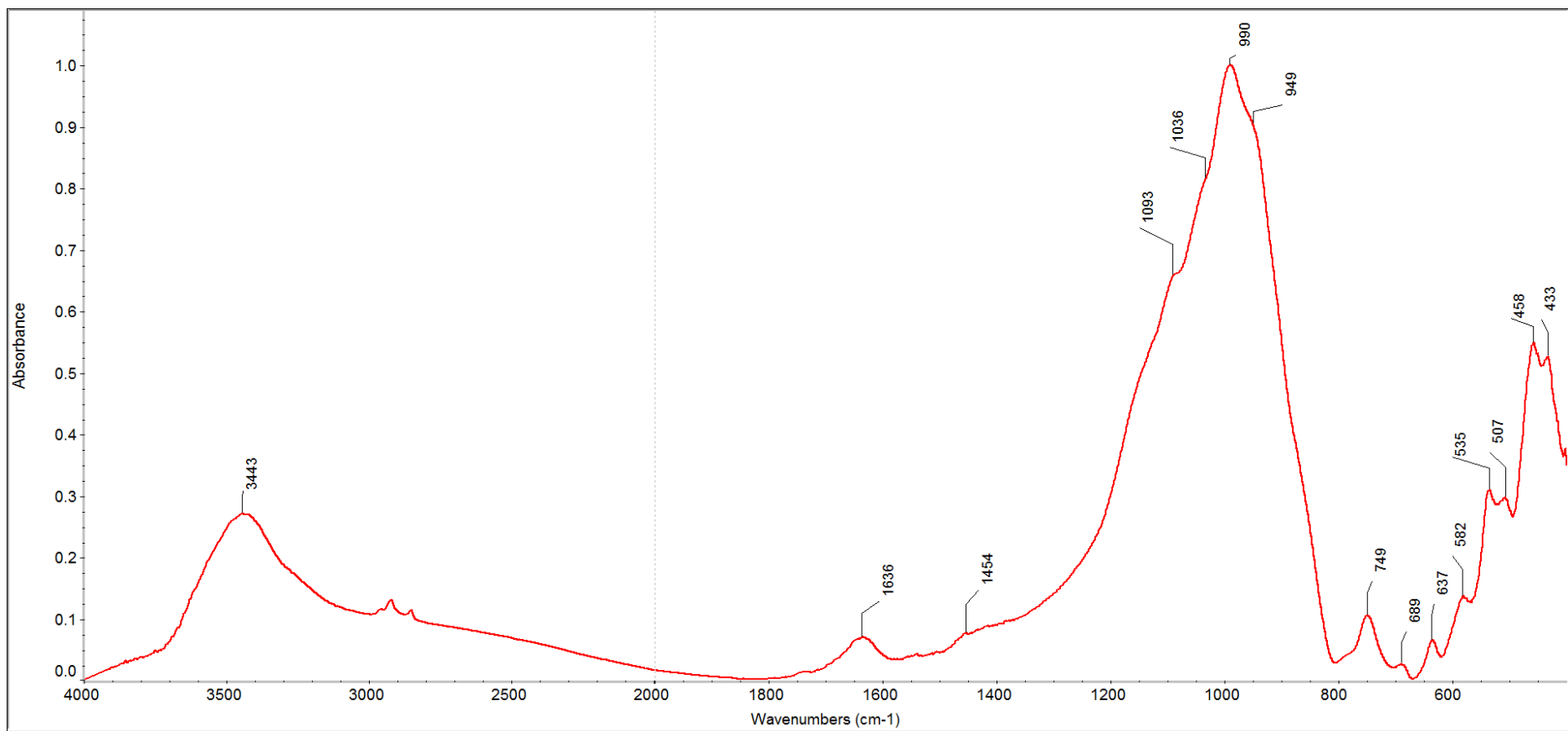


17029/24

Bernartice

serpentin

RS: serpentín (2978, 2953, 684, 381, 340, 224); olivín (859, 816); stopy karbonátu (1079)

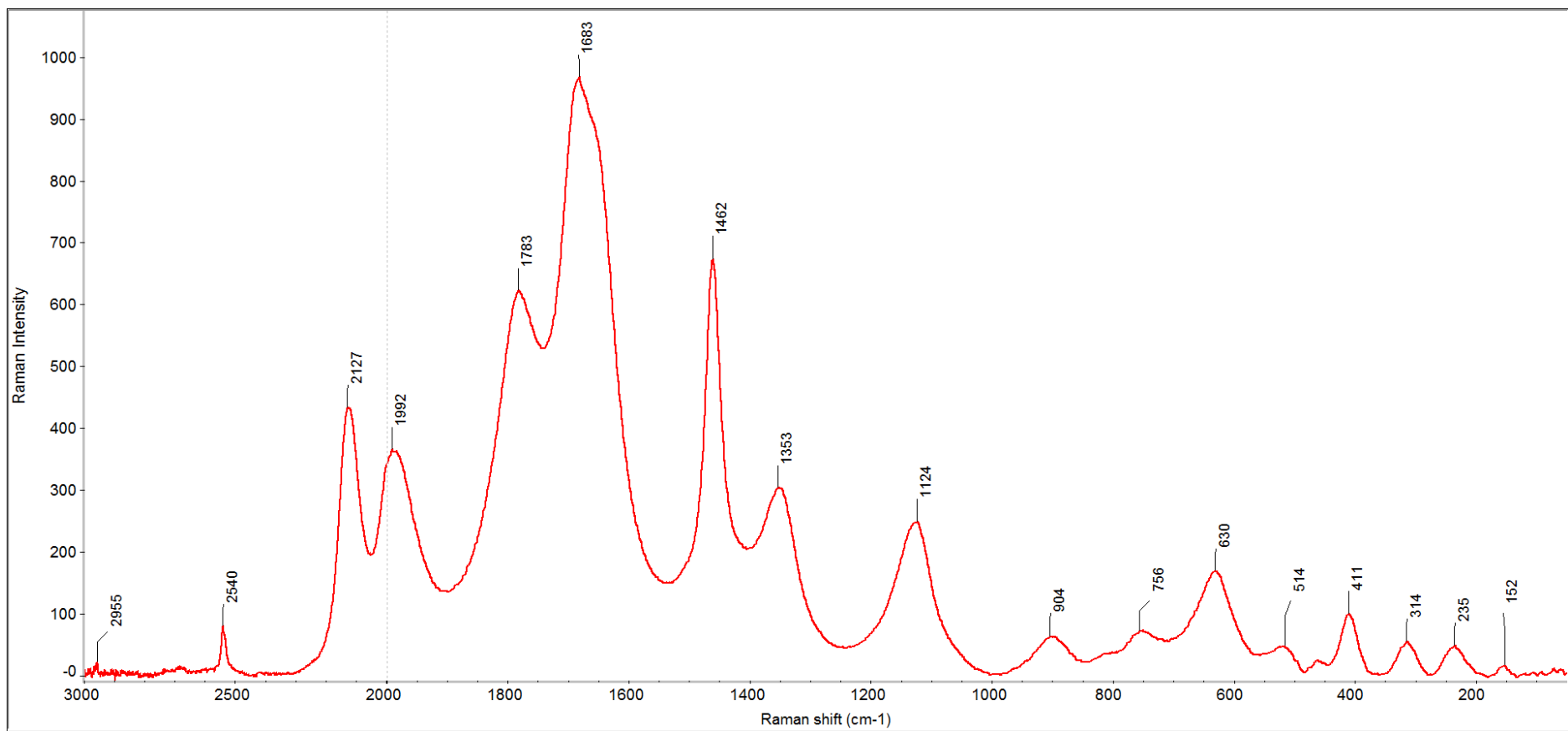


17026/25

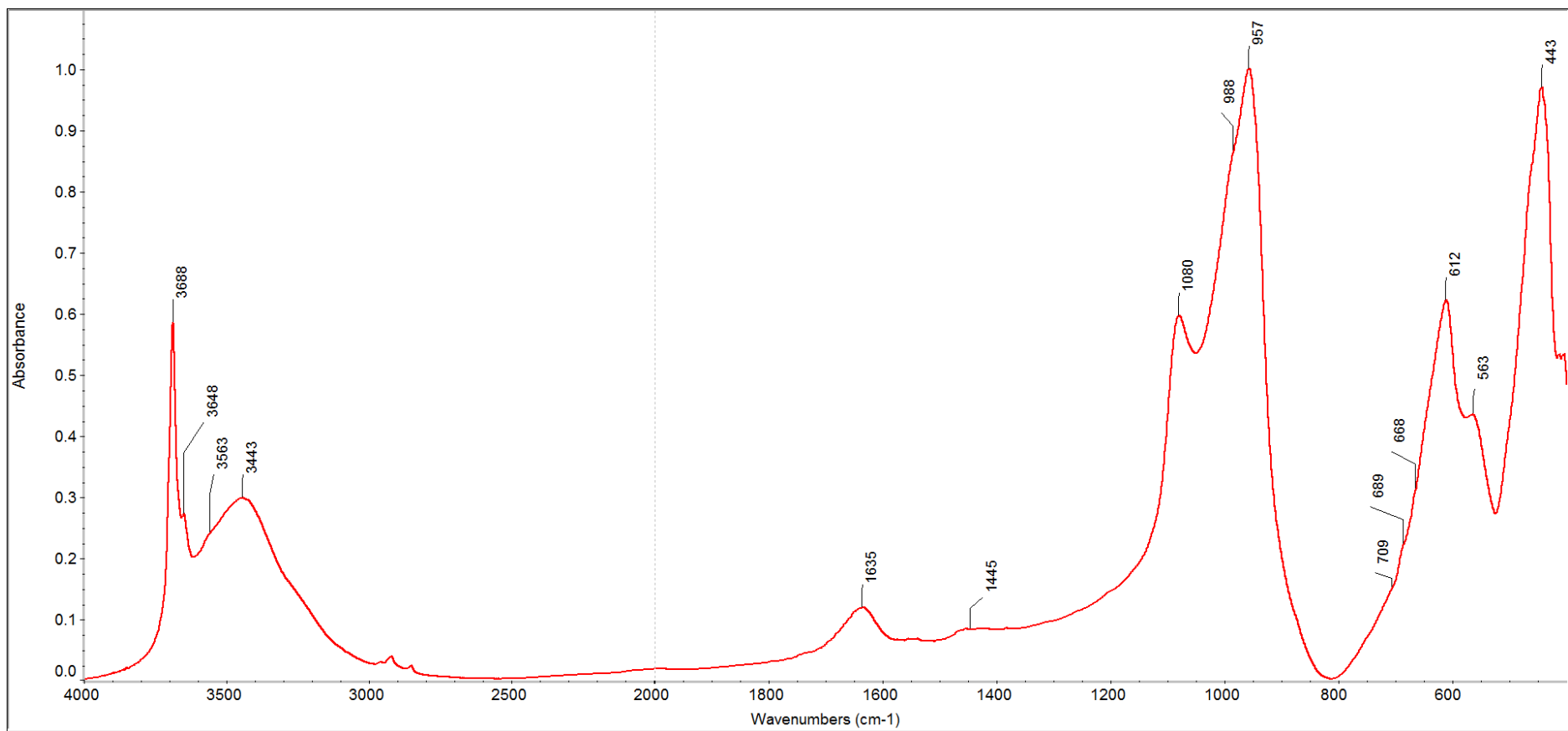
Markovice

amfibolit

**FT-IR:** živec - plagioklas (991, 949, 749, 637, 582, 535); amfibol (1093, 995, 949, 749, 689, 507, 458, 433); stopy karbonátu (1454)



17026/25	Markovice	amfibolit	<b>RS:</b> Spektrum vykazuje poměrně silnou fluorescenci komplikující jeho interpretaci! živec (514); amfibol (756)
----------	-----------	-----------	--

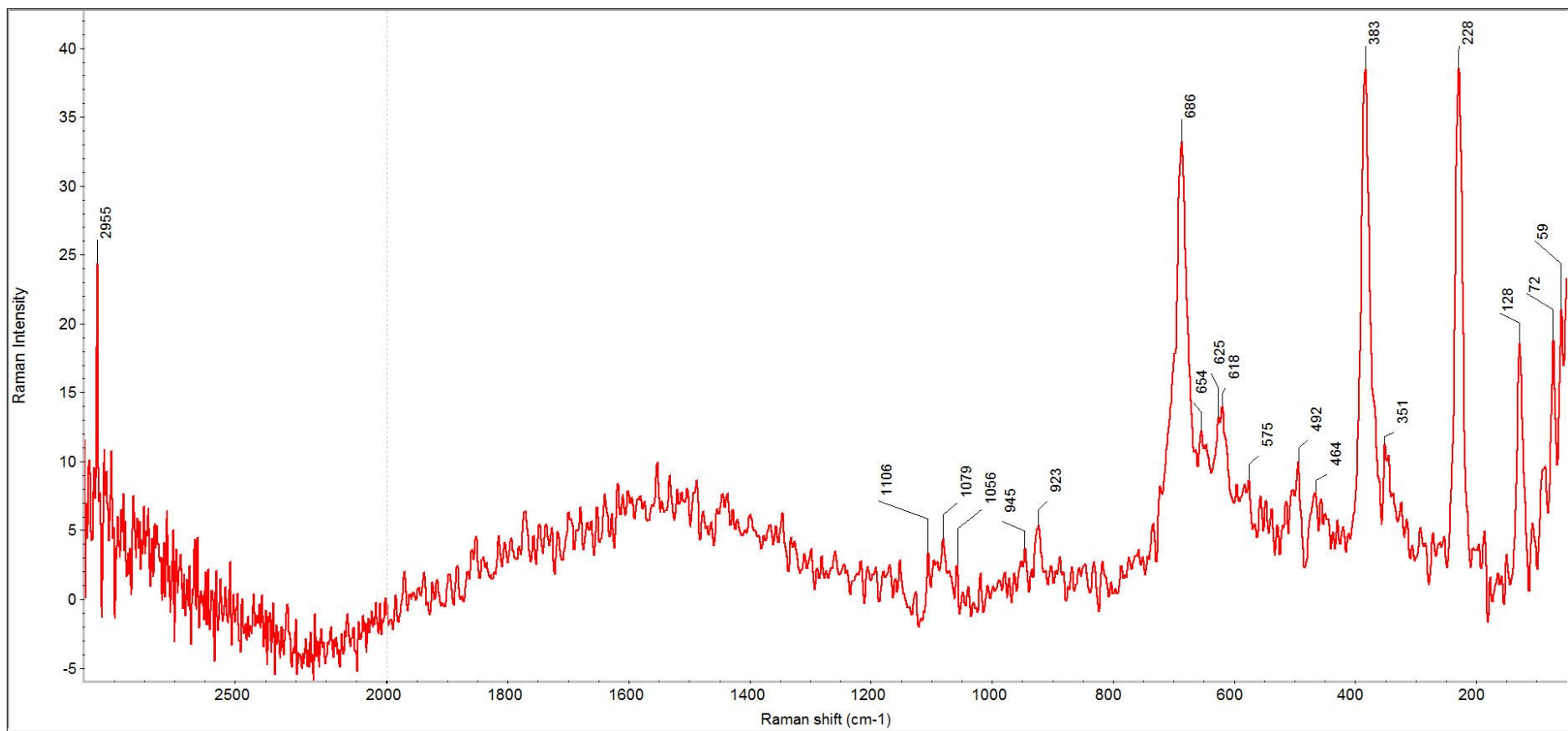


16951/26

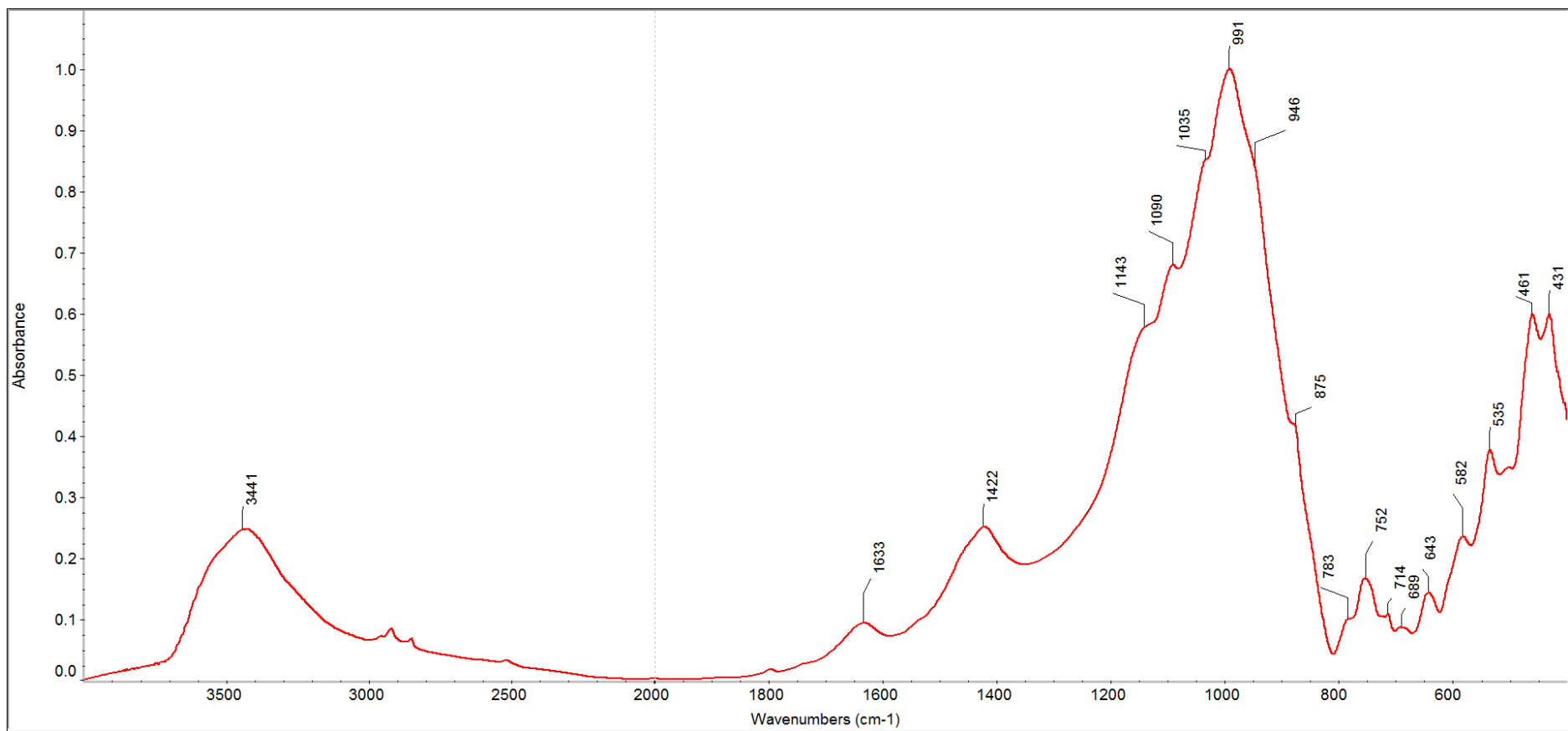
Šebřov – Šelmberský mlýn

serpentinit

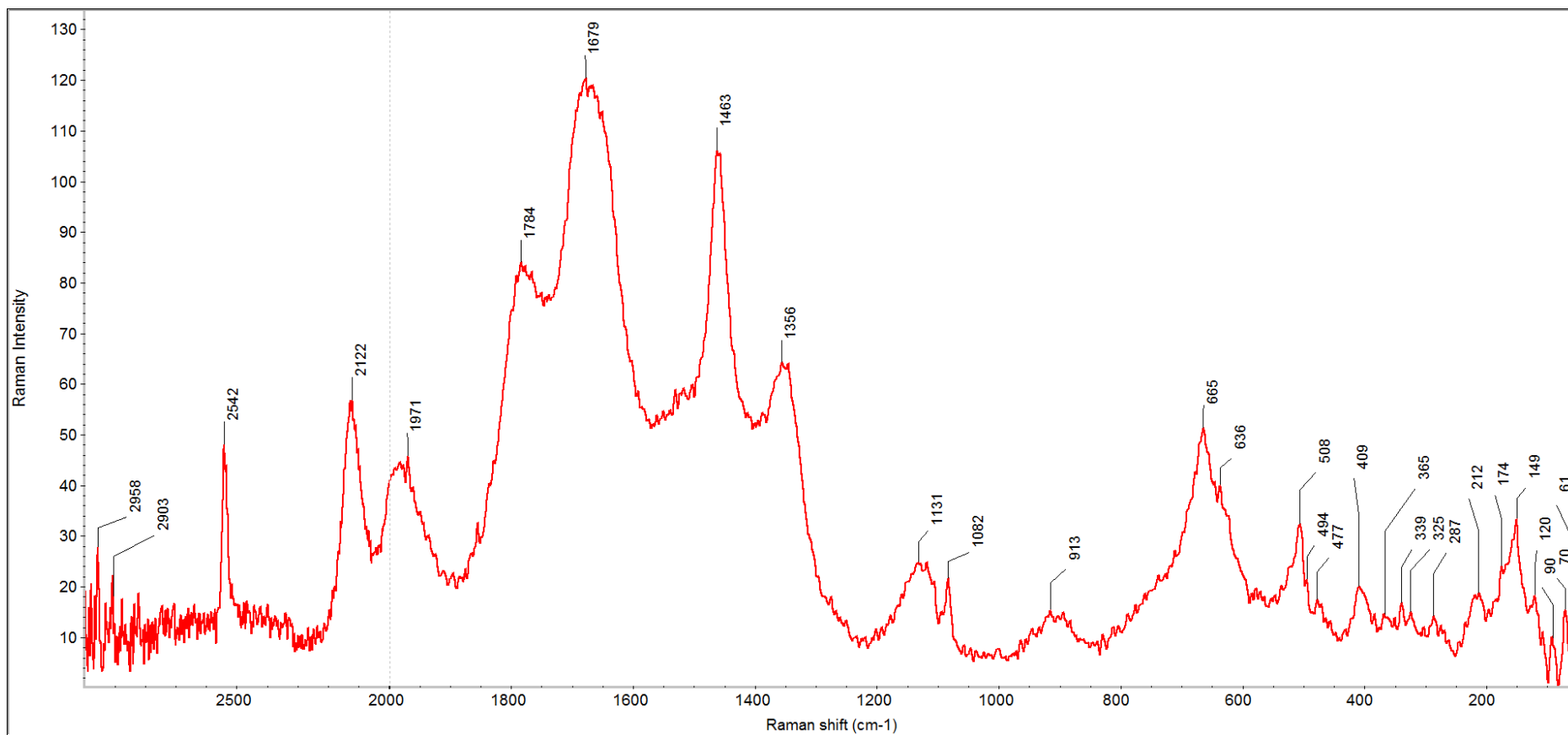
**FT-IR:** serpentín - chryzotil (3688, 3648, 3443, 1080, 957, 612, 563, 443), antigorit (957, 612, 442); chlorit (3563, 988); magnetit (563)?



16951/26	Šebřov – Šelmberský mlýn	serpentinit	<b>RS:</b> serpentín - chryzotil (1106, 686, 618, 464, 383, 228), antigorit (1056, 686, 460, 442, 228); stopy karbonátu (1079); magnetit (654)?
----------	--------------------------	-------------	---



16943/40	Špičák u Deštného v Orlických horách	gabro	<b>FT-IR:</b> živec - plagioklas - labradorit (1143, 1090, 1035, 991, 946, 783, 752, 582, 535); amfibol (946, 689, 461) - konkrétní typ nelze jednoznačně určit z důvodu překryvu s pásy živců; stopy karbonátu (1422)
----------	--------------------------------------	-------	--



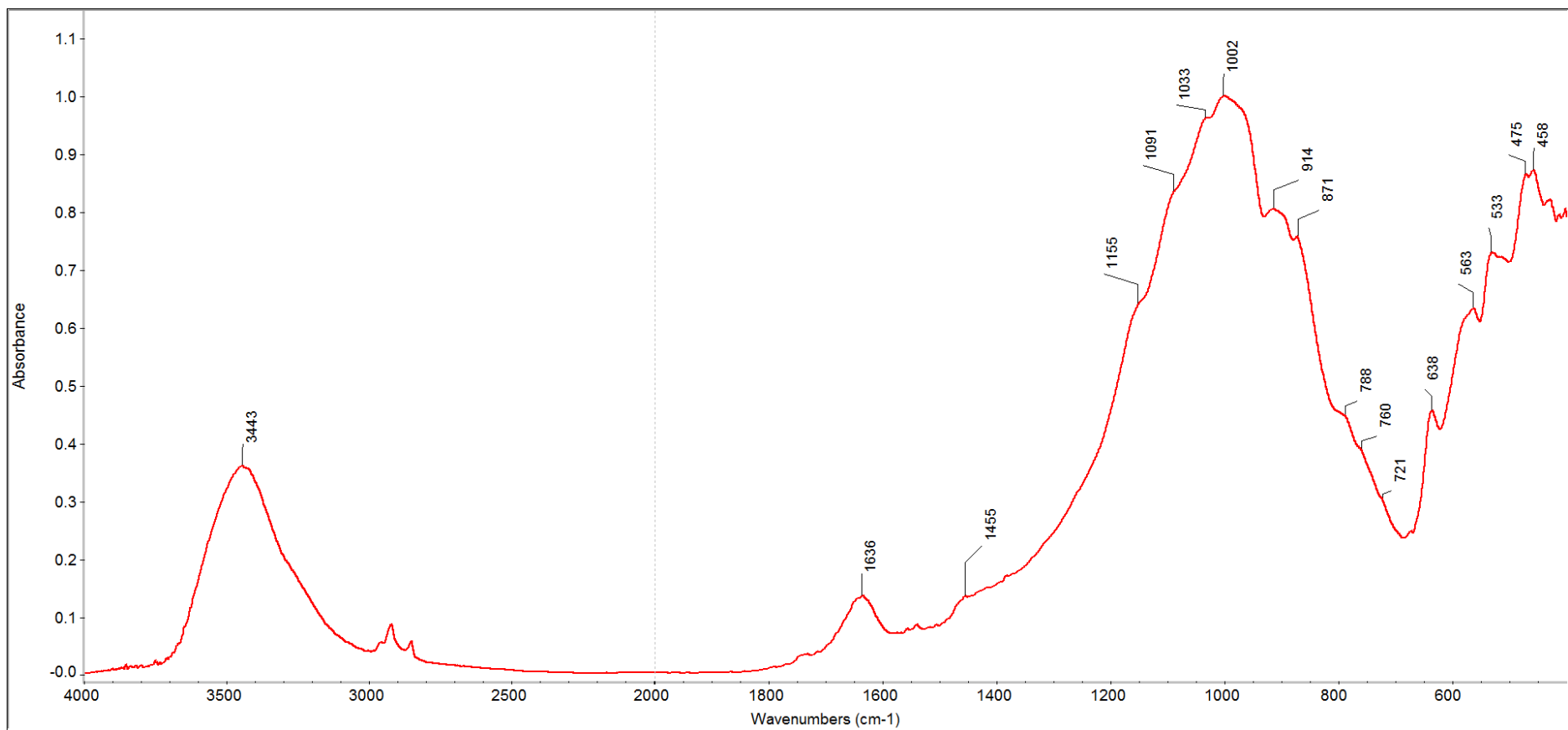
16943/40

Špičák u Deštného v Orlických horách

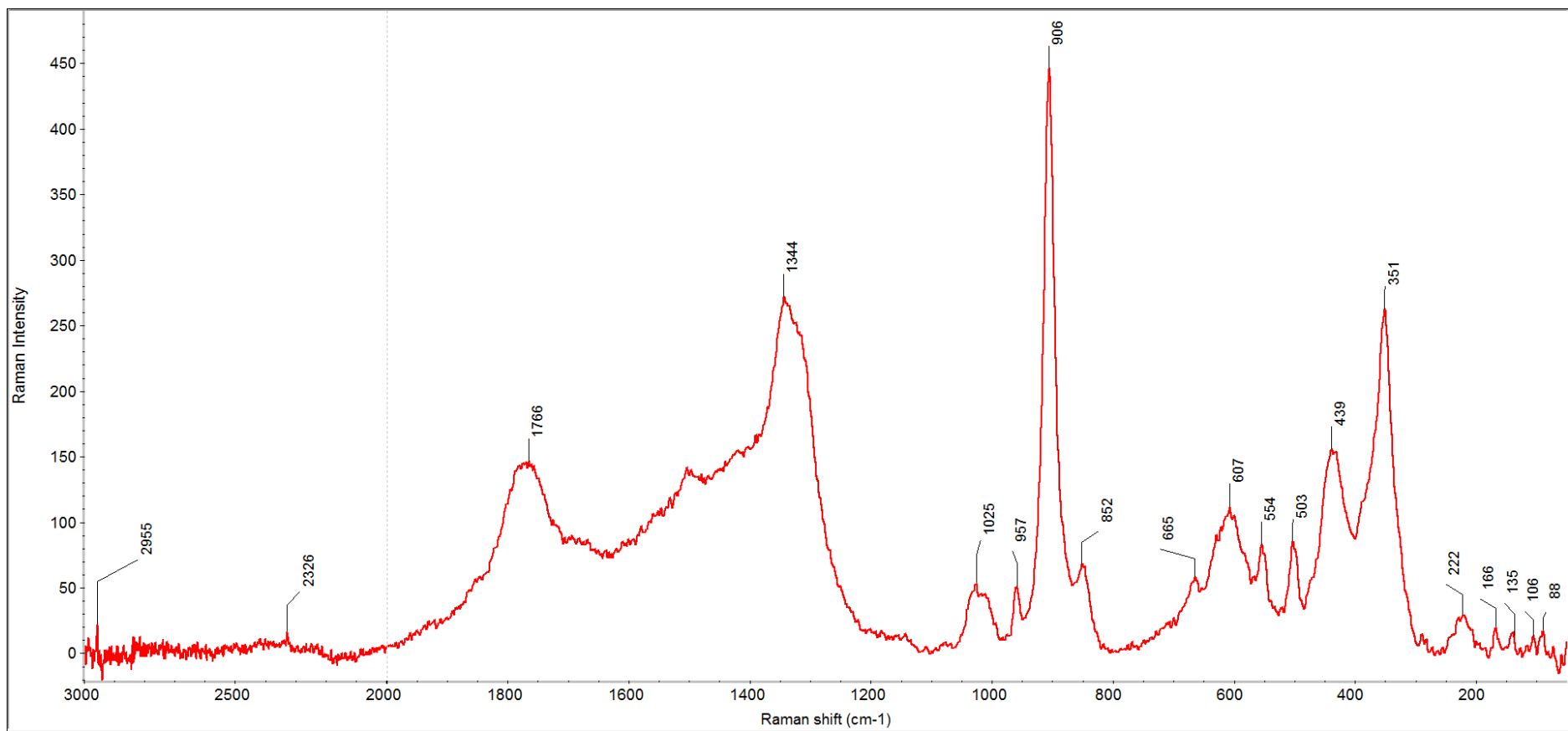
gabro

**RS:** živec - plagioklas - labradorit (508, 477, 409, 339, 287, 174);  
 amfibol - blízky aktinolit (665, 365, 212);  
 stopy karbonátu (1082);  
 pyrit (339)?





17027/55	Borek u Vilémova	eklogit	<b>FT-IR:</b> granát - určitá shoda s almandinem (914, 871, 563, 475, 458); živec - plagioklas (1155, 1091, 1033, 788, 760, 721, 638, 533); přítomnost pyroxenu by mohly naznačovat pásy (914, 871, 458)
----------	------------------	---------	--

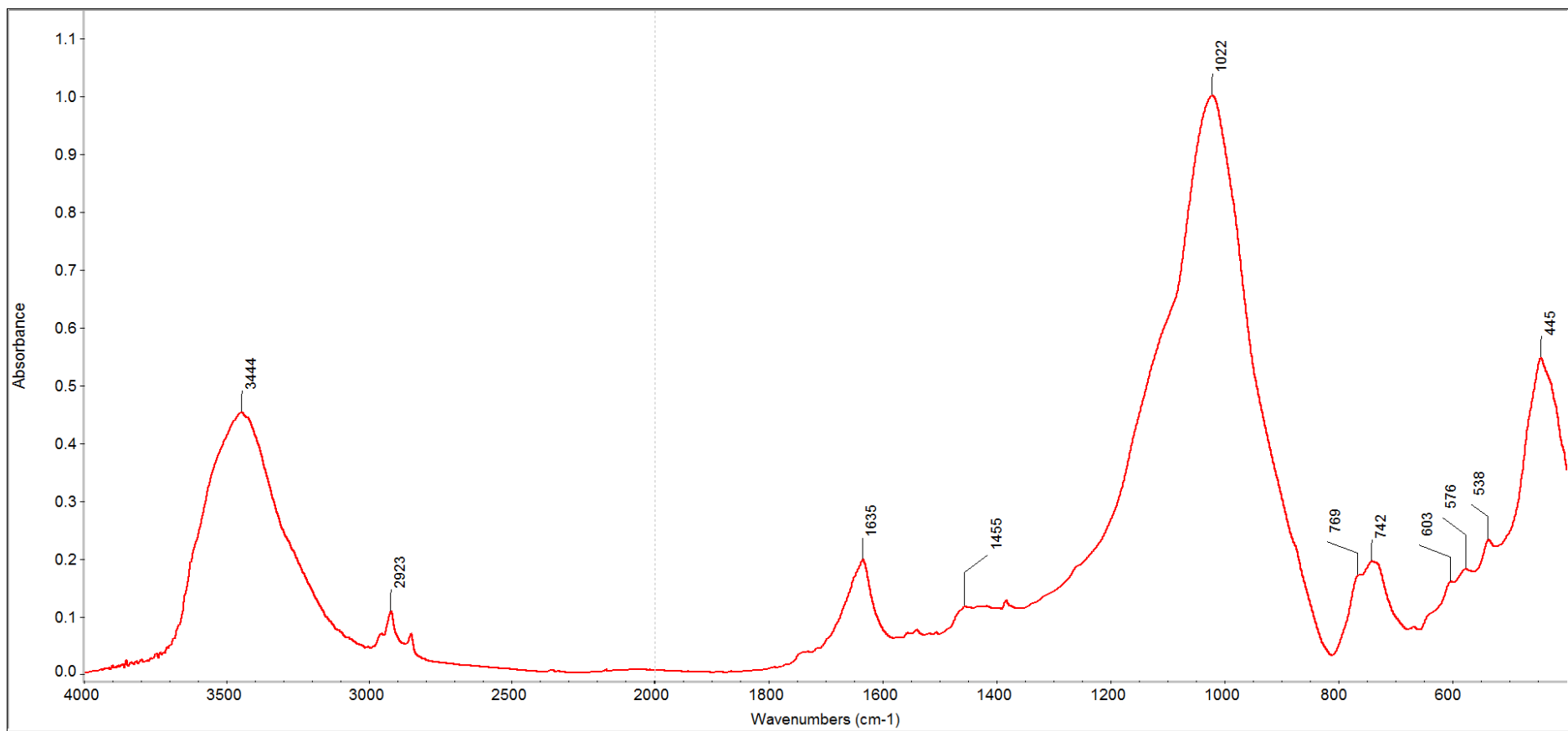


17027/55

Borek u Vilémova

eklogit

RS: granát (1025, 906, 852, 665, 554, 503, 351, 166) - strukturně blízký almandinu; živec (503)?; rutil (607, 439)?

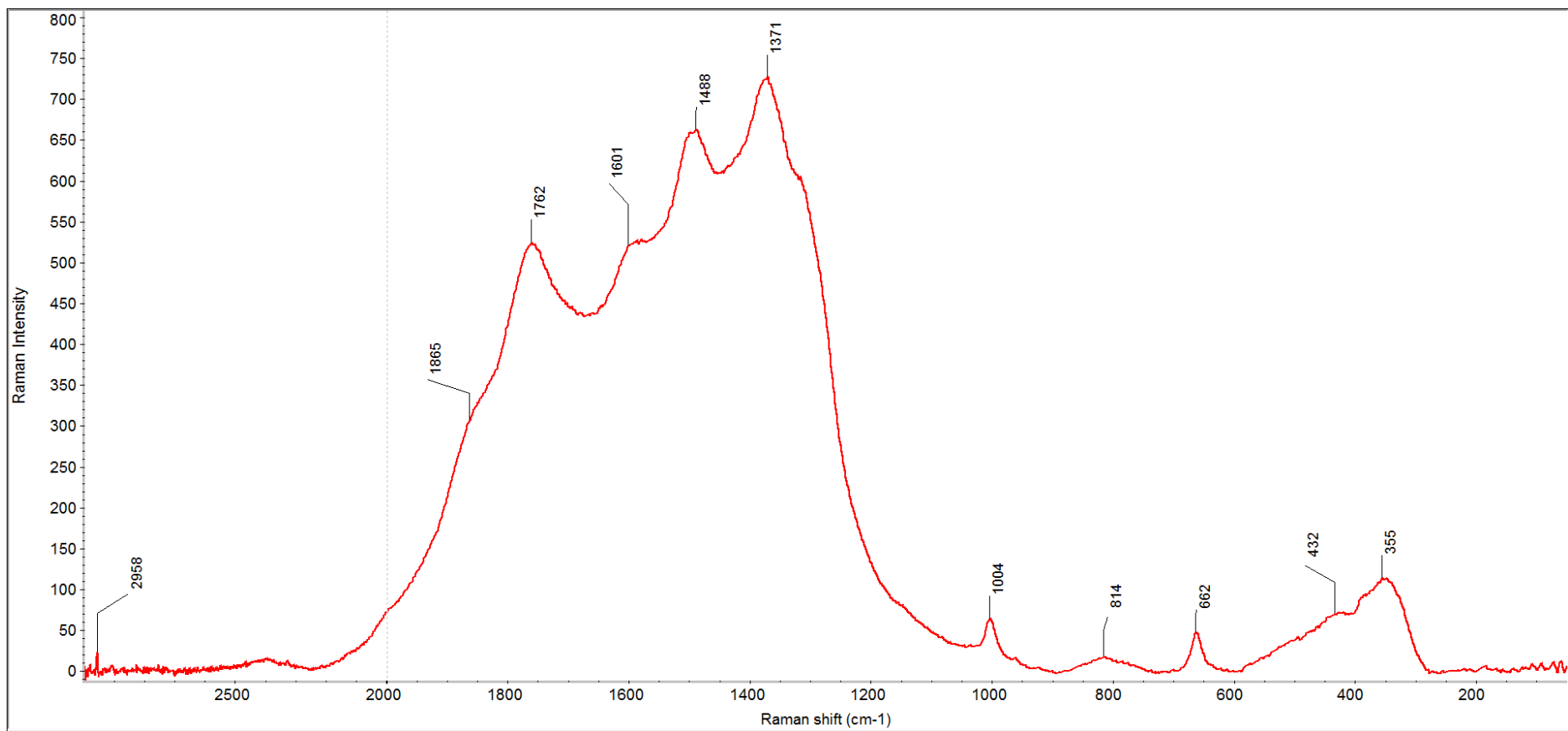


16859/87

Řepiště - Vinohrady

těšinit

**FT-IR:** analcim (1022,769,742,603,445); živec (603, 576, 538); přítomnost pyroxenu by mohly naznačovat drobné pásy (688, 644)

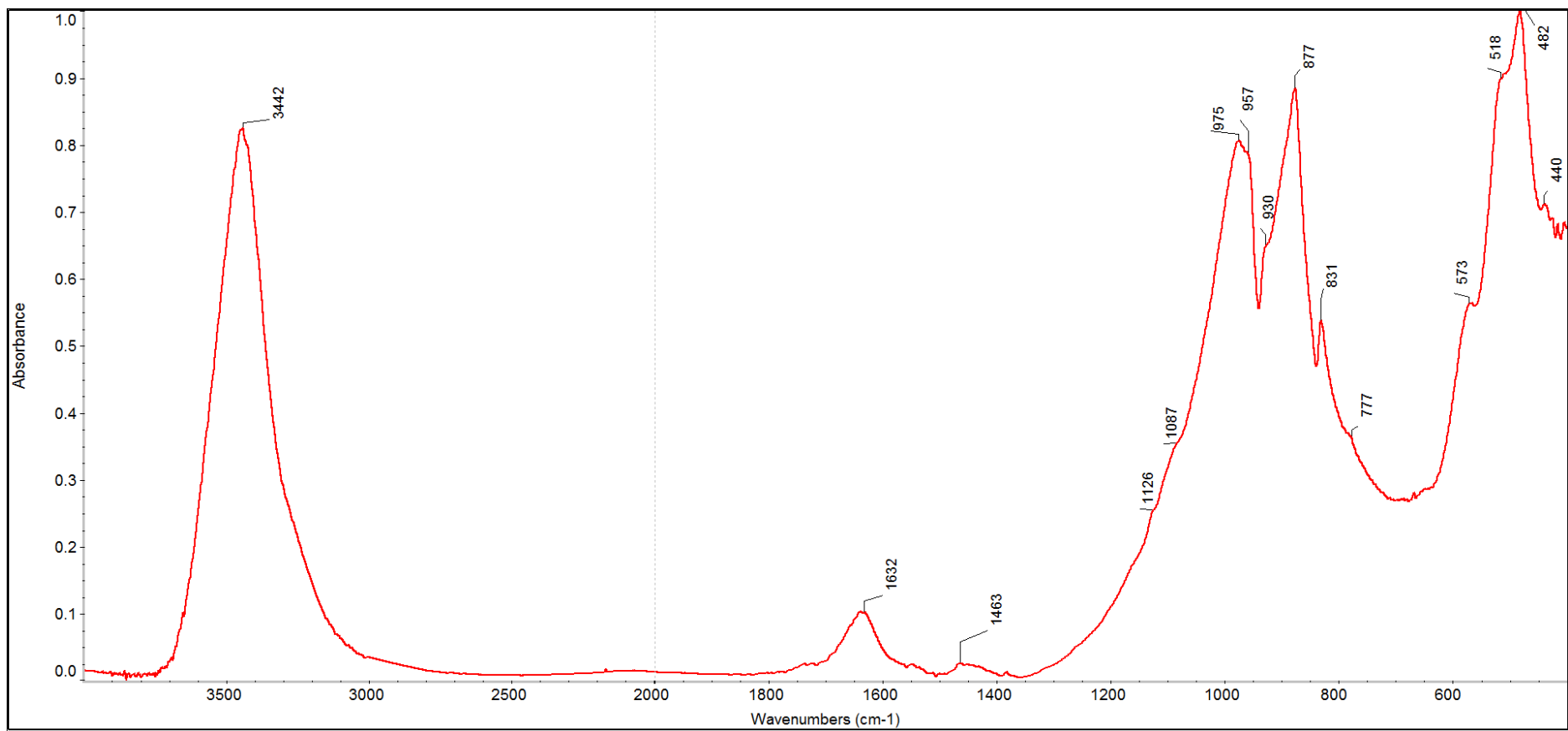


16859/87

Řepiště - Vinohrady

těšinit

**RS:** Spektrum vykazuje poměrně silnou fluorescenci komplikující jeho interpretaci!  
pyroxen (1004, 662, 355)

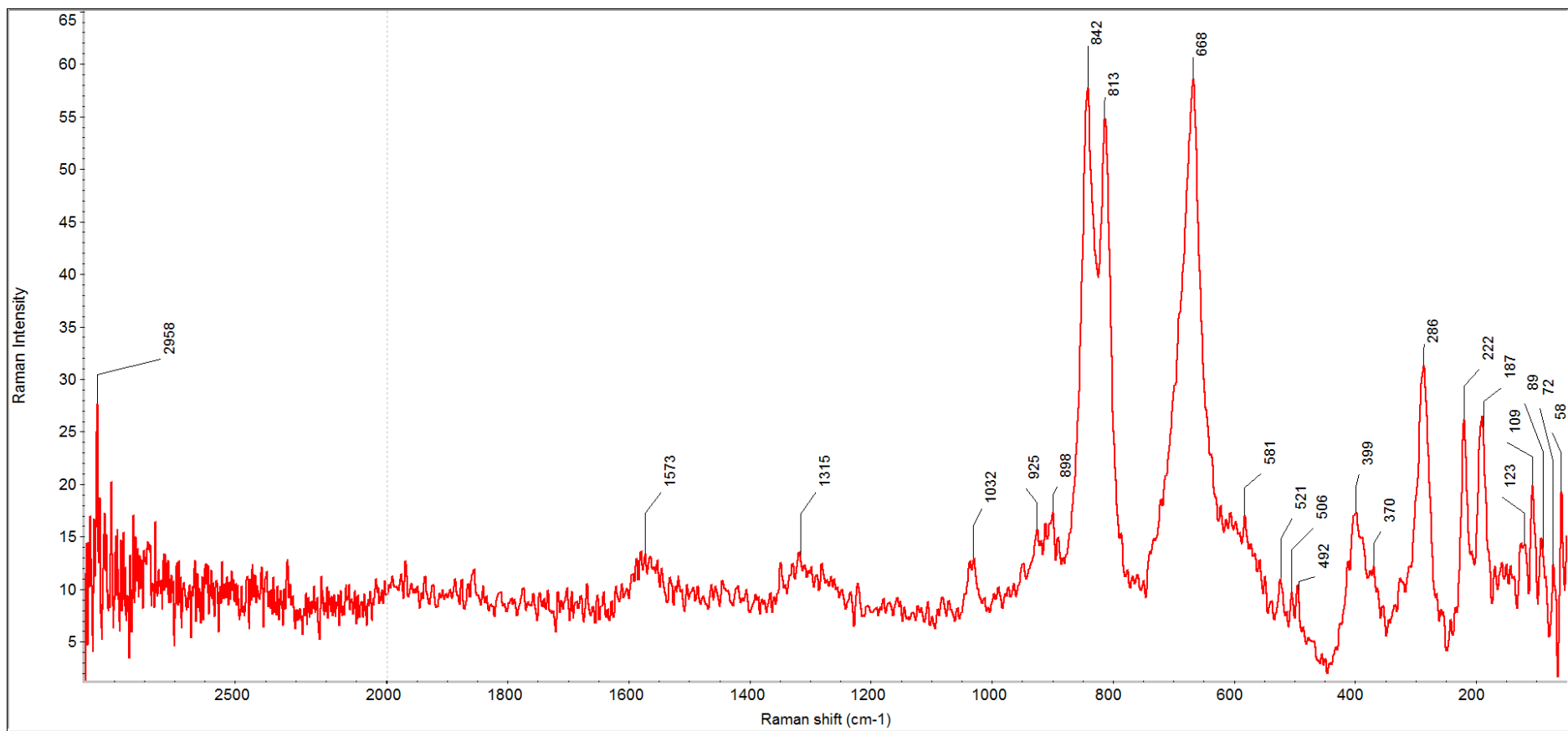


17068/91

Orlovice – U sv. Josefa

peridotit

FT-IR: Fe-olivín (975, 957, 877, 831, 518); magnetit (573)?

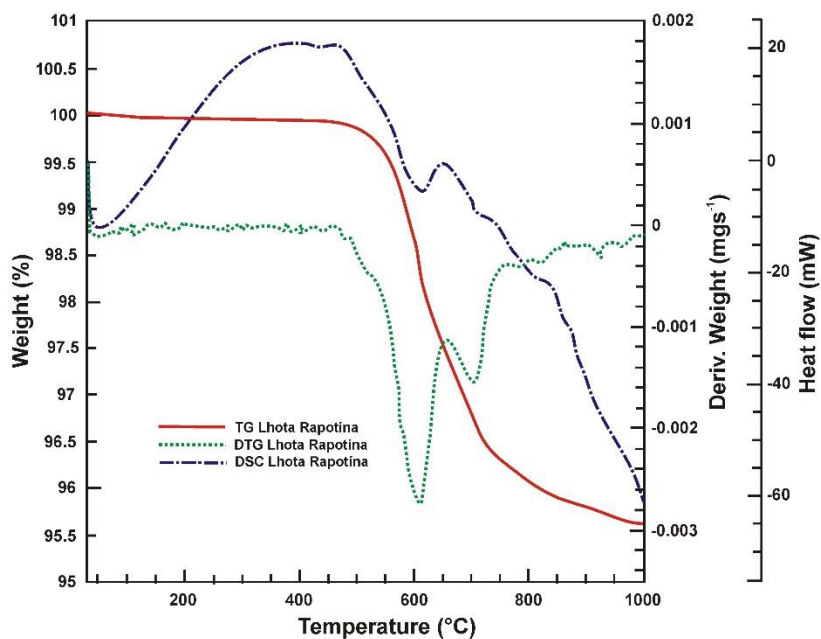


17068/91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	RS: olivín (842, 813); amfibol (668, 521, 390, 367, 222); hematit (286, 222)
----------	-------------------------	-----------	--

## **PŘÍLOHA Č. 3**

Termická analýza vybraných 14 základních typů odebraných hornin provedená pomocí termogravimetrie a diferenční skenovací kalorimetrie

Pozn.: Z důvodu nesouhlasu těžebních společností s publikováním dat z lomů Želešice, Litice, Chrtníky a Tachov jsou v Příloze č. 3 uvedeny termální záznamy pouze 10 hodnocených hornin (viz Tab. 7 v textové části zprávy).

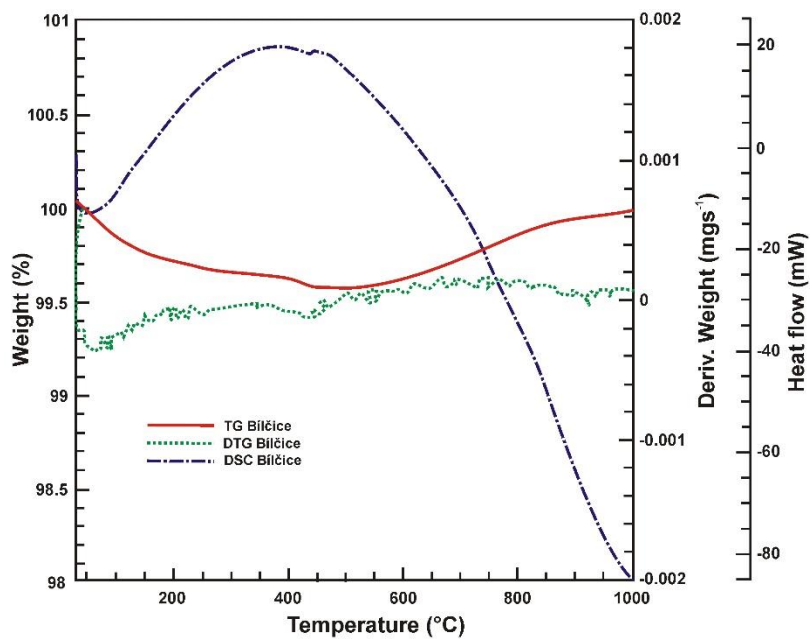


**16893/21**

**Lhota Rapotina**

**Dioritový porfyrít**

	Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1	610	480-650	2.53
2	702	650-850	1.22



**16874/22**

**Bílčice**

**Bazalt/bazanit**

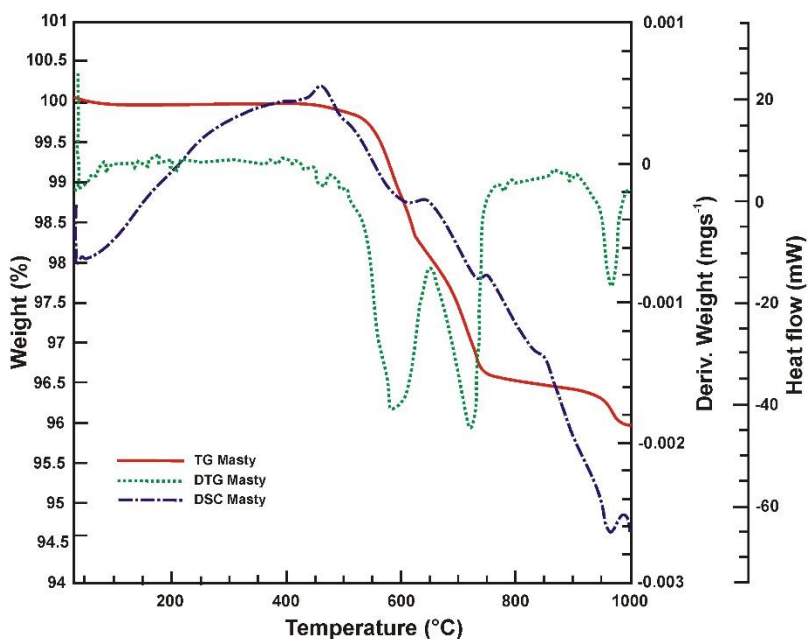
	Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1		350-458	0.1
		Ztráta skupin (OH)	
2		480-900	+0.38
		Oxidace, neukončené reakce	



16942/23

Masty

Zelená břidlice

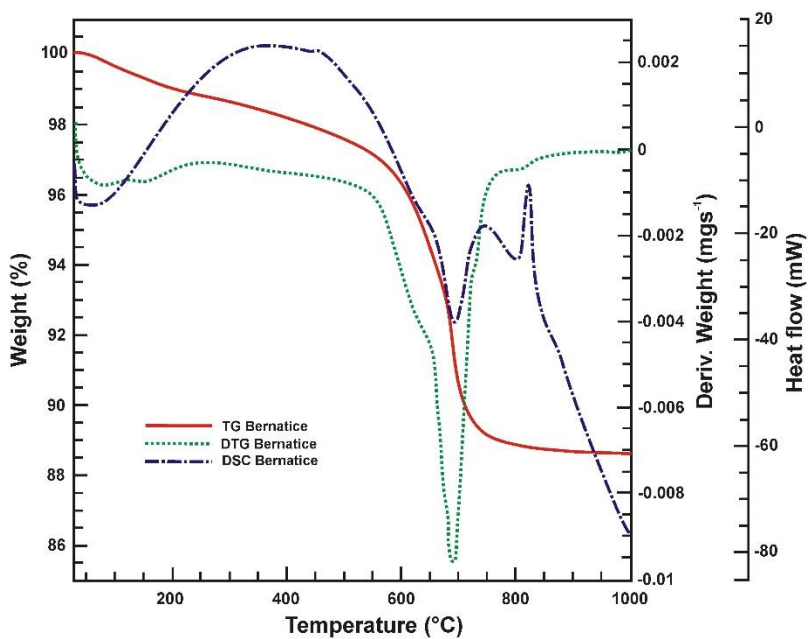


	Pik [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1	585	450-680	1.83
2	717	680-745	1.49
3	962	930-985	0.39

17029/24

Bernatice

Serpentinit

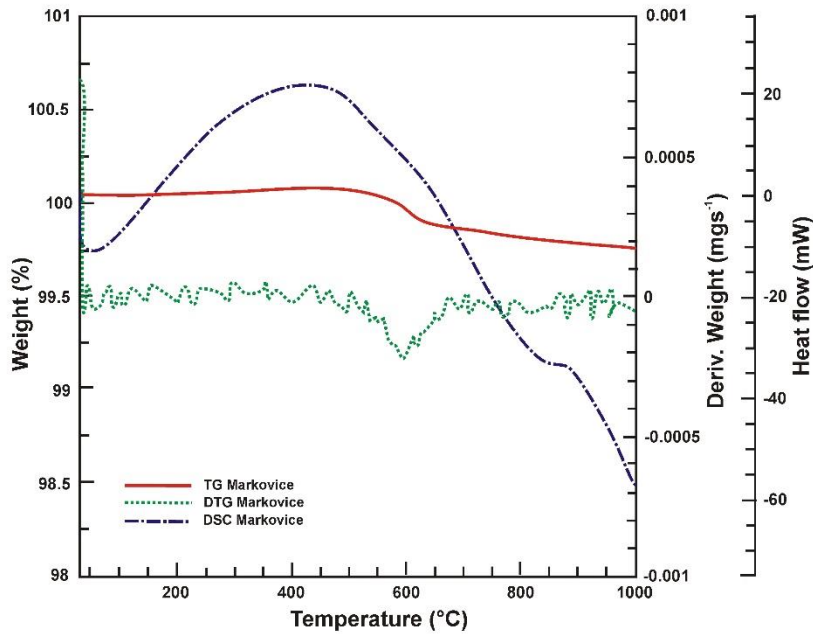


	Pik [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1	110		1.0
Vlhkost			
2	690	550-750	8.3
Ztráta skupiny (OH)			

17026/25

Markovice

Amfibolit



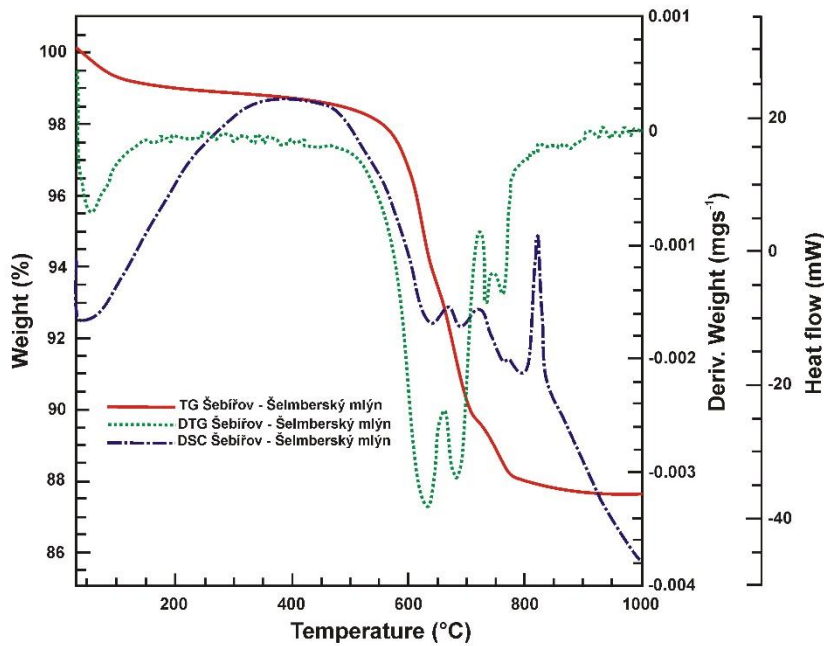
Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
590	525-670	0.12

16951/26

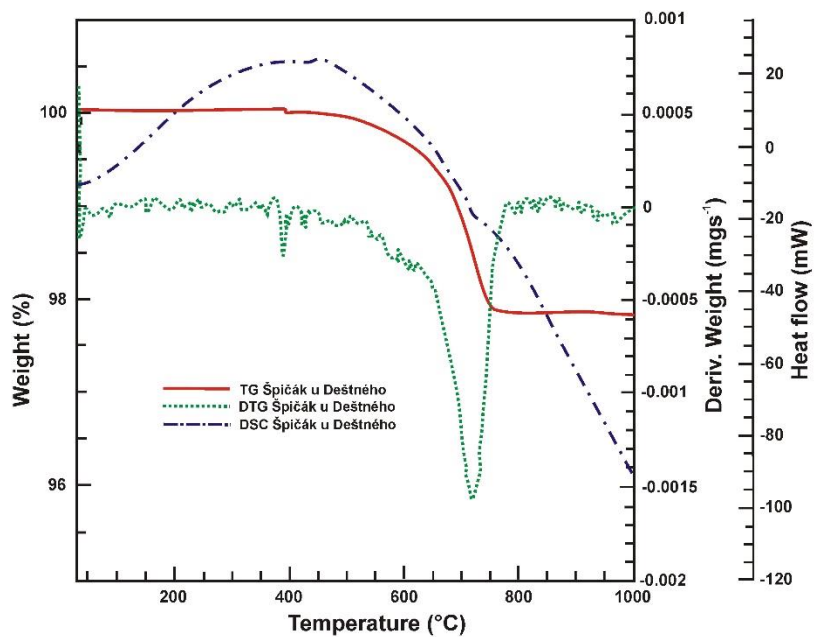
Šebřov

Šelmberský mlýn

Serpentinit



	Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1	630	530-660	5.55
2	688	660-915	3.25
3	730	720-745	0.79
4	760	745-782	0.80

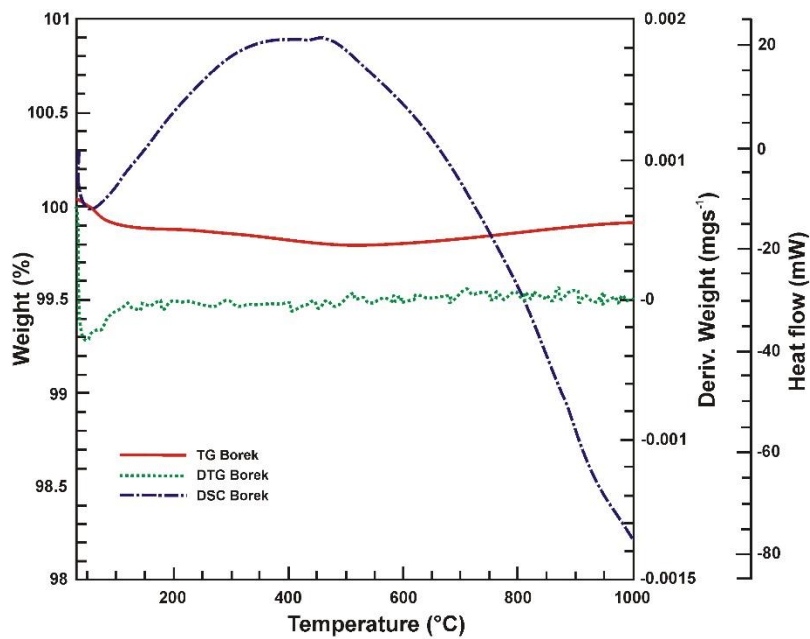


16943/40

Špičák u Deštného  
v Orlických horách

Gabro

	Pik [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1	-	420-610	0.40
2	720	630-760	1.65

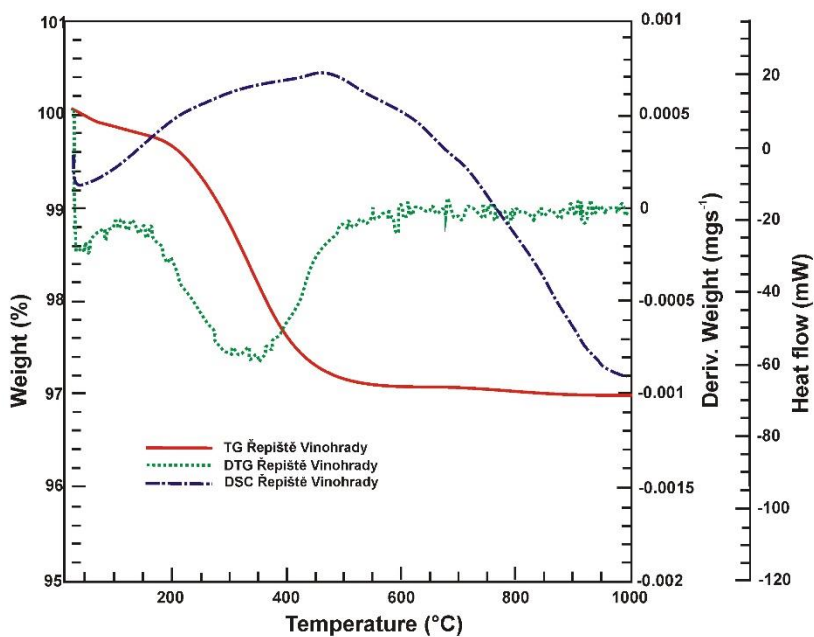


17027/55

Borek u Vilémova

Eklogit

	Pik [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
1		200-440	0.06
2		500-1000	+0.12
Oxidace, neukončená reakce			

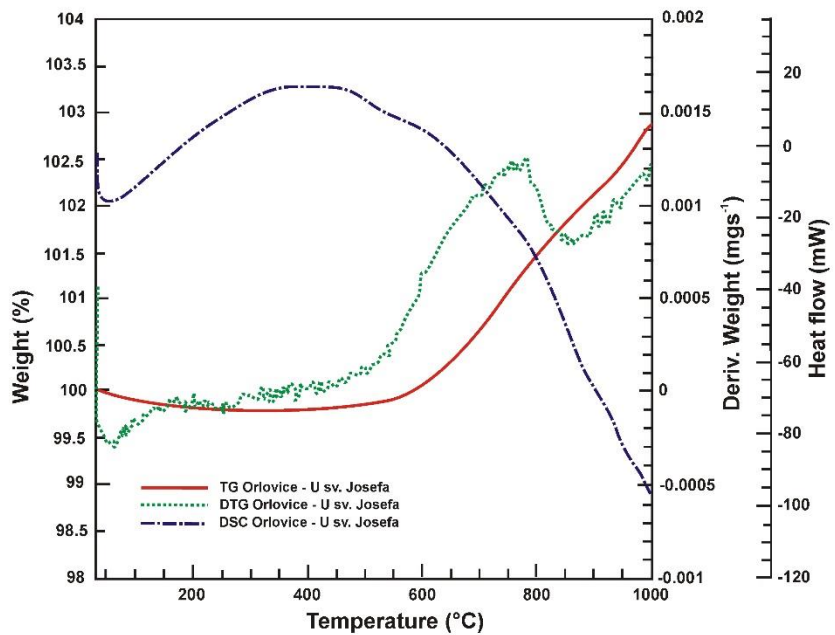


16859/87

Řepišťe - Vinohrady

Těšínit

Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
300-350	160-500	2.18
Únik zeolitové vody		



17068/91

Orlovice - U sv. Josefa

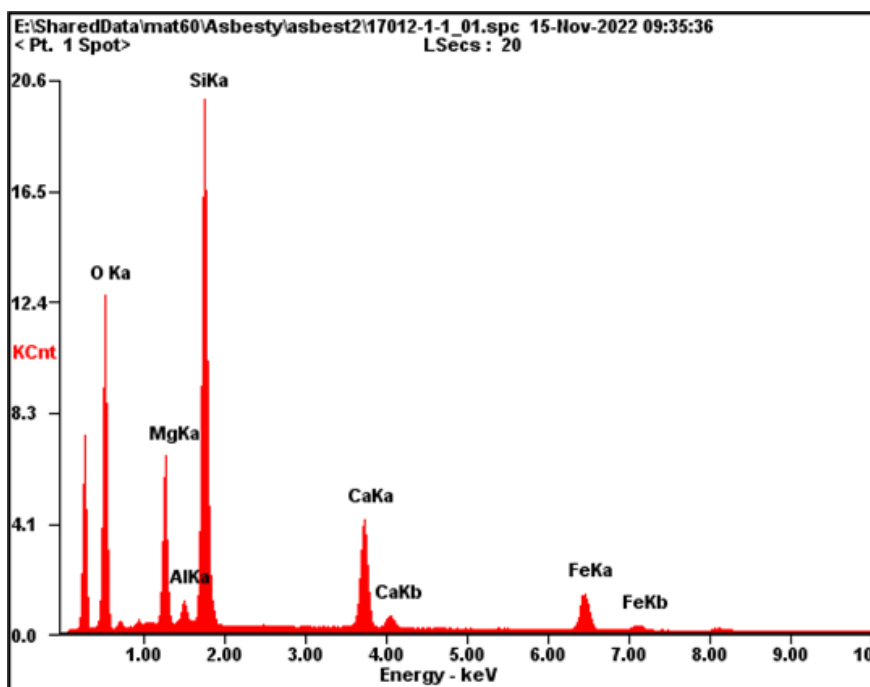
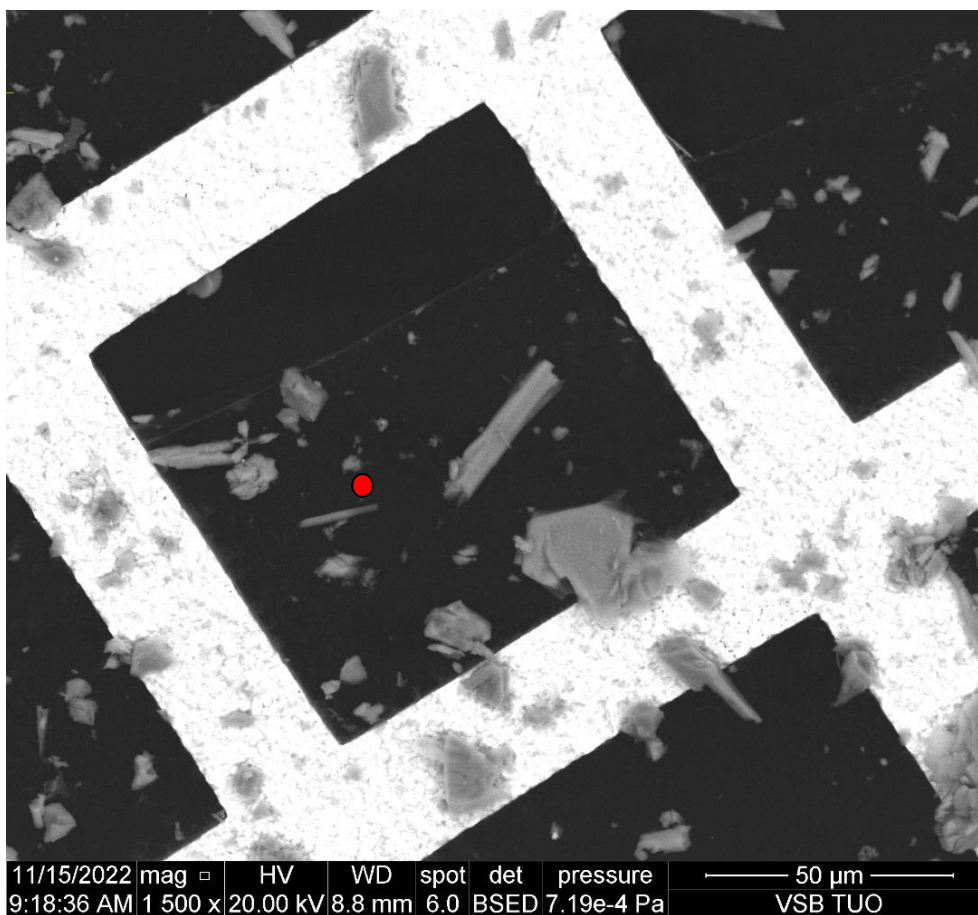
Peridotit

Pík [°C]	Rozsah [°C]	Ztráta hmotnosti [%]
~780	350-1000	+3.00
Oxidace, vzrůst hmotnosti, neukončená reakce		

## **PŘÍLOHA Č. 4**

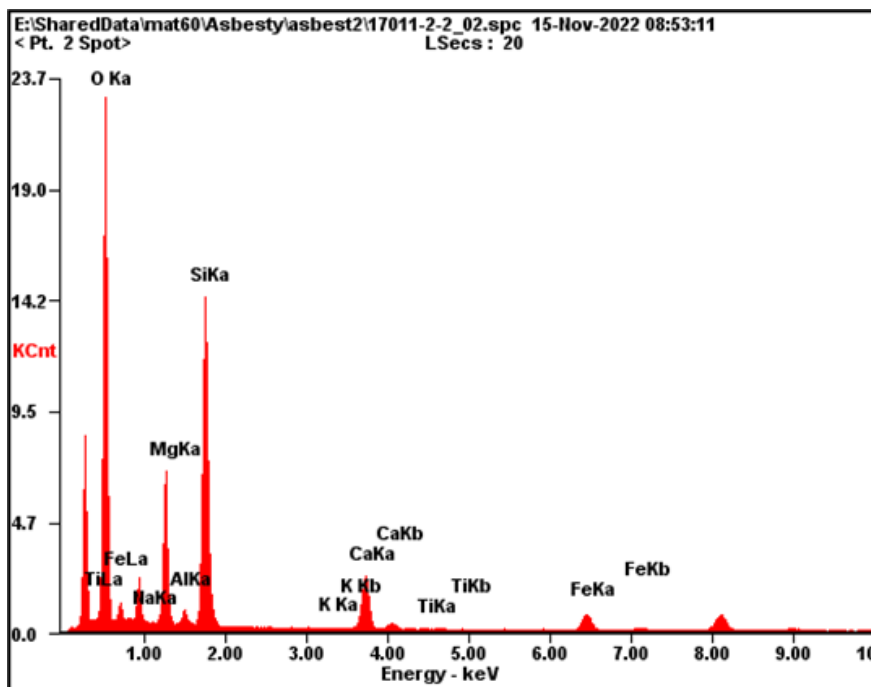
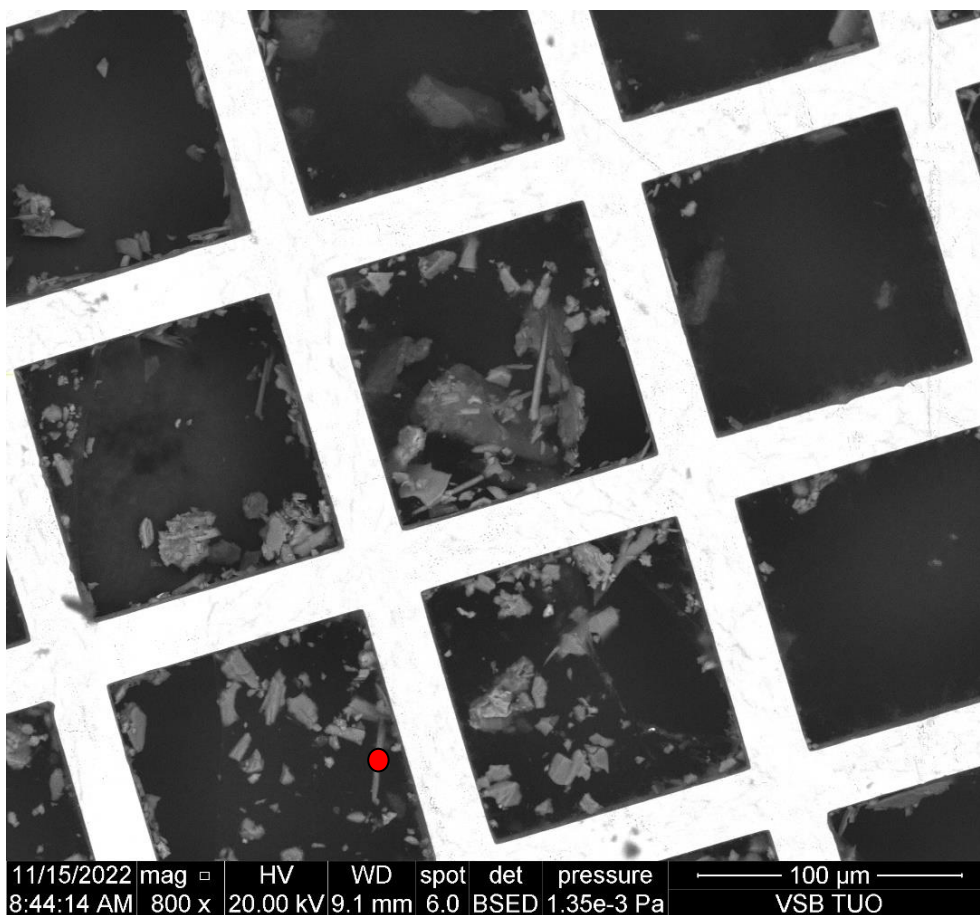
Stanovení přítomnosti azbestových vláken u vybraných 55 vzorků hornin  
provedené pomocí skenovací elektronové mikroskopie

Pozn.: Z důvodu nesouhlasu těžebních společností s publikováním dat z lomů Želešice, Litice, Chrtníky a Tachov jsou v Příloze č. 4 uvedeny výsledky stanovení pouze 47 hodnocených vzorků (viz Tab. 8 v textové části zprávy).



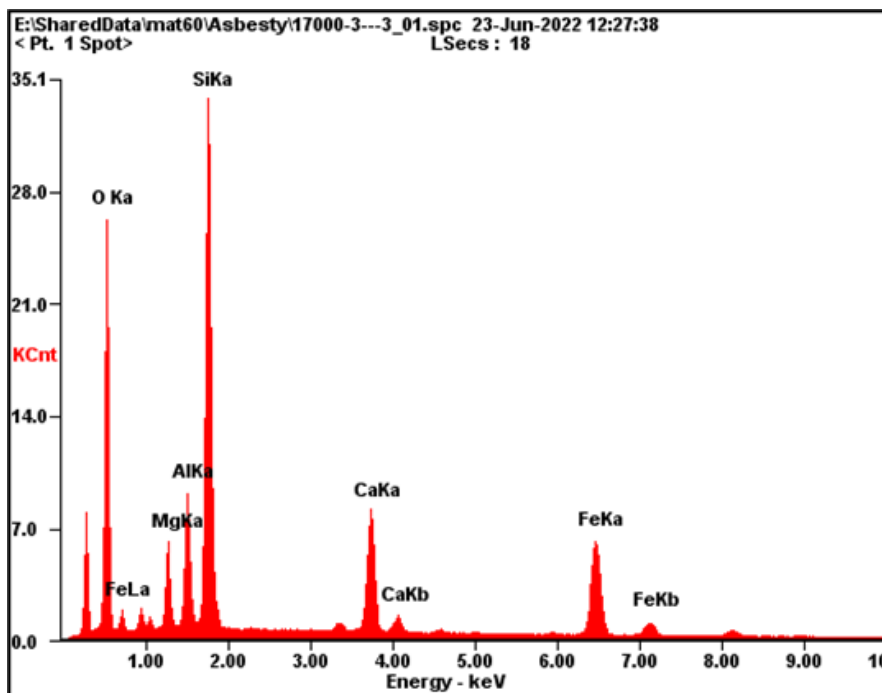
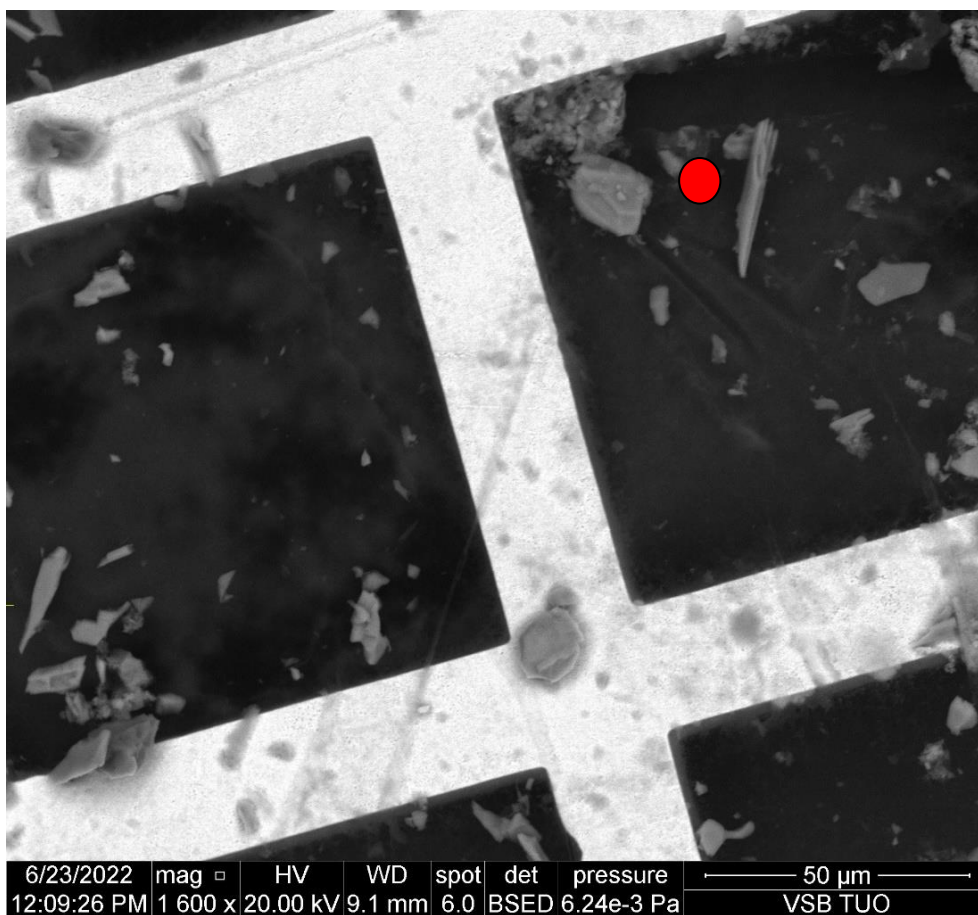
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	37.84	54.09
<i>MgK</i>	10.42	09.80
<i>AlK</i>	01.57	01.33
<i>SiK</i>	31.12	25.34
<i>CaK</i>	10.17	05.80
<i>FeK</i>	08.88	03.64
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17012/1	Plasy – hráz VN Plasy	spilit	<b>SEM: byl detekován aktinolitový azbest</b>
---------	-----------------------	--------	---



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	53.92	68.32
<i>NaK</i>	00.00	00.00
<i>MgK</i>	11.32	09.44
<i>AlK</i>	01.00	00.75
<i>SiK</i>	23.37	16.87
<i>CaK</i>	05.90	02.99
<i>TiK</i>	00.03	00.01
<i>FeK</i>	04.46	01.62
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

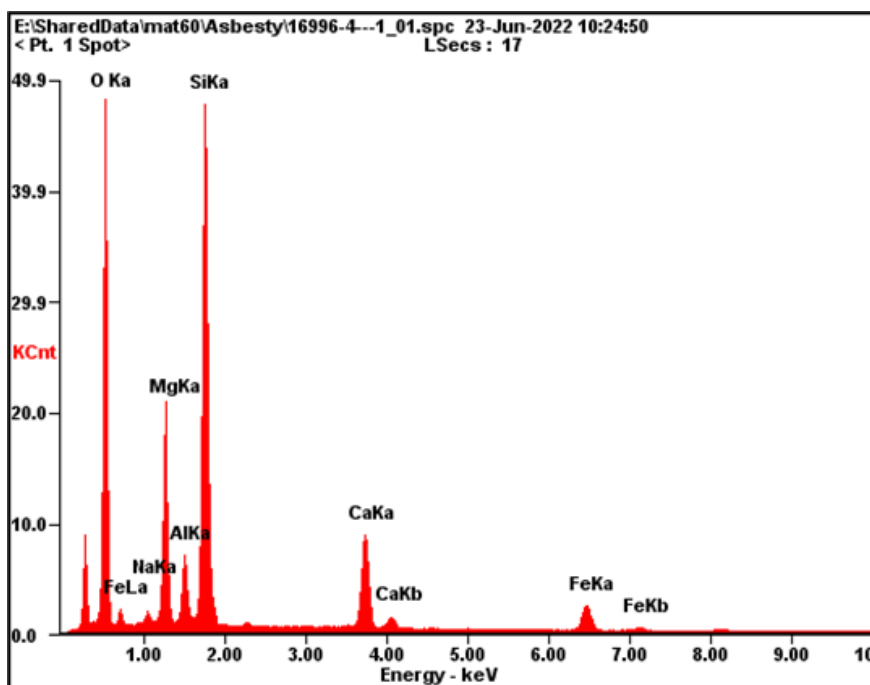
17011/2	Klenovice u Všerub	spilit	<b>SEM: byl detekován aktinolitový azbest</b>
---------	--------------------	--------	---



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	34.78	52.77
<i>MgK</i>	04.72	04.71
<i>AlK</i>	06.87	06.18
<i>SiK</i>	26.78	23.15
<i>CaK</i>	08.91	05.40
<i>FeK</i>	17.94	07.80
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

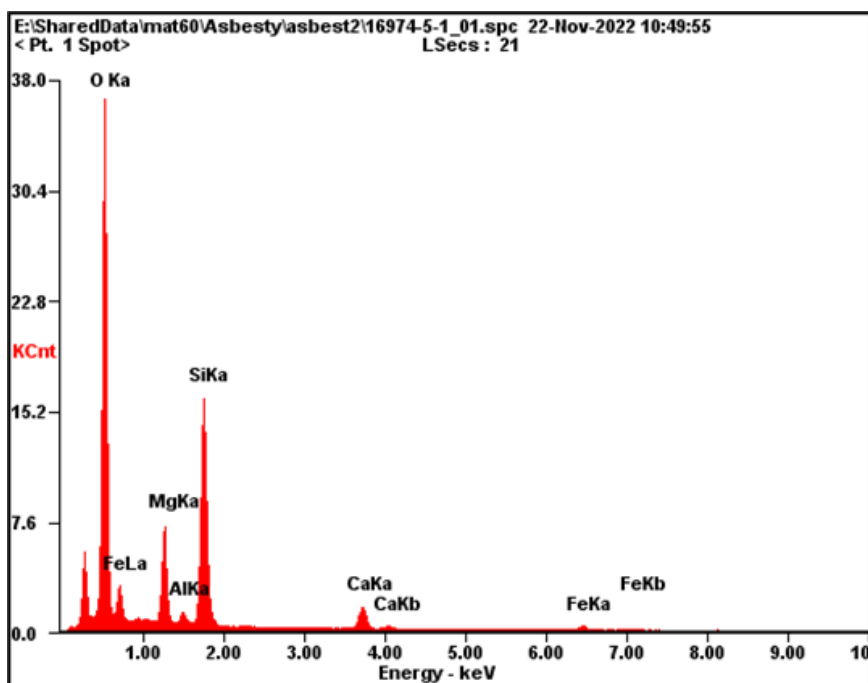
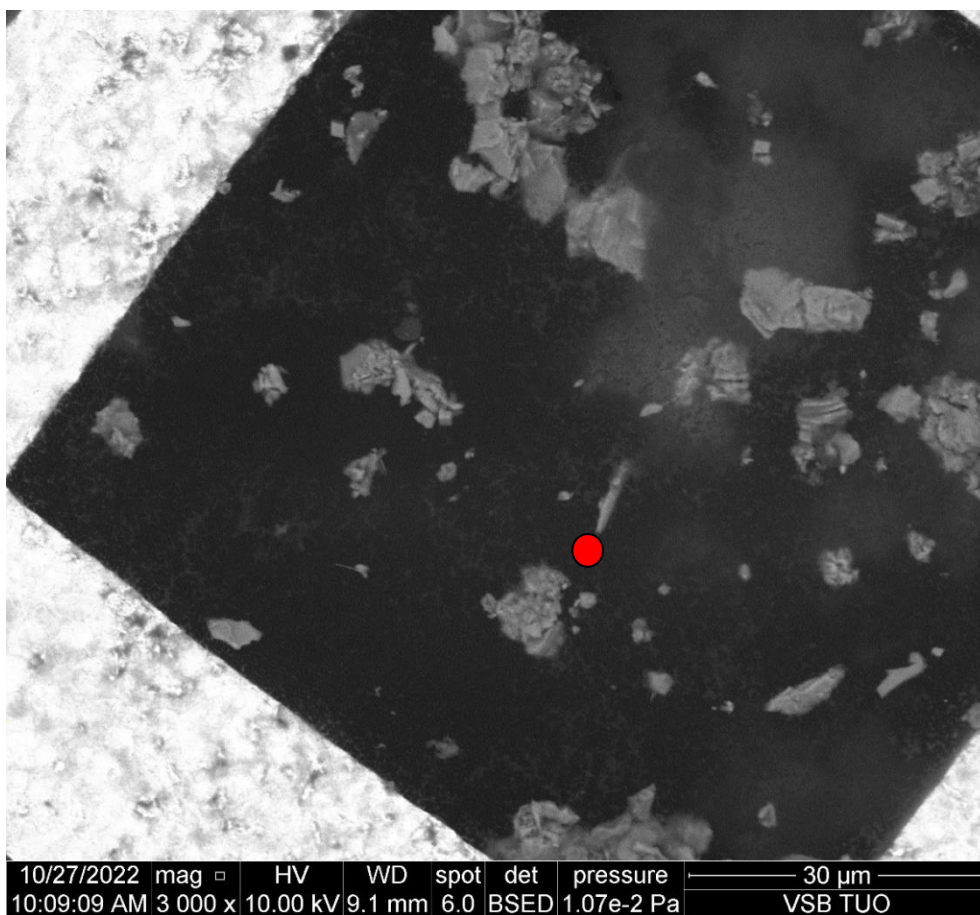
17000/3	Tisová	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	--------	-----------	--





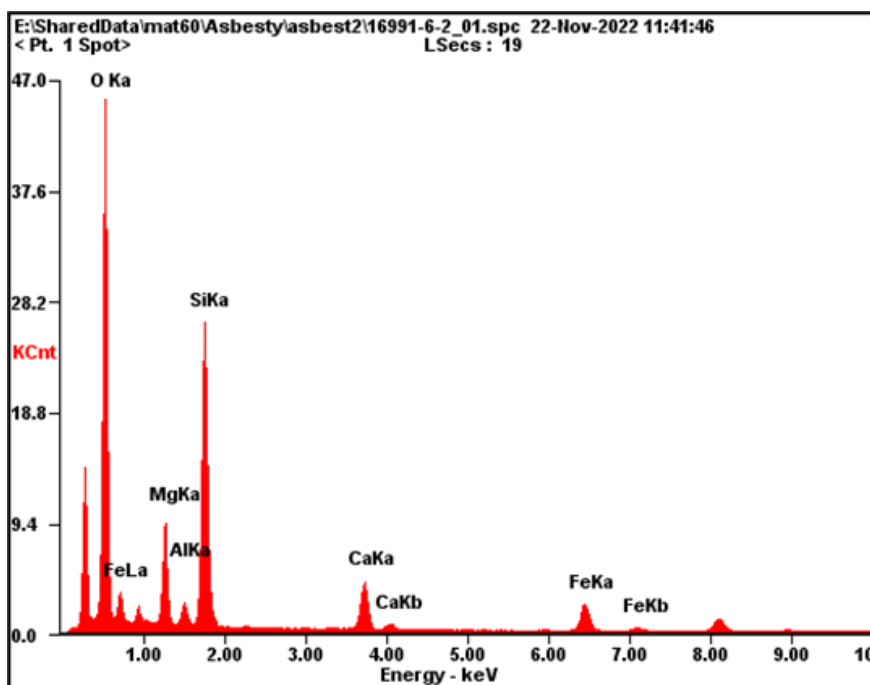
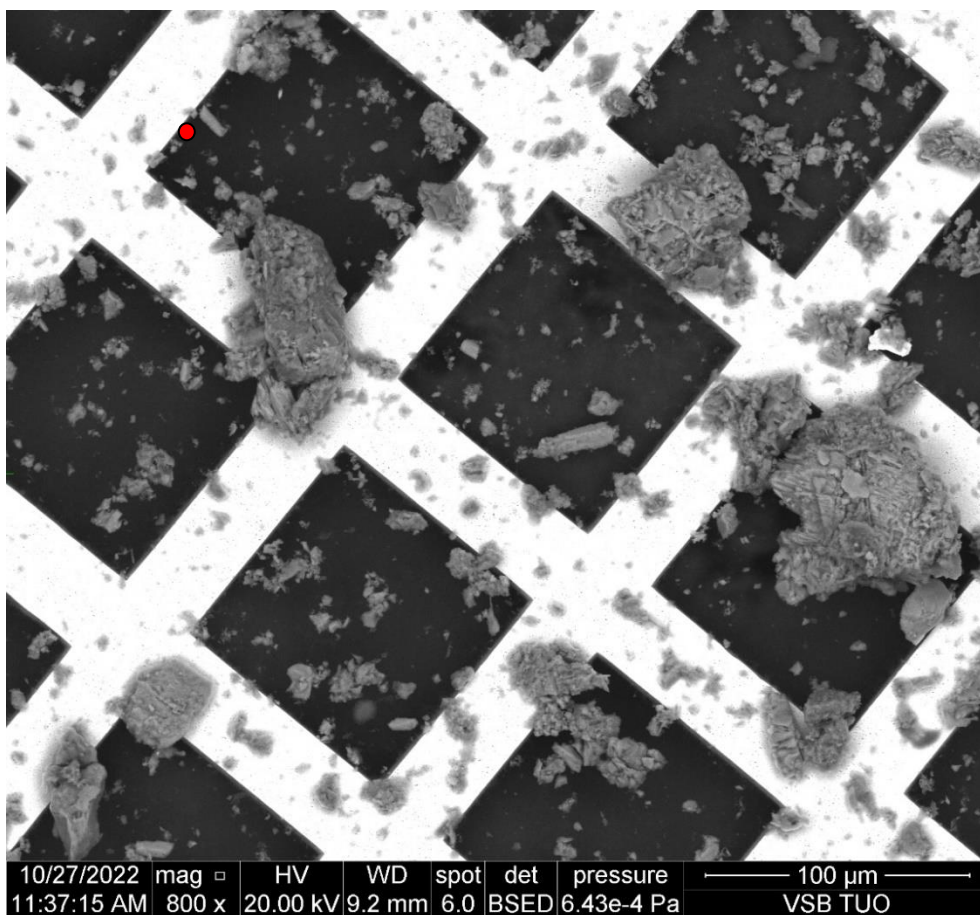
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	43.35	58.68
<i>NaK</i>	00.83	00.79
<i>MgK</i>	11.04	09.83
<i>AlK</i>	03.63	02.91
<i>SiK</i>	27.66	21.33
<i>CaK</i>	08.11	04.38
<i>FeK</i>	05.37	02.08
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16996/4	Trnčí	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	-------	--------	--



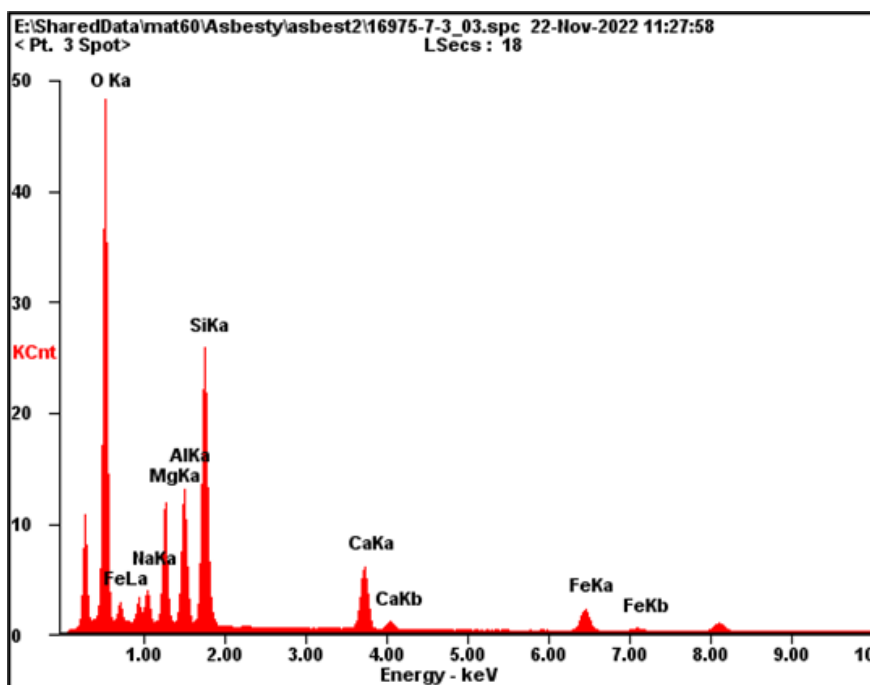
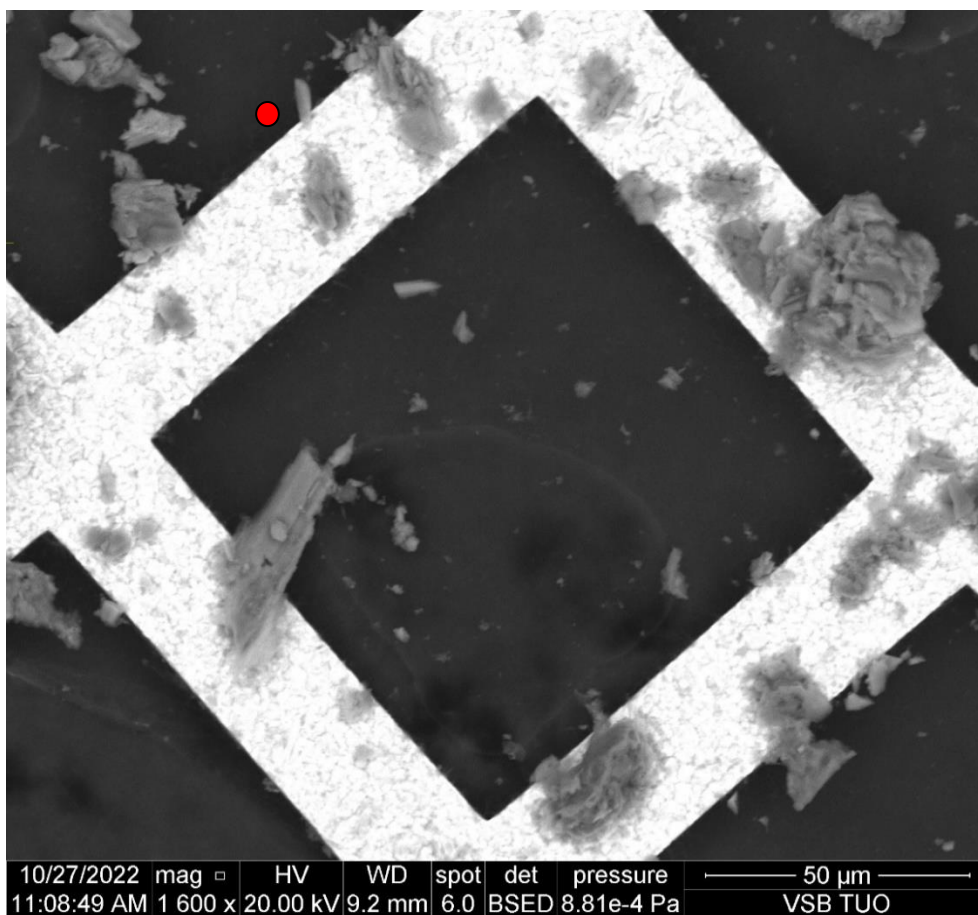
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	40.09	58.09
<i>FeL</i>	16.41	06.81
<i>MgK</i>	08.66	08.26
<i>AlK</i>	01.12	00.96
<i>SiK</i>	25.80	21.29
<i>CaK</i>	07.92	04.58
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16974/5	Dolní Bezděkov	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b> <i>pozn. detekován neazbestifoemní aktinolit</i>
---------	----------------	--------	--



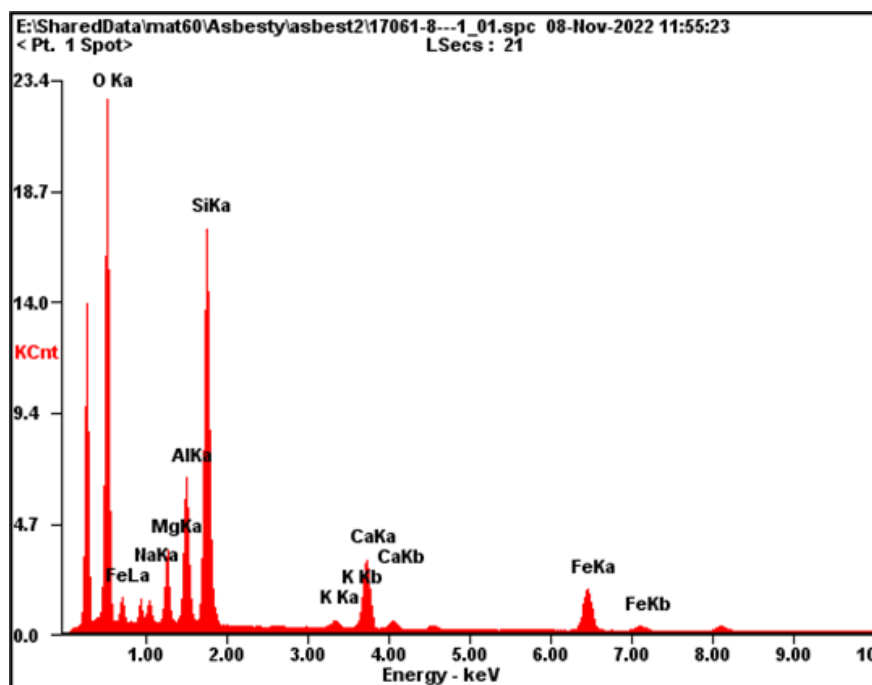
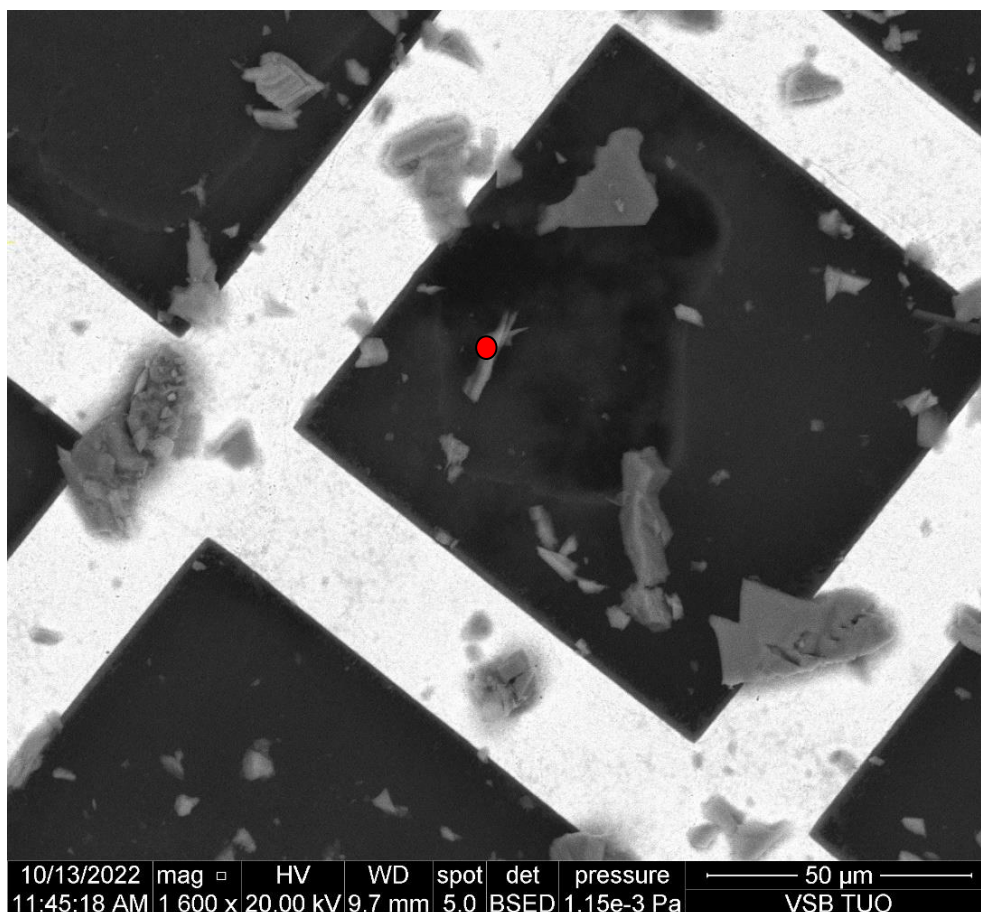
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	54.58	69.76
<i>MgK</i>	08.47	07.12
<i>AlK</i>	01.71	01.30
<i>SiK</i>	22.49	16.37
<i>CaK</i>	05.43	02.77
<i>FeK</i>	07.33	02.69
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16991/6	V Kokšíně	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	-----------	--------	--



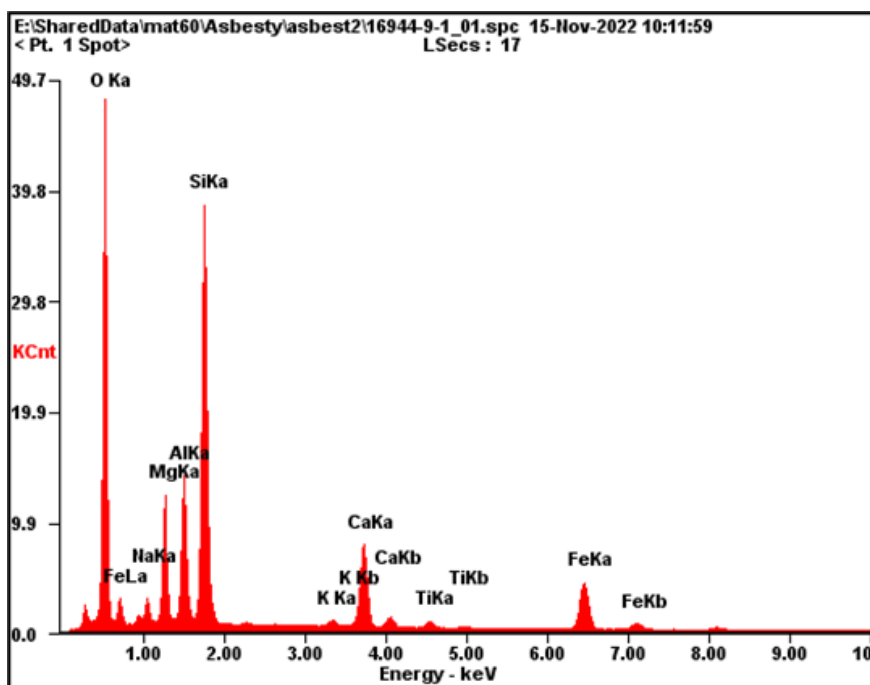
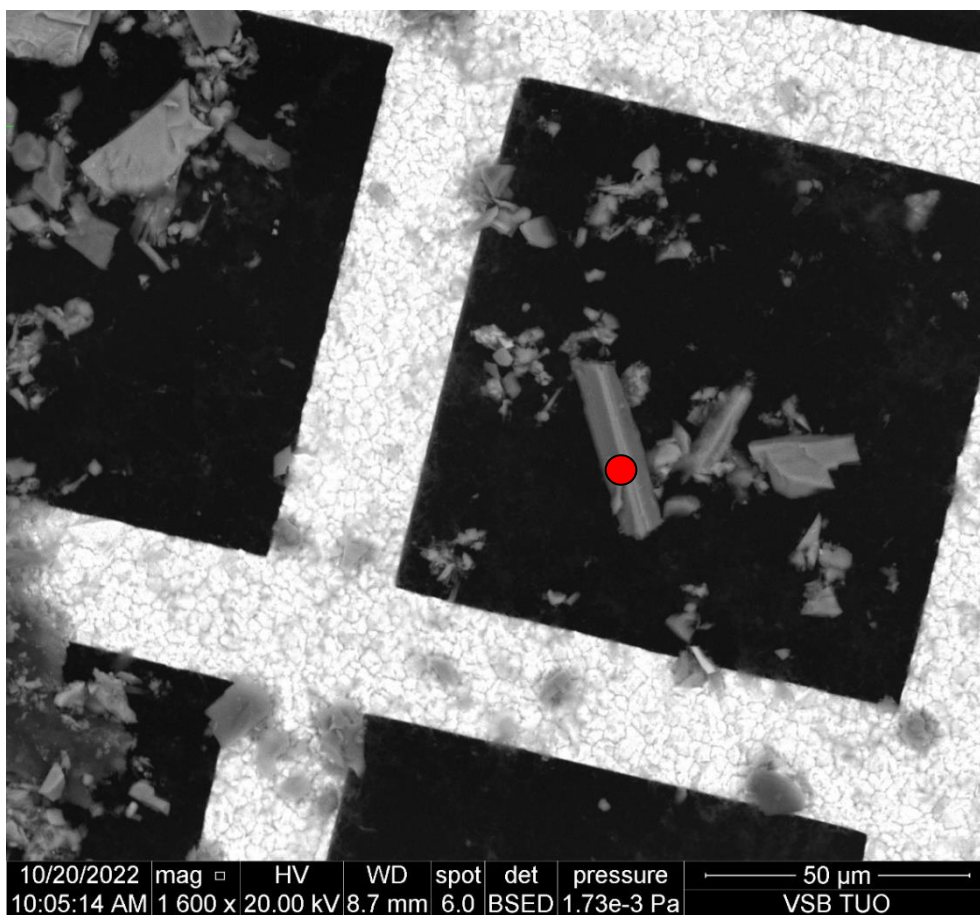
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.31	64.07
<i>NaK</i>	02.87	02.59
<i>MgK</i>	08.21	07.02
<i>AlK</i>	09.13	07.04
<i>SiK</i>	19.11	14.14
<i>CaK</i>	06.16	03.19
<i>FeK</i>	05.21	01.94
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16975/7	Špičák u Odolene Vody	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	-----------------------	--------	--



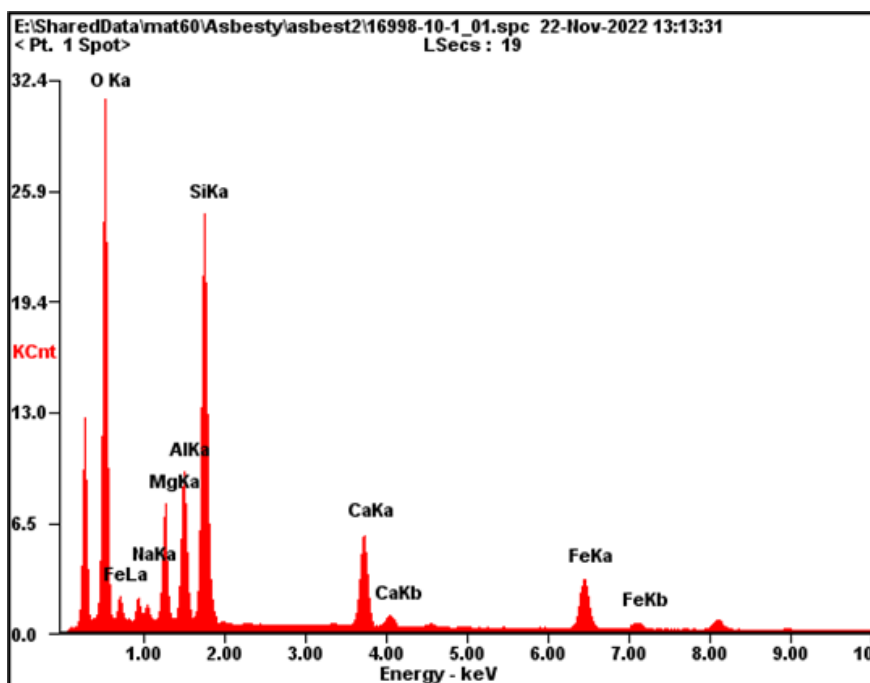
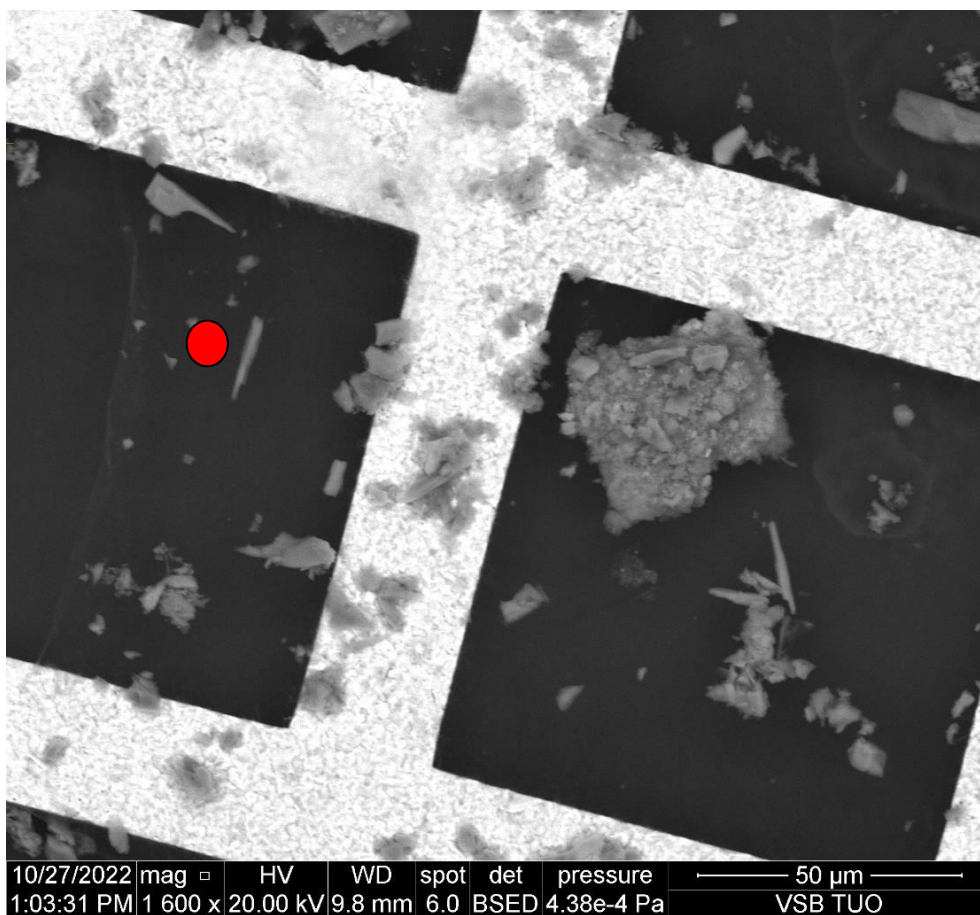
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	45.17	61.57
<i>NaK</i>	01.77	01.68
<i>MgK</i>	04.55	04.08
<i>AlK</i>	08.60	06.95
<i>SiK</i>	23.46	18.21
<i>KK</i>	00.67	00.37
<i>CaK</i>	06.34	03.45
<i>FeK</i>	09.45	03.69
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17061/8	Pikárec	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	---------	-----------	--



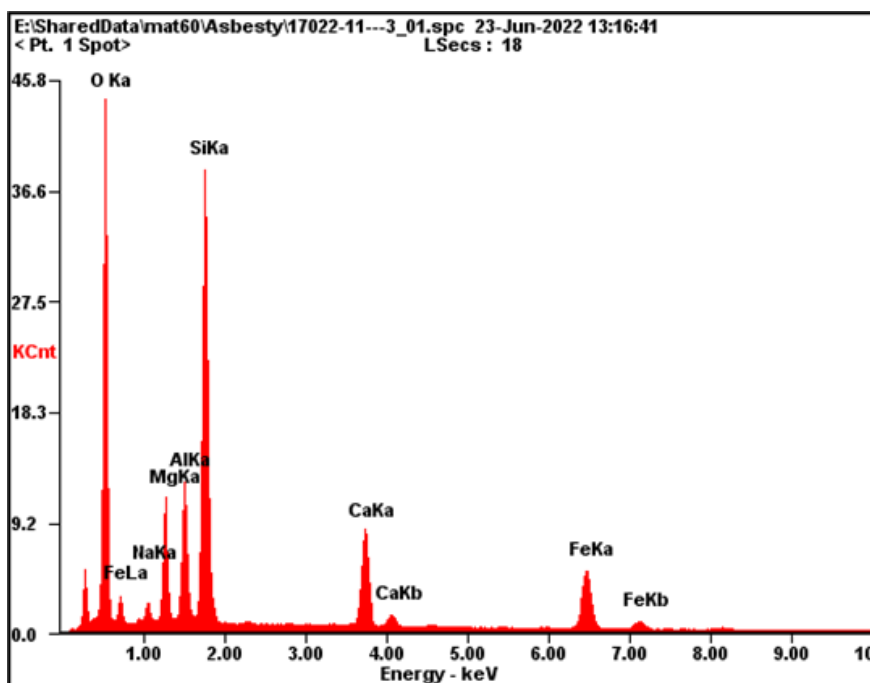
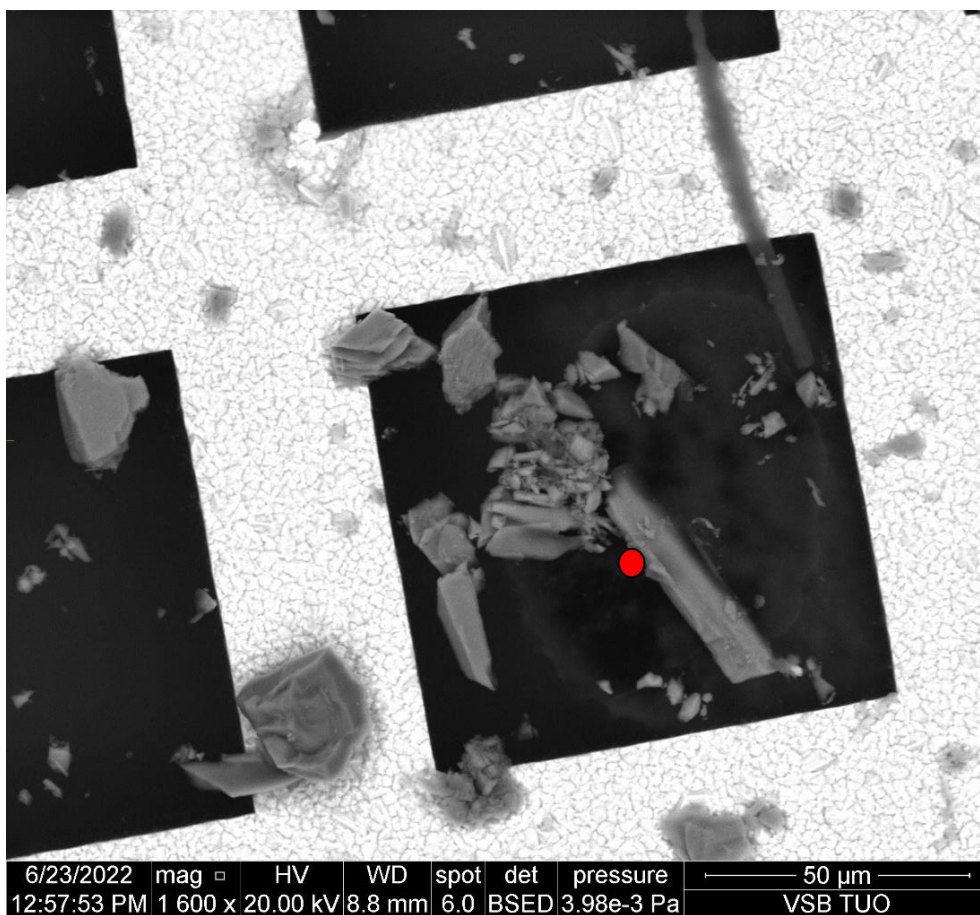
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	43.83	60.12
<i>NaK</i>	01.70	01.62
<i>MgK</i>	06.96	06.28
<i>AlK</i>	07.93	06.45
<i>SiK</i>	22.76	17.78
<i>CaK</i>	06.96	03.82
<i>TiK</i>	00.69	00.31
<i>FeK</i>	09.18	03.61
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16944/9	Jemnice – Na Jemničkách	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
---------	-------------------------	-----------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	43.38	60.02
<i>NaK</i>	01.13	01.09
<i>MgK</i>	06.45	05.87
<i>AlK</i>	08.22	06.74
<i>SiK</i>	22.71	17.90
<i>CaK</i>	07.67	04.24
<i>FeK</i>	10.45	04.14
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

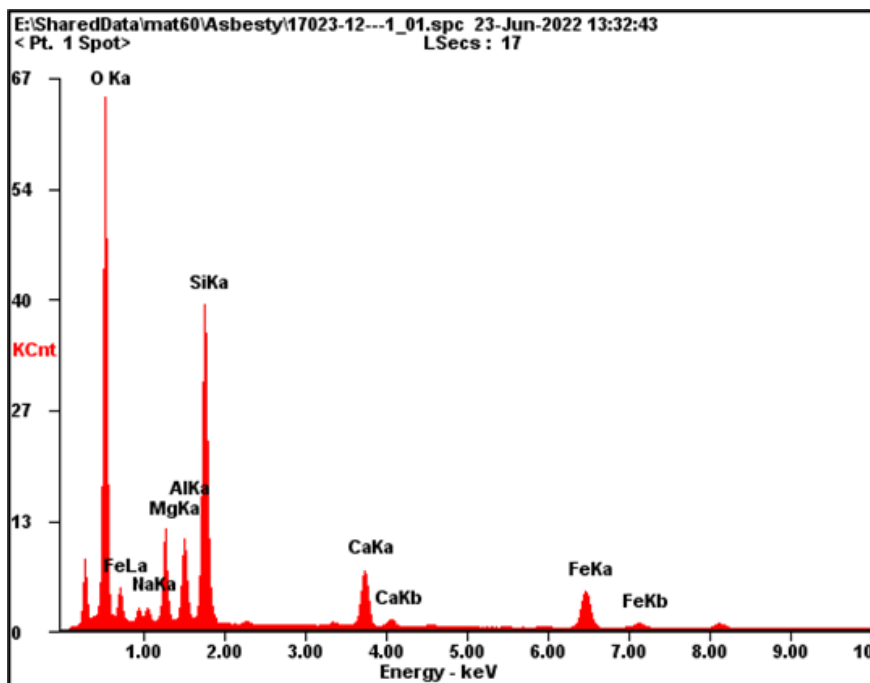
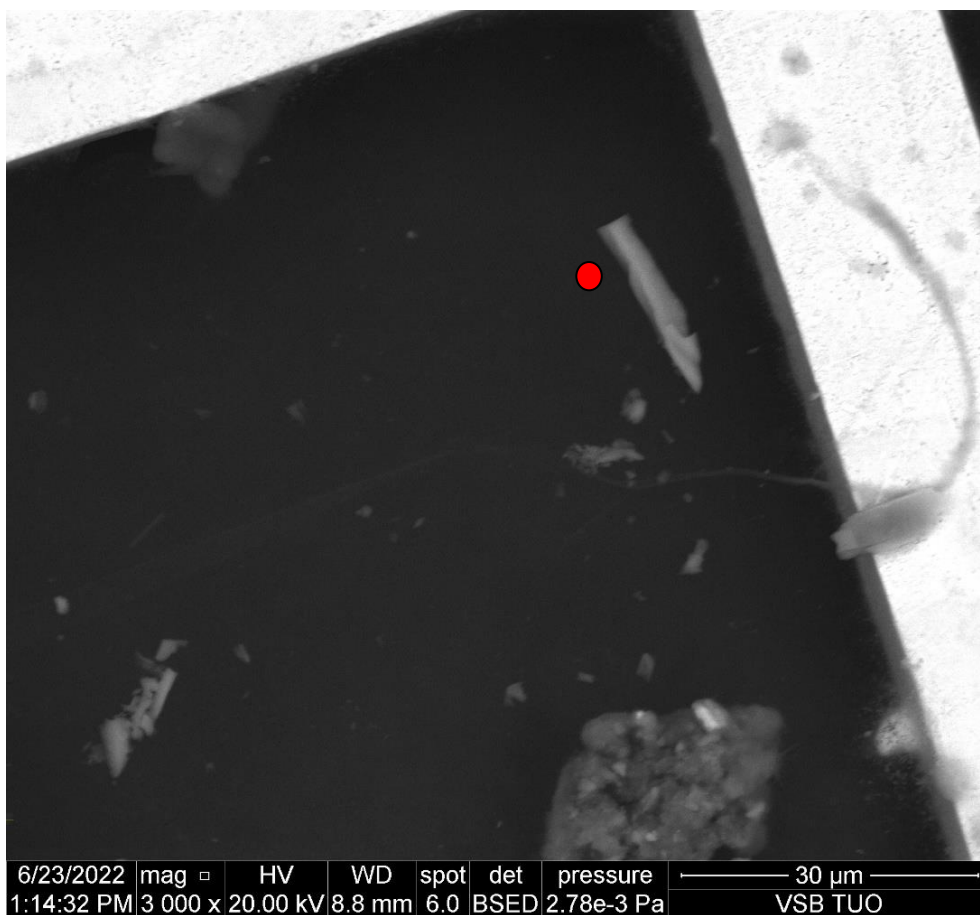
16998/10	Hostouň	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------	-----------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	42.26	58.94
<i>NaK</i>	01.51	01.46
<i>MgK</i>	06.74	06.19
<i>AlK</i>	07.31	06.04
<i>SiK</i>	23.73	18.86
<i>CaK</i>	07.23	04.03
<i>FeK</i>	11.22	04.48
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

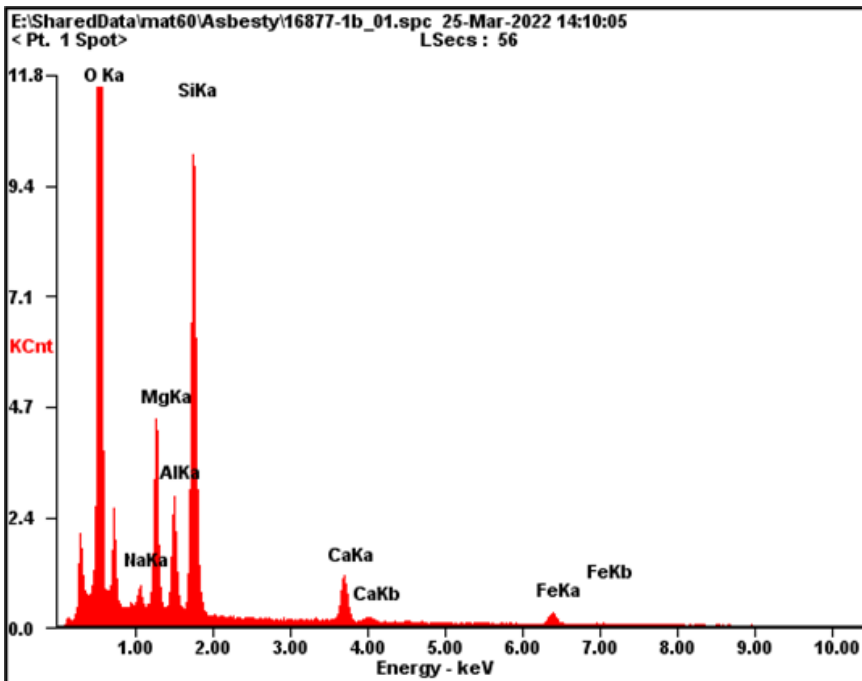
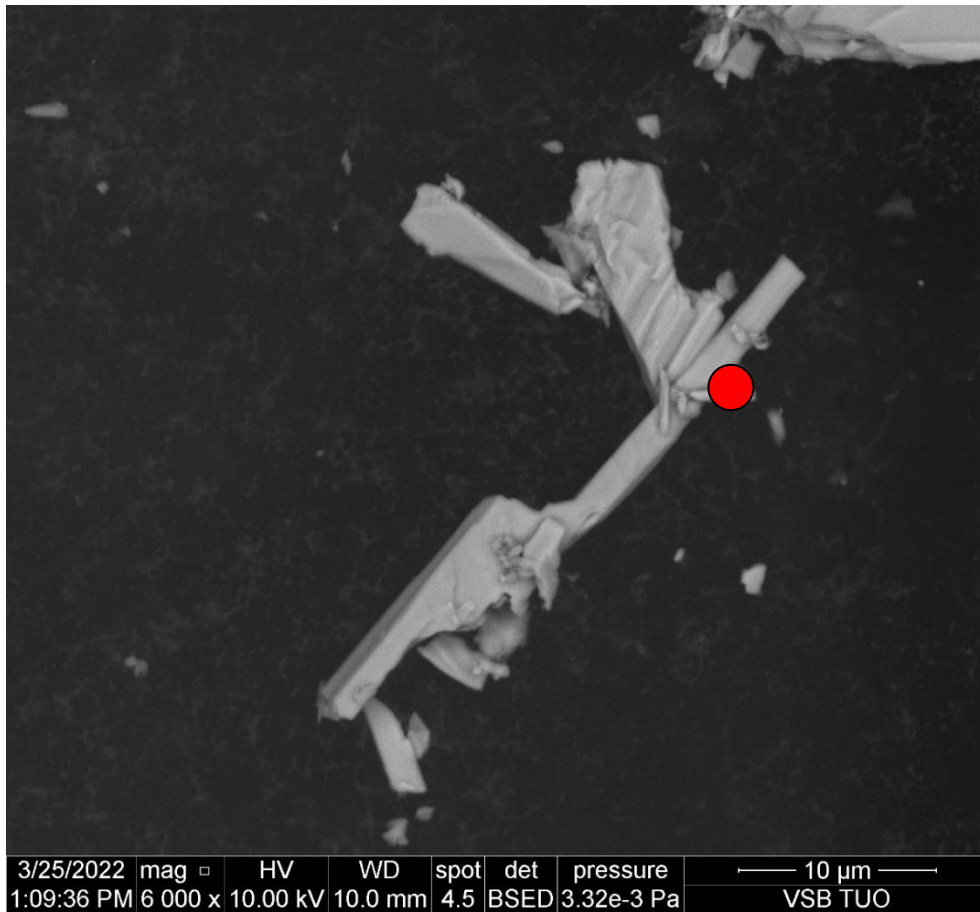
17022/11	Libodřice	amfibolit	SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován
----------	-----------	-----------	---------------------------------------





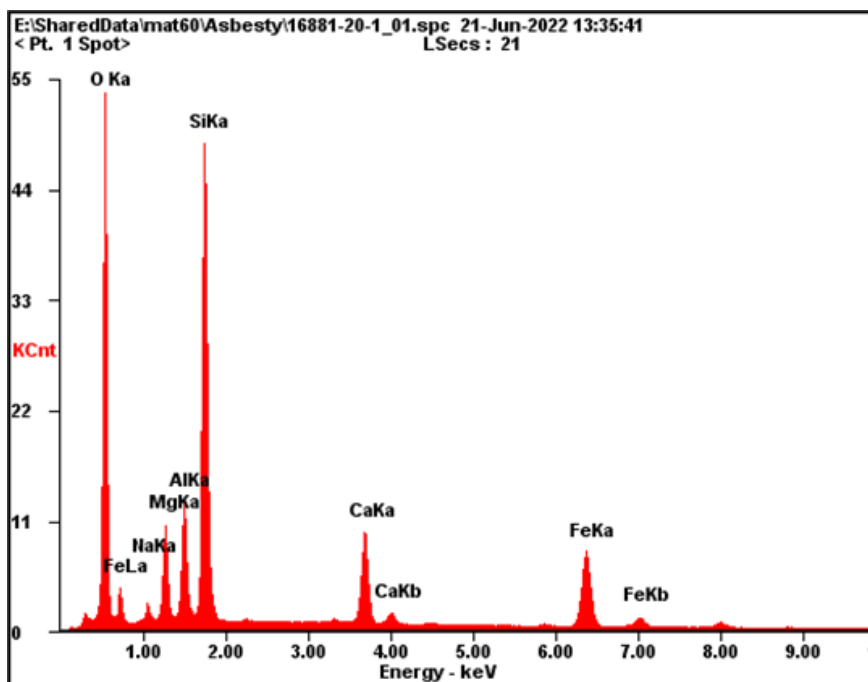
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.45	65.45
<i>NaK</i>	01.35	01.24
<i>MgK</i>	06.66	05.80
<i>AlK</i>	05.84	04.58
<i>SiK</i>	21.81	16.45
<i>CaK</i>	05.56	02.94
<i>FeK</i>	09.33	03.54
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17023/12	Stříbrná Skalice	metadiorit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------------	------------	--



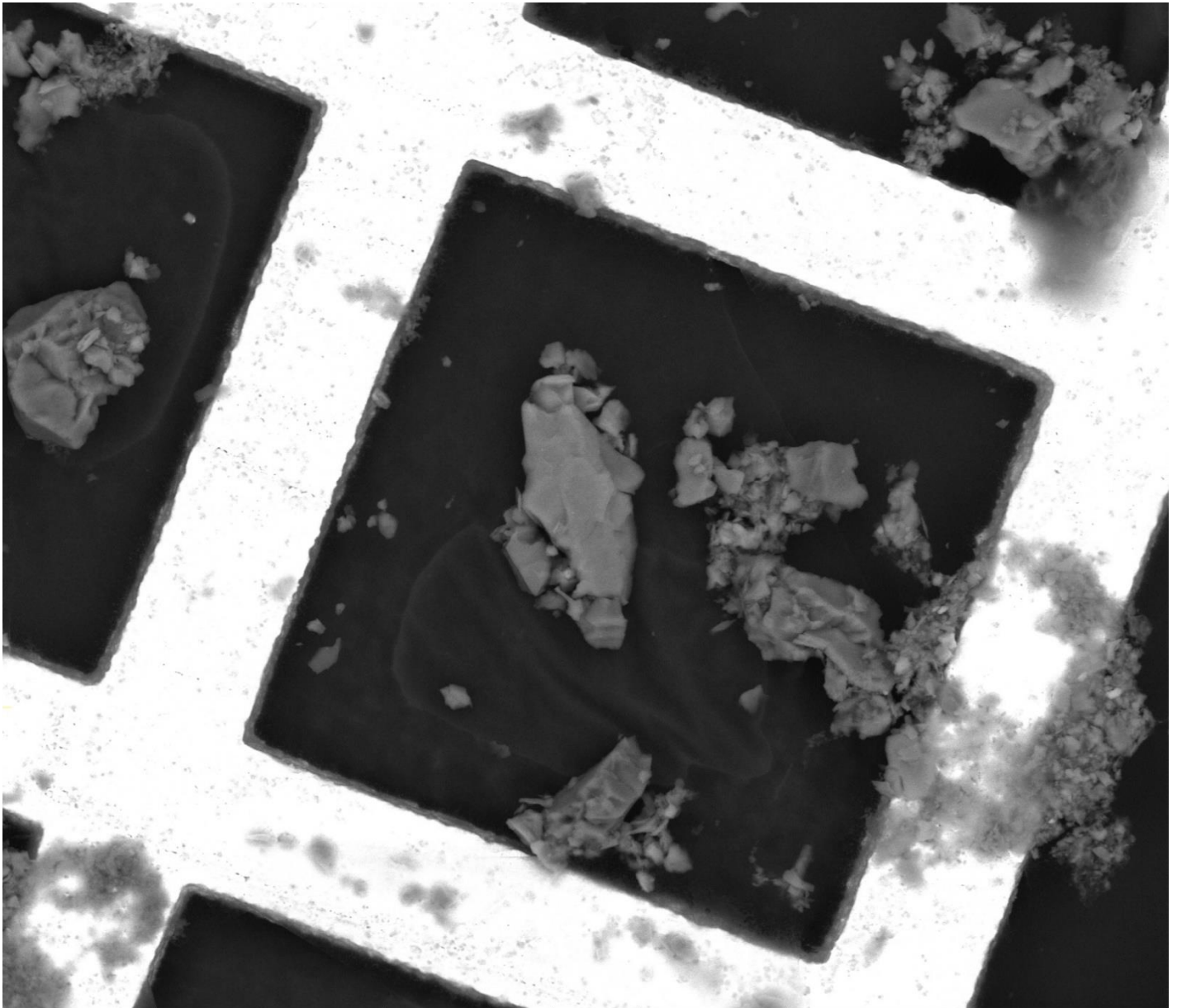
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	50.67	64.78
<i>NaK</i>	00.89	00.79
<i>MgK</i>	07.49	06.30
<i>AlK</i>	05.43	04.11
<i>SiK</i>	27.00	19.67
<i>CaK</i>	08.52	04.35
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16877/19	Bukovice	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	----------	-----------	--



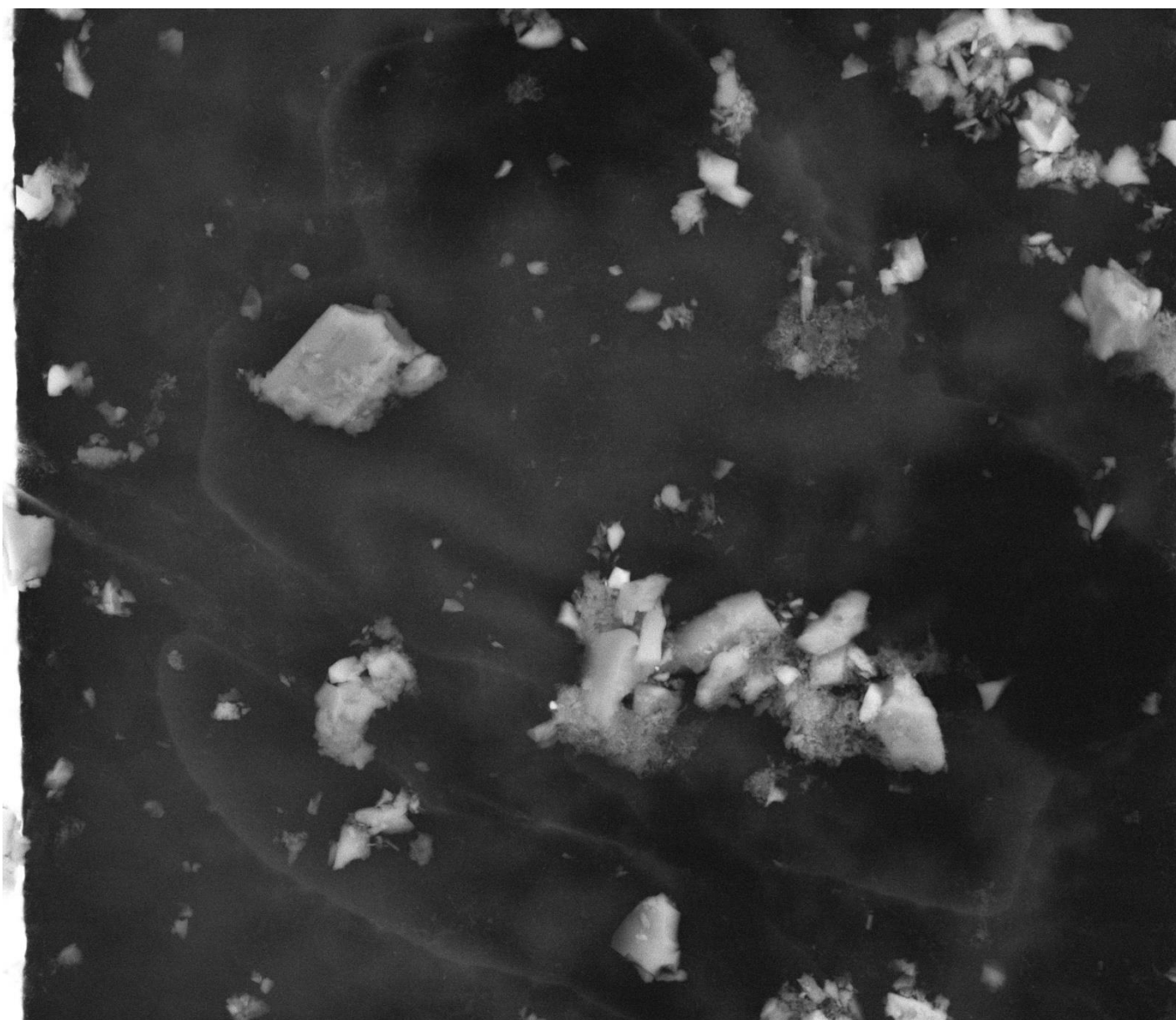
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	41.36	58.83
<i>NaK</i>	01.32	01.31
<i>MgK</i>	05.26	04.93
<i>AlK</i>	06.17	05.20
<i>SiK</i>	24.65	19.97
<i>CaK</i>	06.94	03.94
<i>FeK</i>	14.30	05.83
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16881/20	Hanušovice	amfibolit/rula	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------	----------------	--



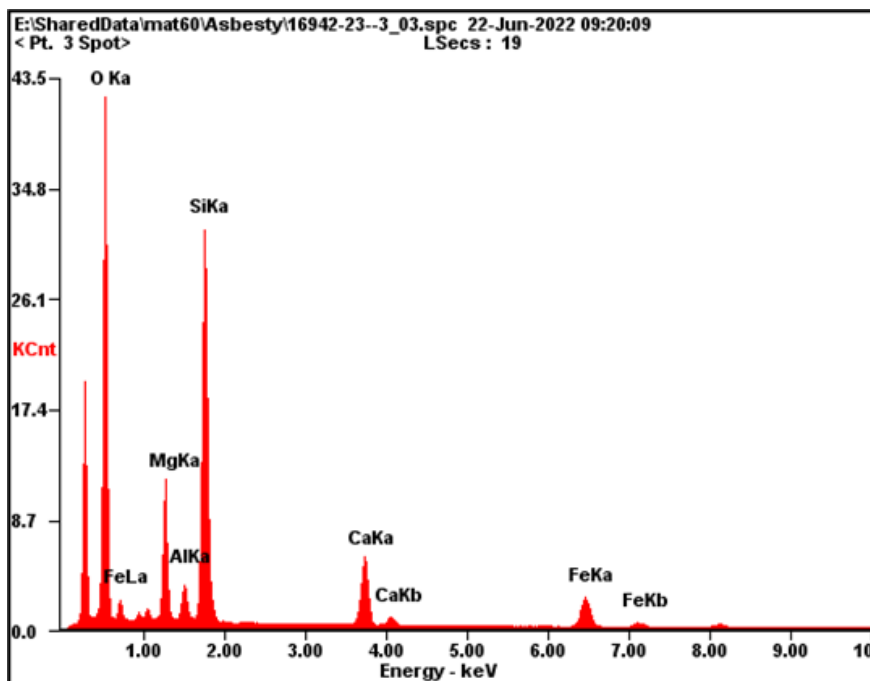
6/22/2022	mag □	HV	WD	spot	det	pressure	50 μm
8:14:38 AM	1 600 x	20.00 kV	8.9 mm	6.0	BSED	4.26e-3 Pa	VSB TUO

16893/21	Lhota Rapotina	dioritový porfyrit	SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován
----------	----------------	--------------------	---------------------------------------



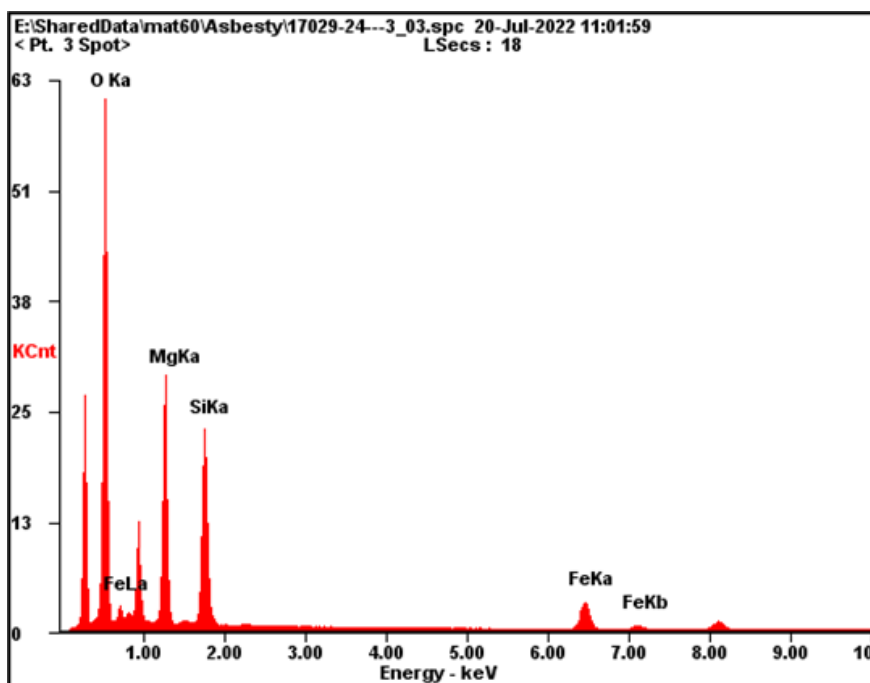
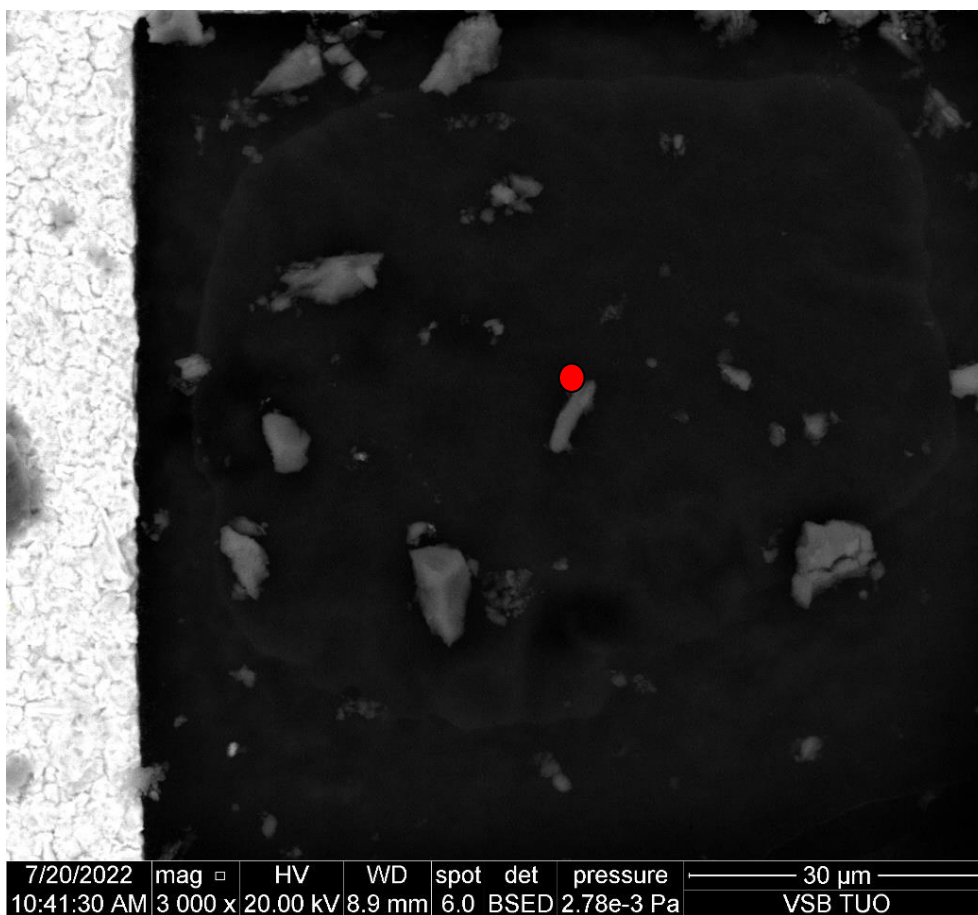
3/25/2022	mag □	HV	WD	spot	det	pressure	30 μm
9:25:33 AM	3 000 x	20.00 kV	9.8 mm	4.5	BSED	3.18e-3 Pa	VSB TUO

16874/22	Bílčice	bazalt/bazanit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------	----------------	--



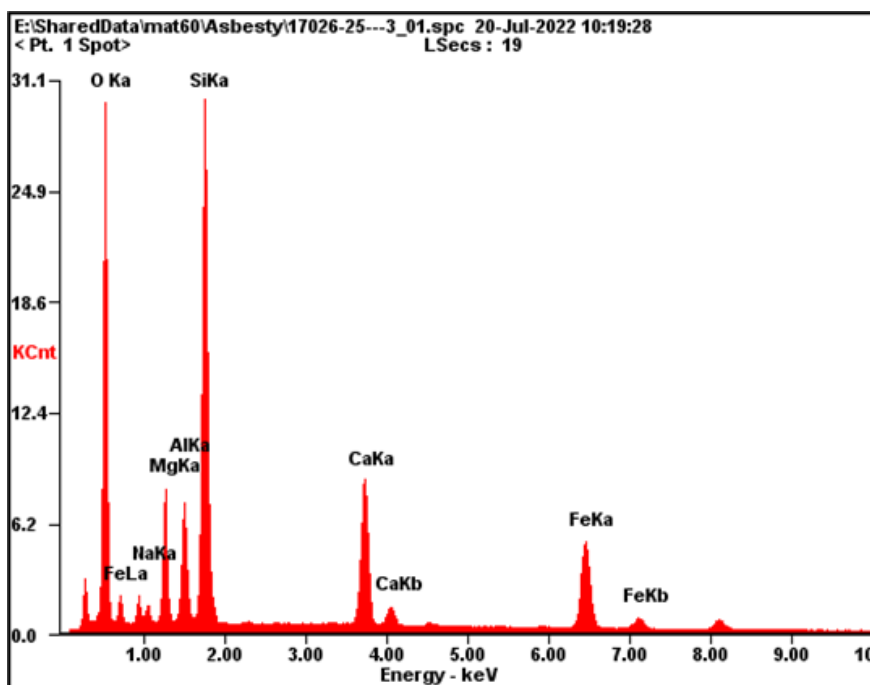
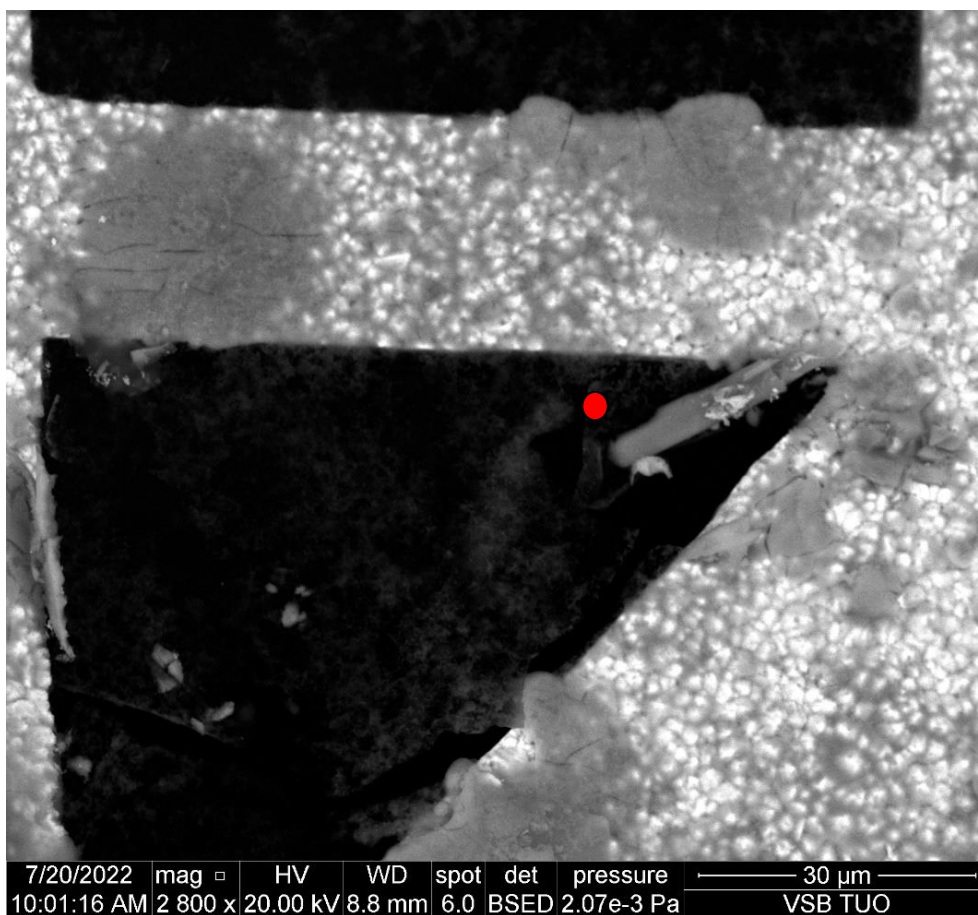
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.81	65.45
<i>MgK</i>	09.17	07.93
<i>AlK</i>	02.41	01.88
<i>SiK</i>	24.86	18.61
<i>CaK</i>	06.49	03.41
<i>FeK</i>	07.26	02.73
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16942/23	Masty	zelená břidlice	<b>SEM: byl detekován aktinolitový azbest</b>
----------	-------	-----------------	---



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.93	64.15
<i>MgK</i>	22.05	18.64
<i>SiK</i>	18.96	13.88
<i>FeK</i>	09.06	03.33
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

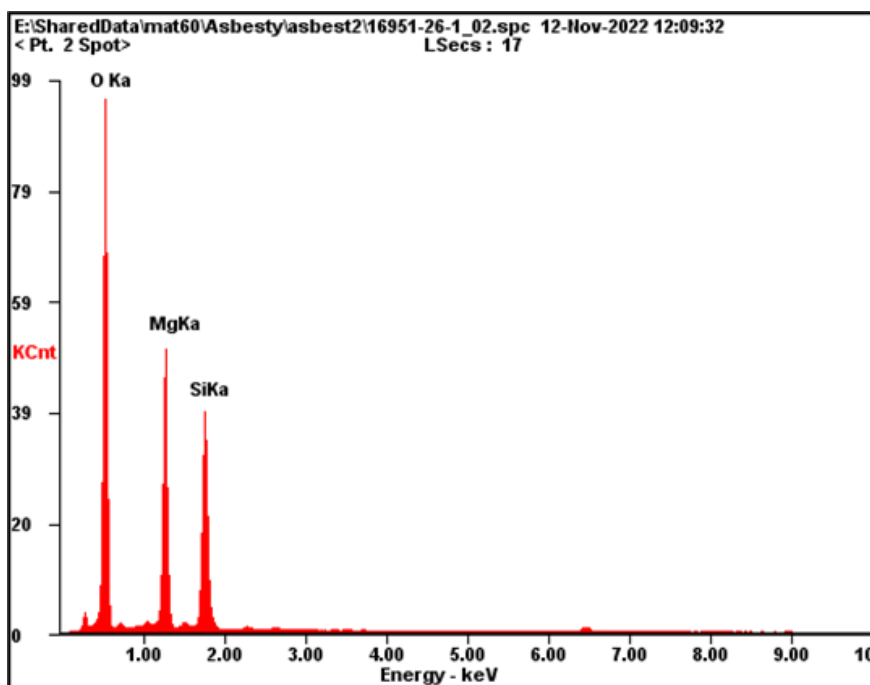
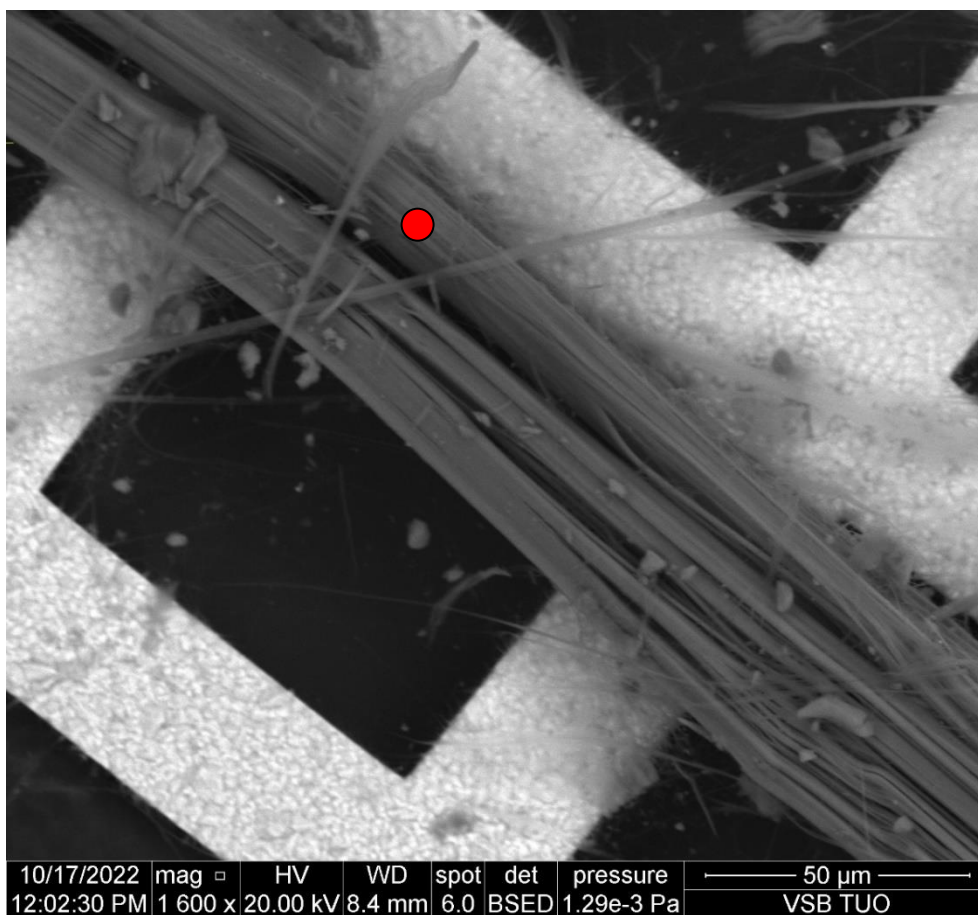
17029/24	Bernartice	serpentinit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------	-------------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	38.91	56.51
<i>NaK</i>	01.23	01.24
<i>MgK</i>	06.55	06.26
<i>AlK</i>	05.65	04.87
<i>SiK</i>	23.64	19.56
<i>CaK</i>	09.66	05.60
<i>FeK</i>	14.36	05.97
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

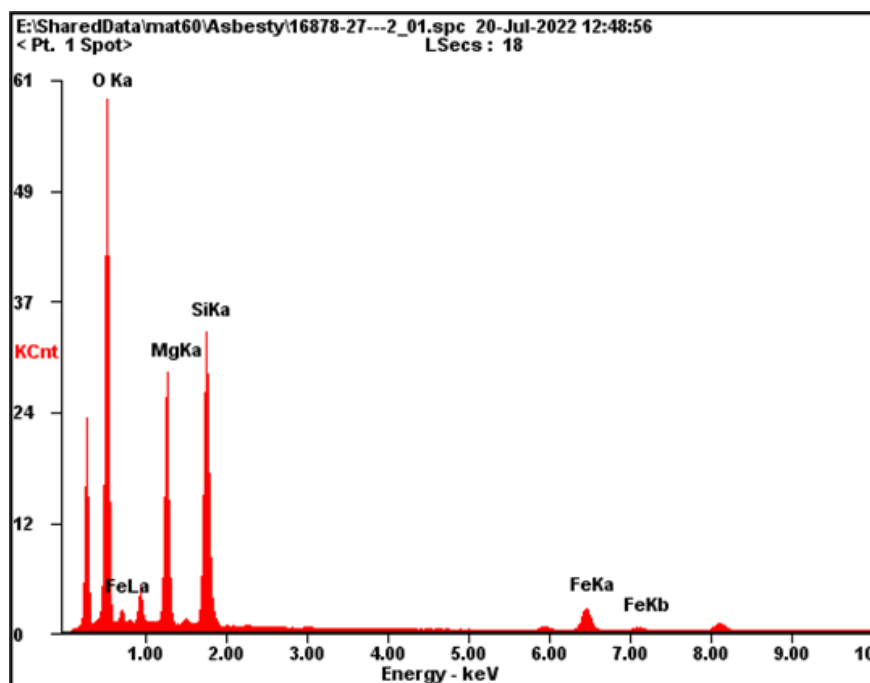
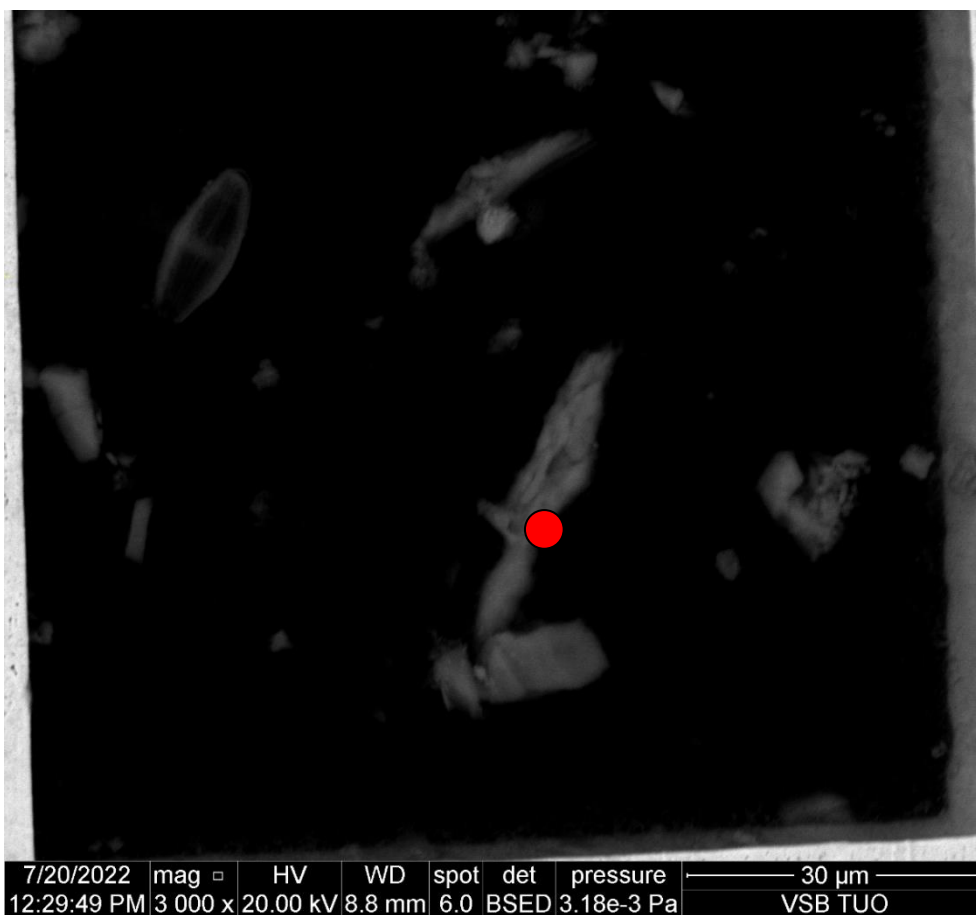
17026/25	Markovice	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-----------	-----------	--





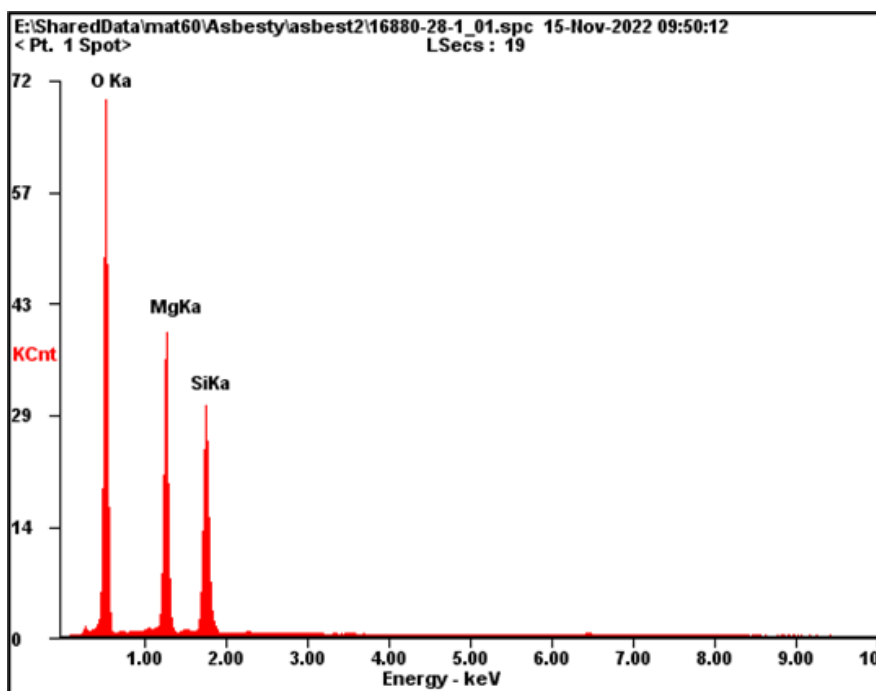
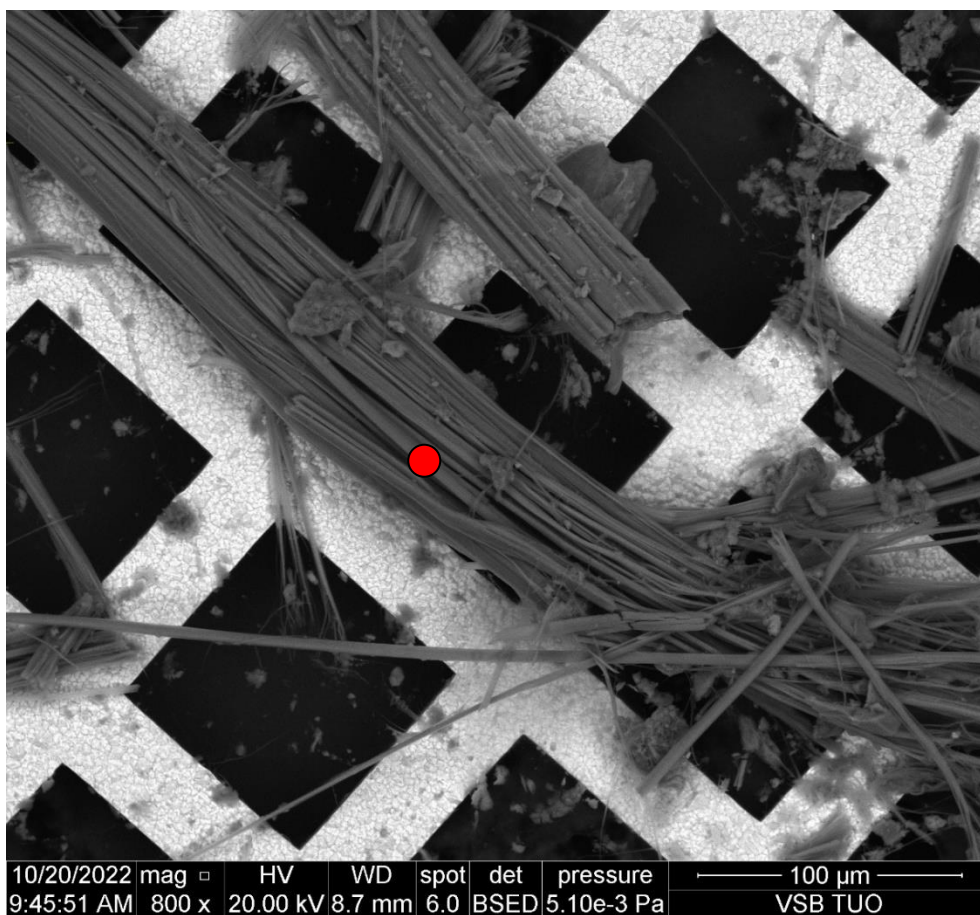
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	54.99	66.47
<i>MgK</i>	23.65	18.81
<i>SiK</i>	21.36	14.71
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16951/26	Šebířov - Šelmberský mlýn	serpentinit	SEM: byl detekován chryzotil
----------	---------------------------	-------------	------------------------------



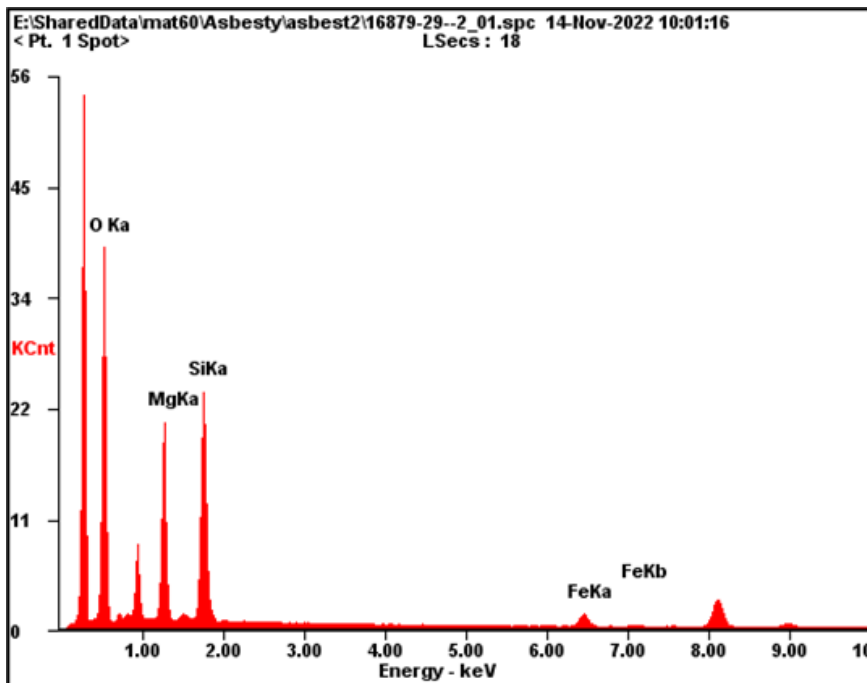
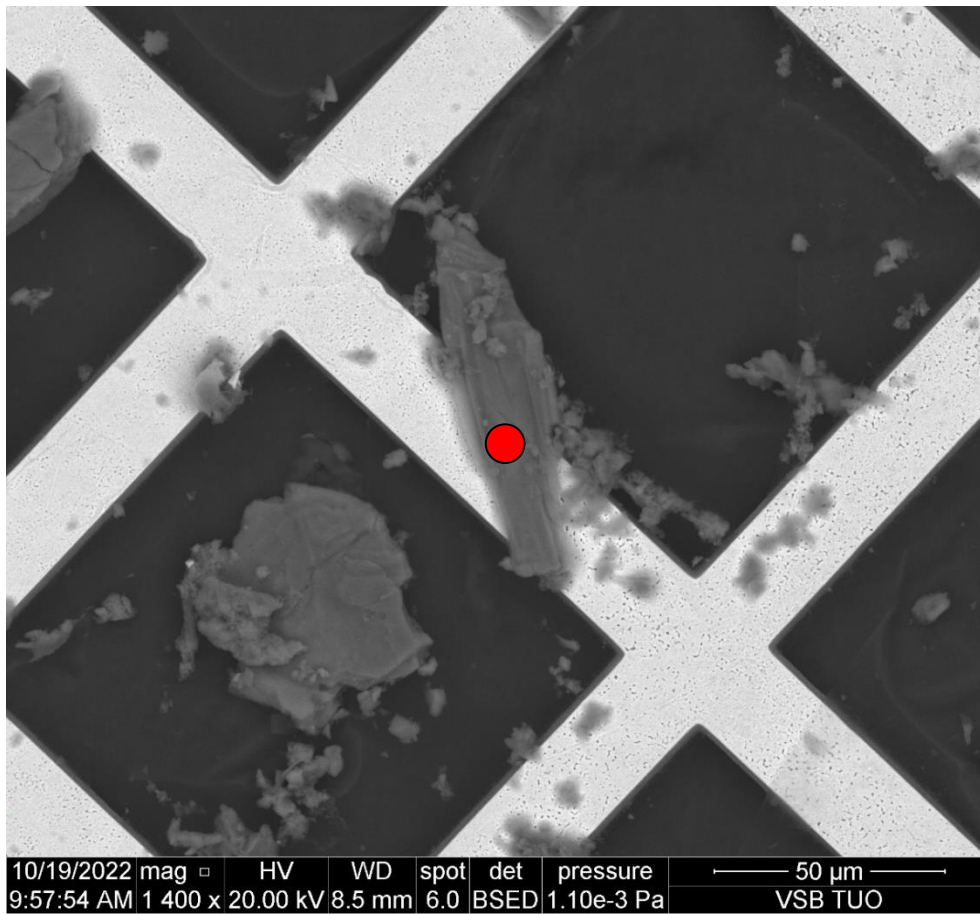
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	48.92	62.80
<i>MgK</i>	19.80	16.73
<i>SiK</i>	24.66	18.04
<i>FeK</i>	06.62	02.44
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16878/27	Horní Skorošice - Petrův dvůr	serpentinit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-------------------------------	-------------	--



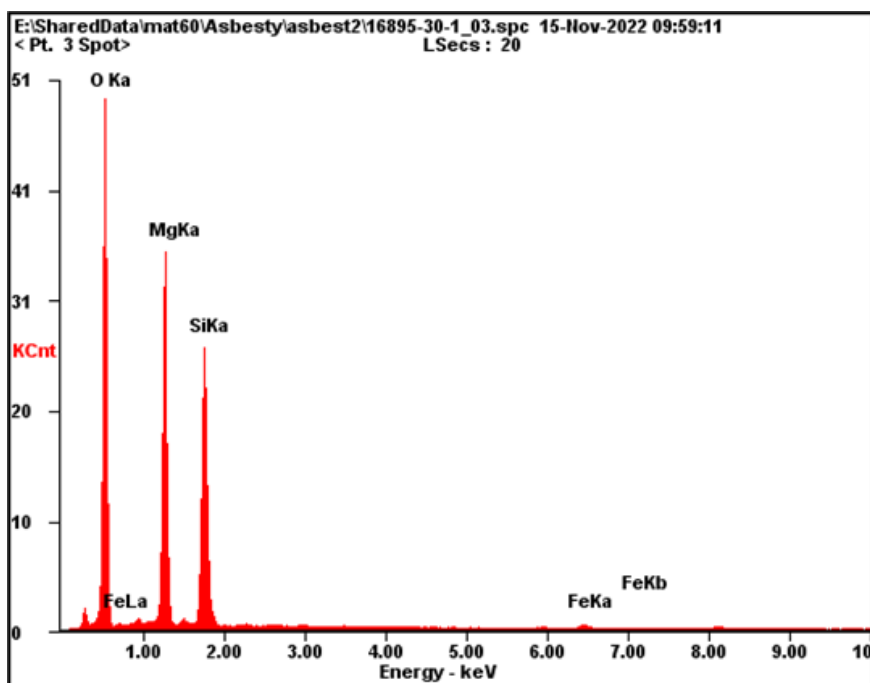
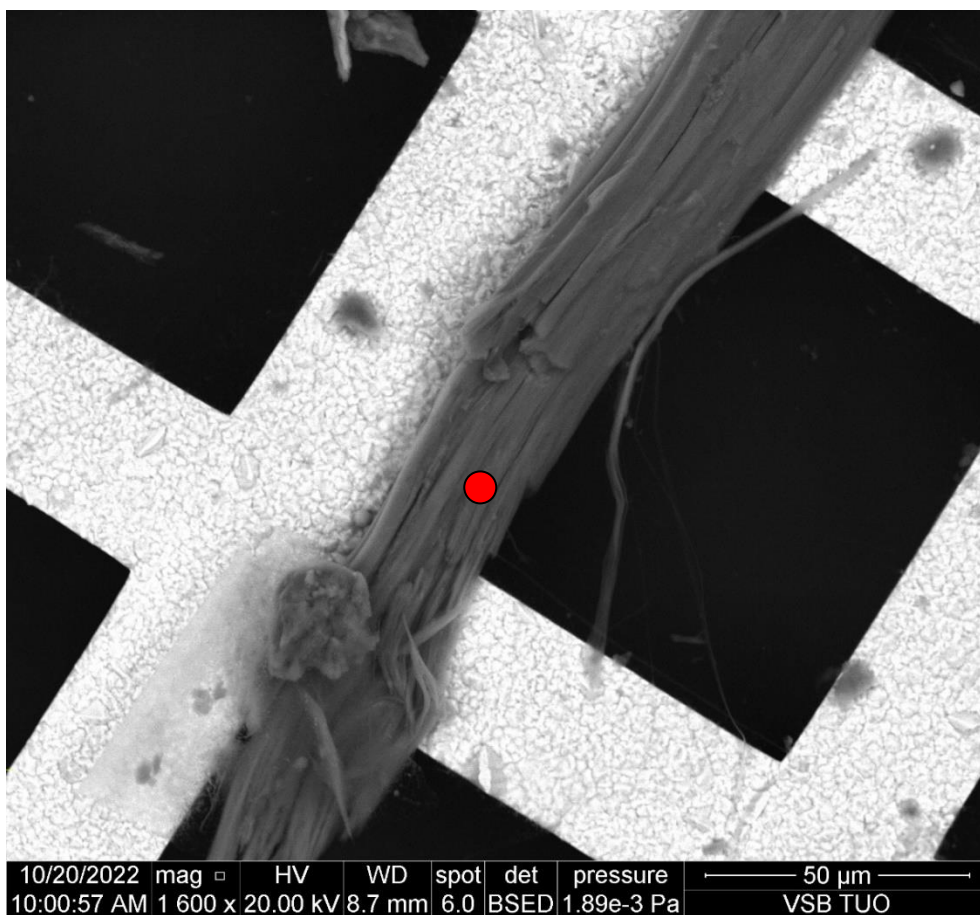
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	53.70	65.29
<i>MgK</i>	24.53	19.63
<i>SiK</i>	21.78	15.08
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16880/28	Habartice	serpentinit	SEM: byl detekován chryzotil
----------	-----------	-------------	------------------------------



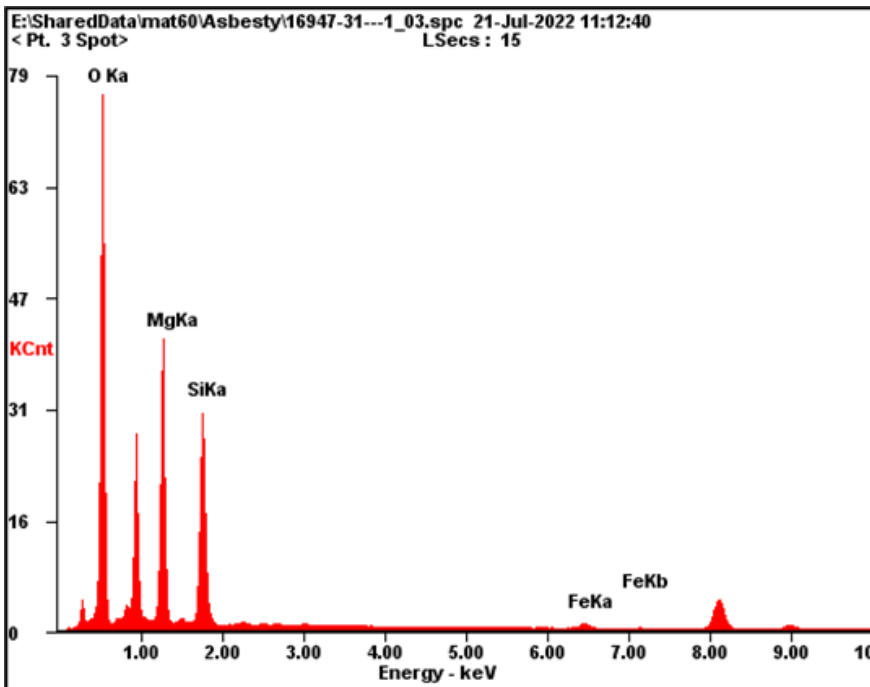
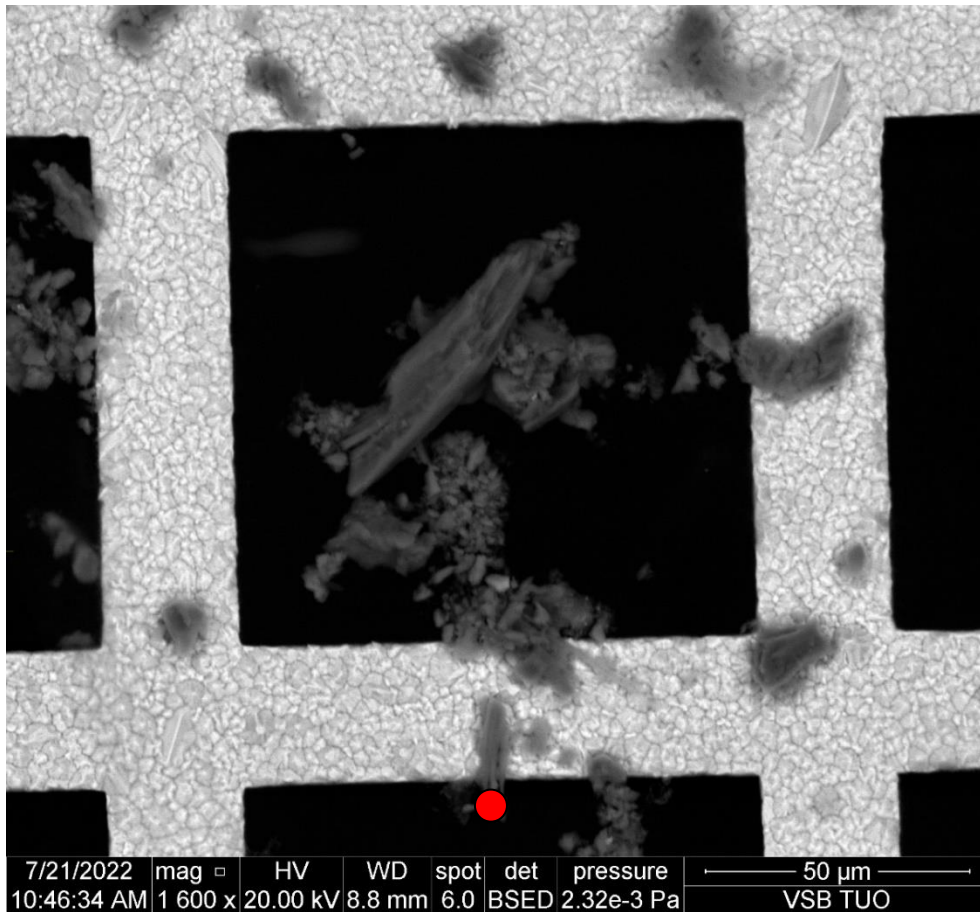
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	48.81	62.28
<i>MgK</i>	20.45	17.17
<i>SiK</i>	25.77	18.73
<i>FeK</i>	04.96	01.81
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16879/29	Javorník – Totenkoppe	hadec	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-----------------------	-------	--



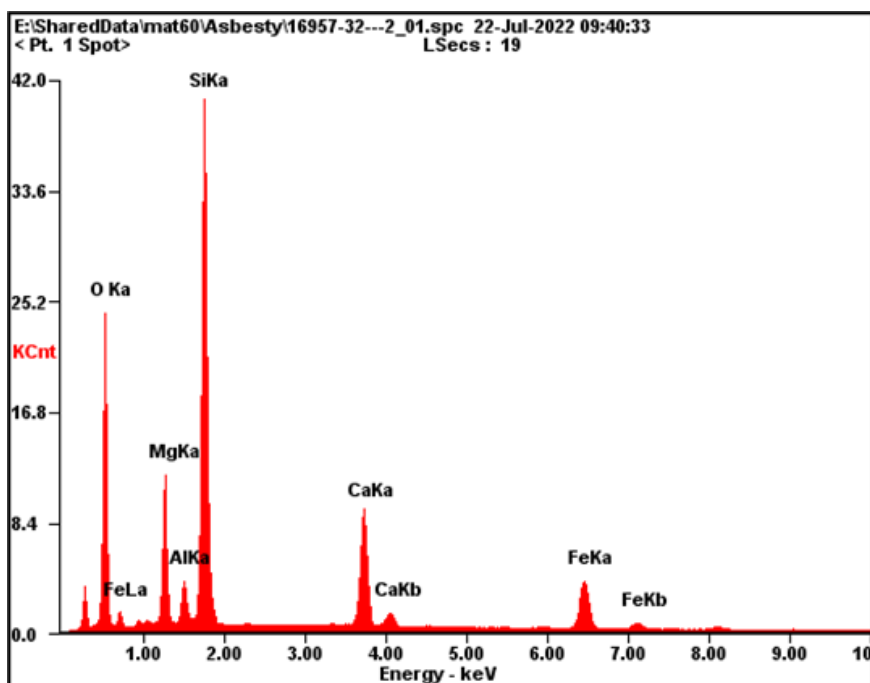
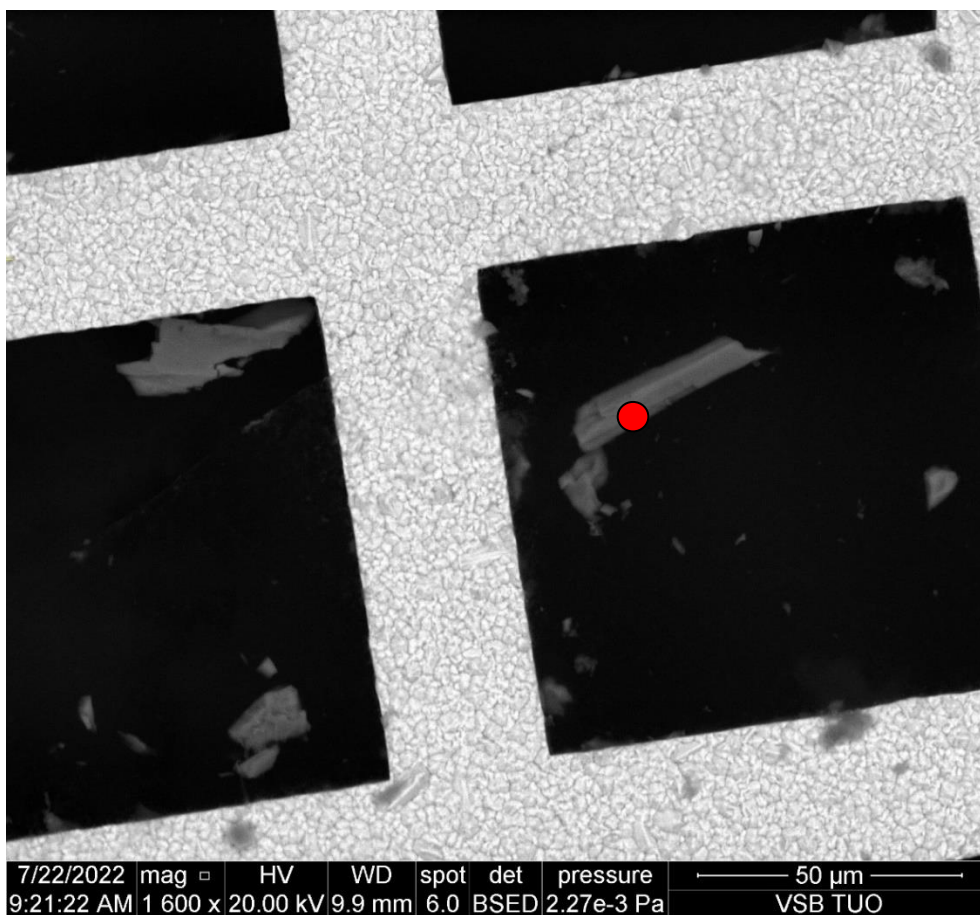
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.24	61.43
<i>MgK</i>	25.98	21.33
<i>SiK</i>	23.70	16.85
<i>FeK</i>	01.08	00.38
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16895/30	Ruda nad Moravou	serpentinit	SEM: byl detekován chryzotil
----------	------------------	-------------	------------------------------



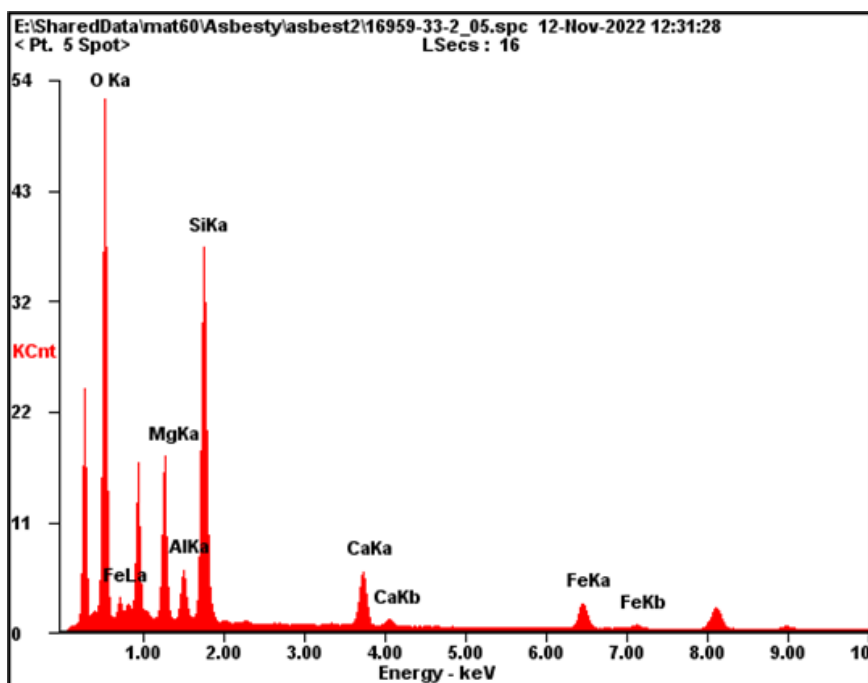
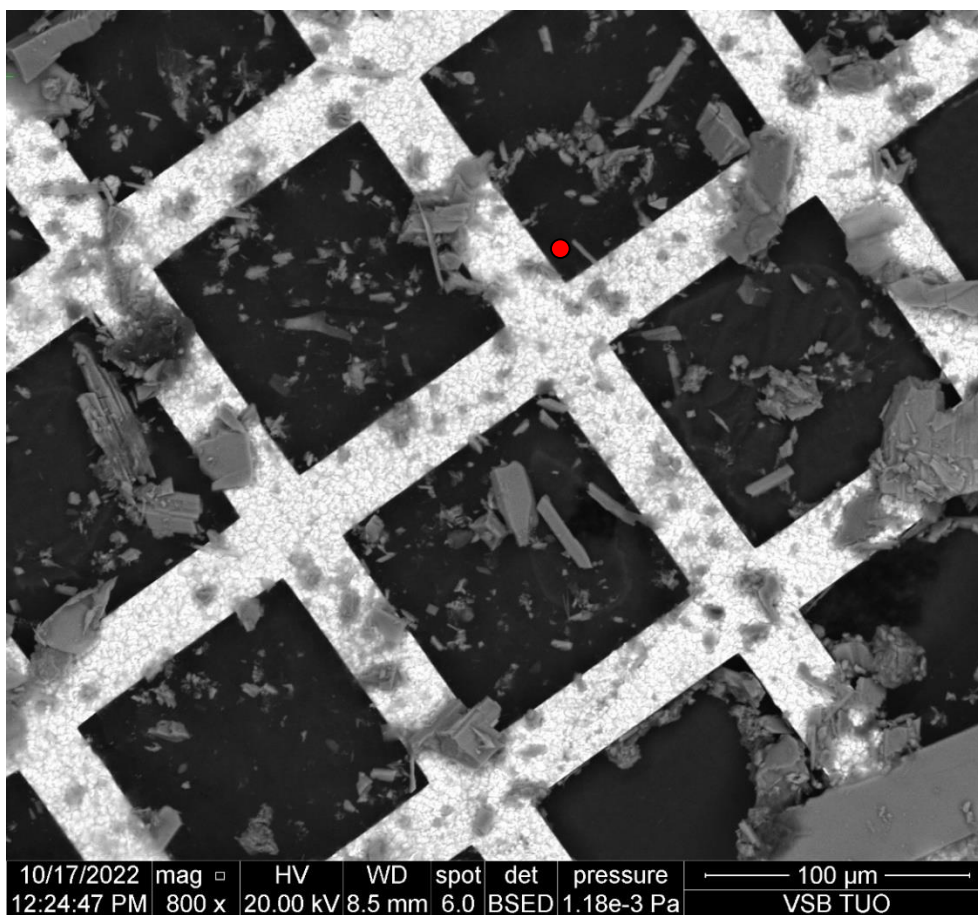
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	53.70	65.70
<i>MgK</i>	23.93	19.26
<i>SiK</i>	20.79	14.49
<i>FeK</i>	01.58	00.55
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16947/31	Hrubšice – U Pustého mlýna	hadec	SEM: byl detekován chryzotil
----------	----------------------------	-------	------------------------------



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	34.28	50.89
<i>MgK</i>	09.17	08.95
<i>AlK</i>	02.70	02.38
<i>SiK</i>	31.02	26.23
<i>CaK</i>	11.03	06.53
<i>FeK</i>	11.80	05.02
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

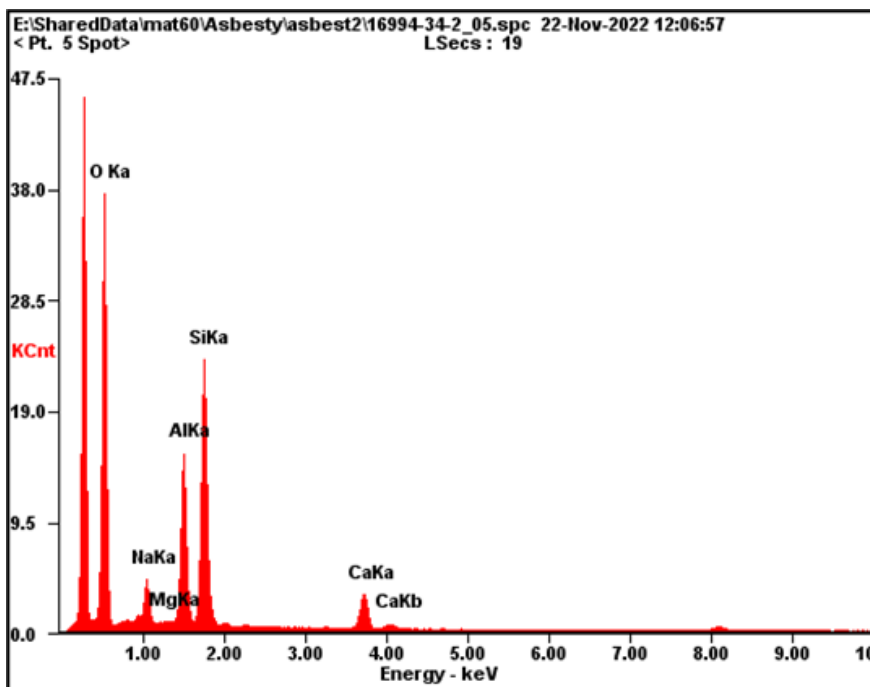
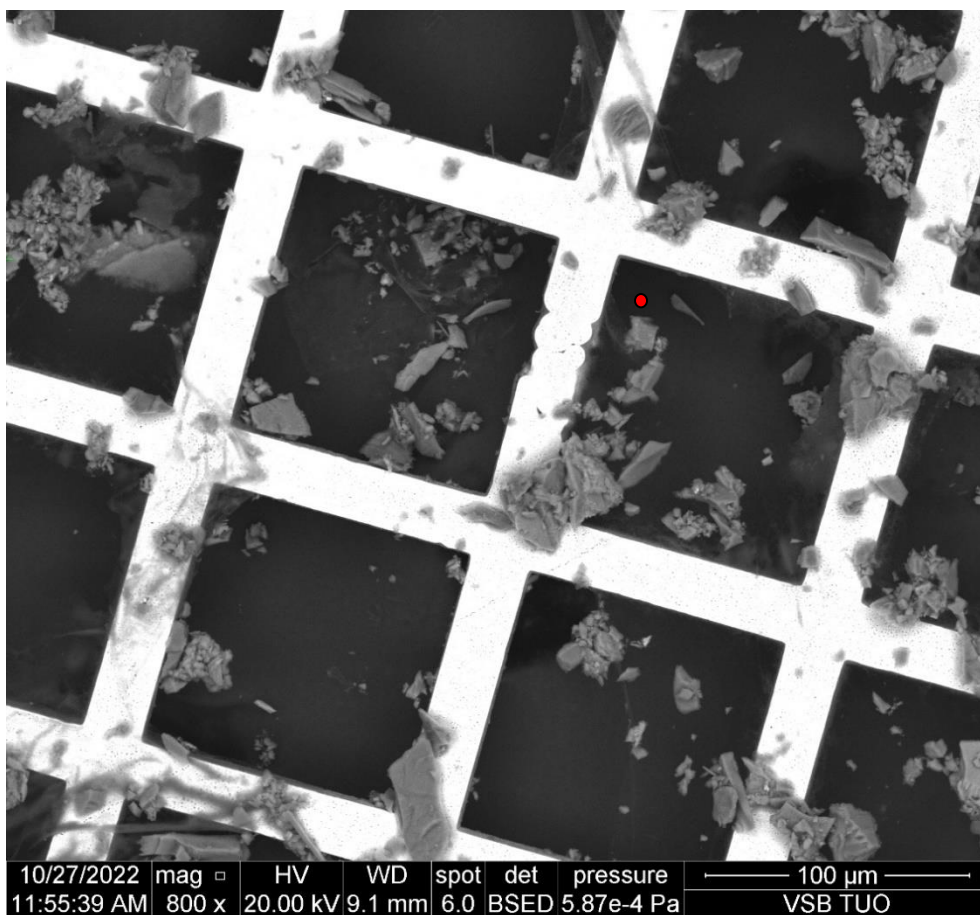
16958/32	Pecerady	gabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	----------	-------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.78	64.81
<i>MgK</i>	10.89	09.33
<i>AlK</i>	03.60	02.78
<i>SiK</i>	24.37	18.07
<i>CaK</i>	05.27	02.74
<i>FeK</i>	06.09	02.27
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

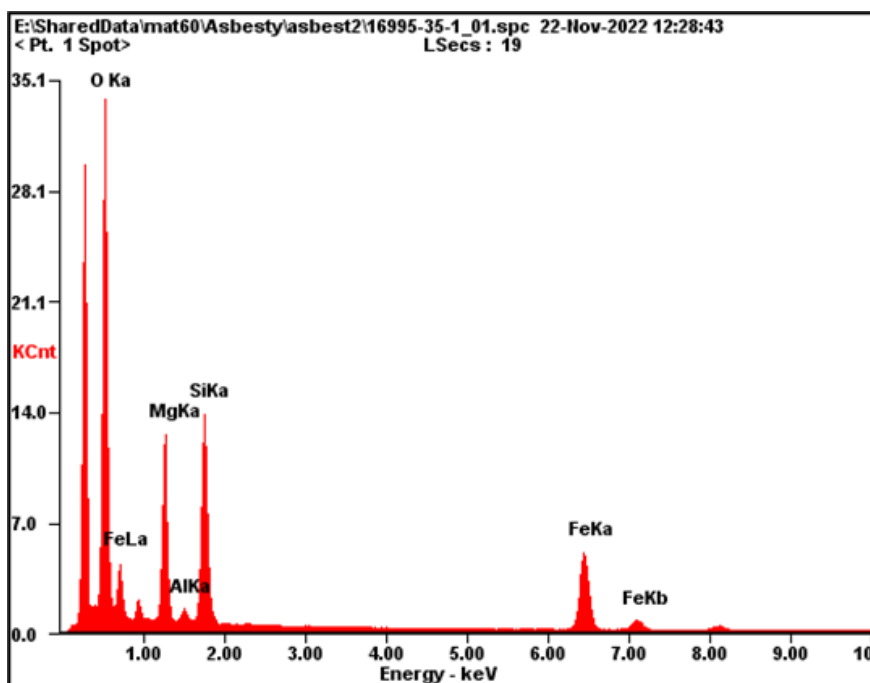
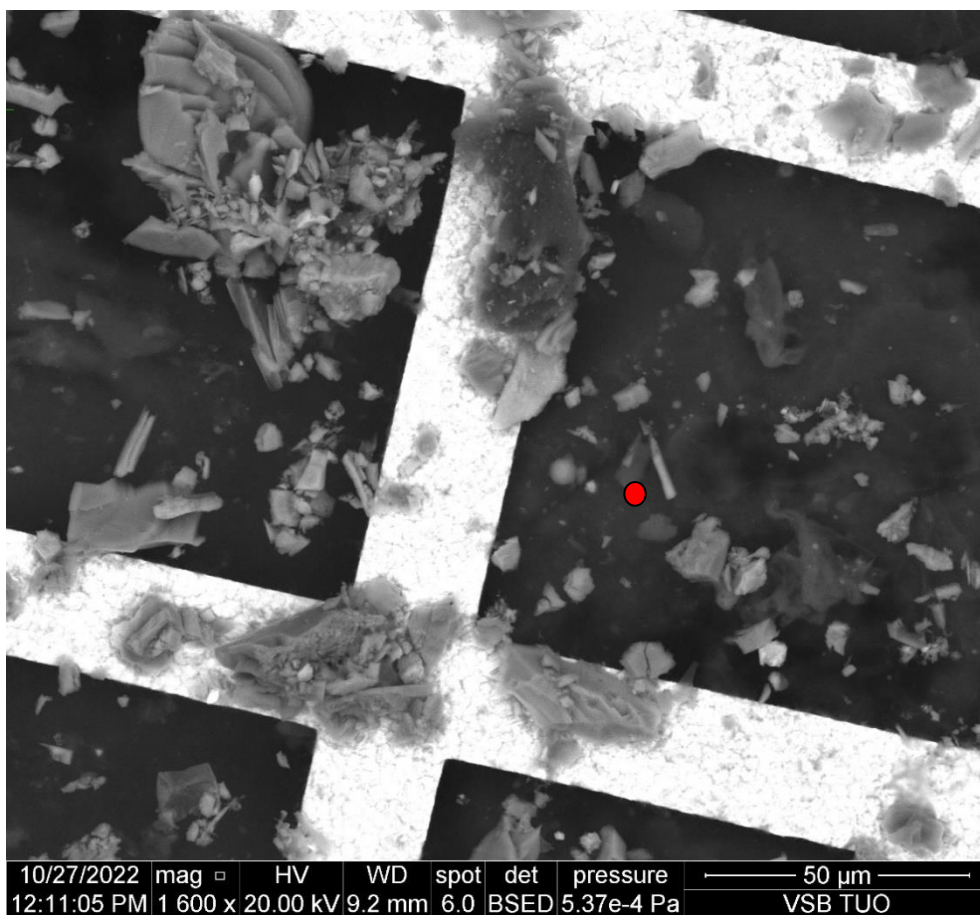
16959/33	Teletín	diorit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------	--------	--





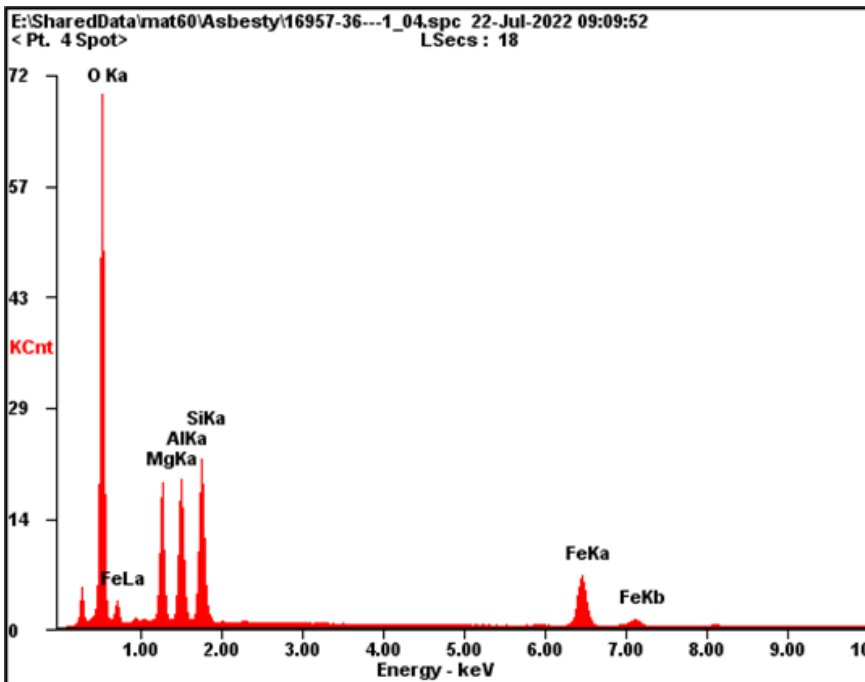
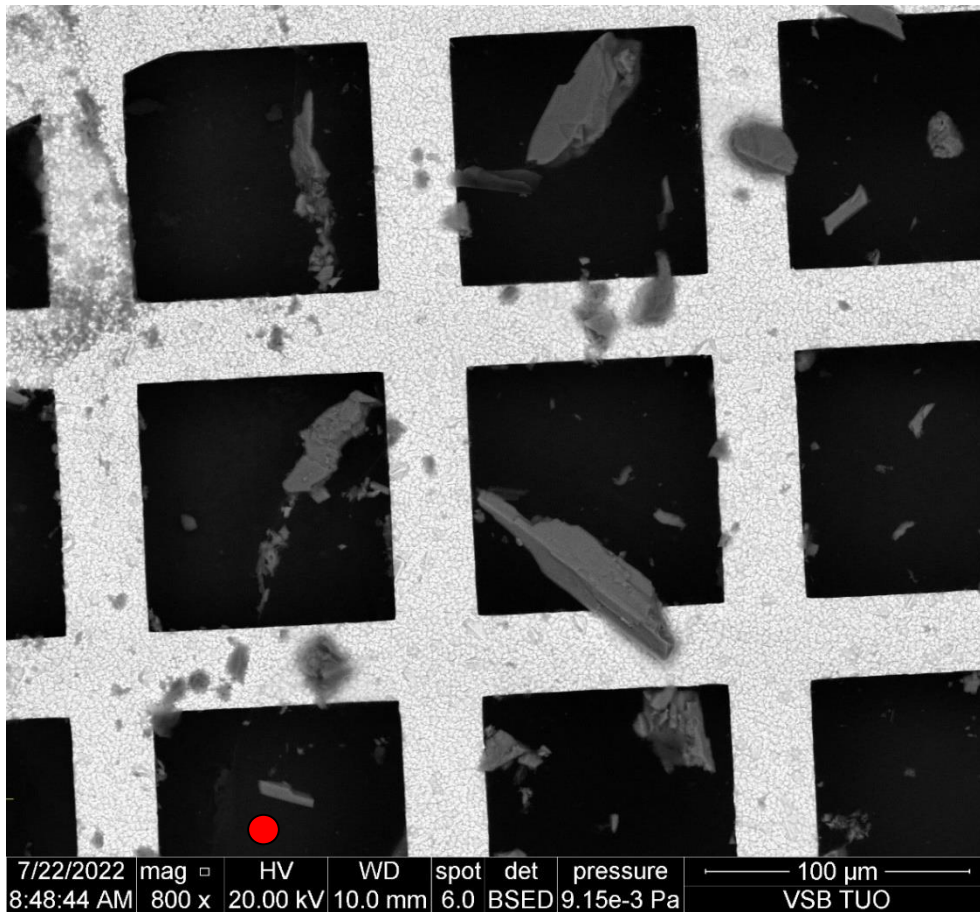
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	53.51	66.79
<i>NaK</i>	04.69	04.07
<i>MgK</i>	00.11	00.09
<i>AlK</i>	13.41	09.93
<i>SiK</i>	23.65	16.82
<i>CaK</i>	04.63	02.31
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16994/34	Orlovice – V lomku	gabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------------------	-------	--



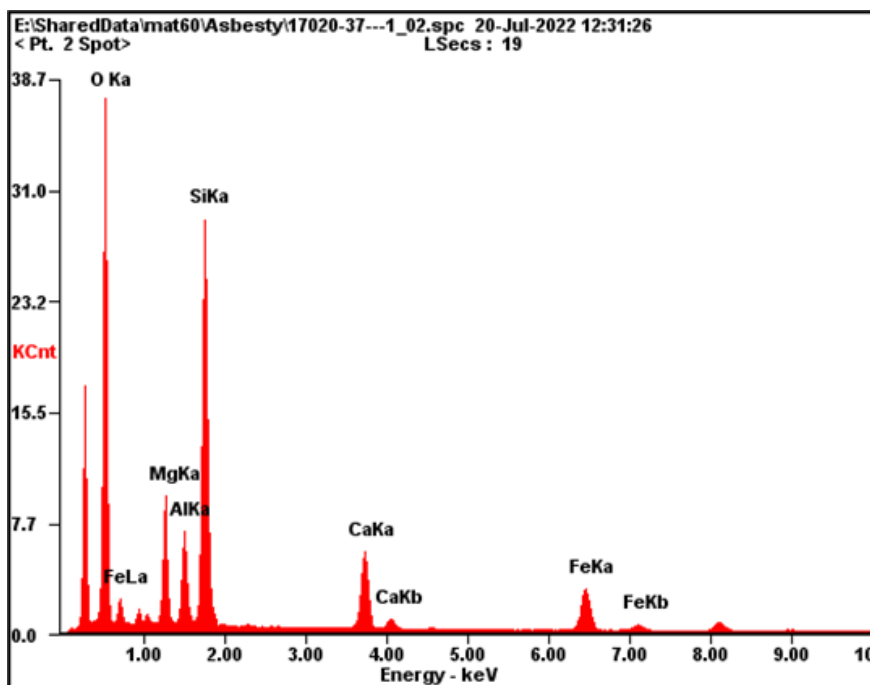
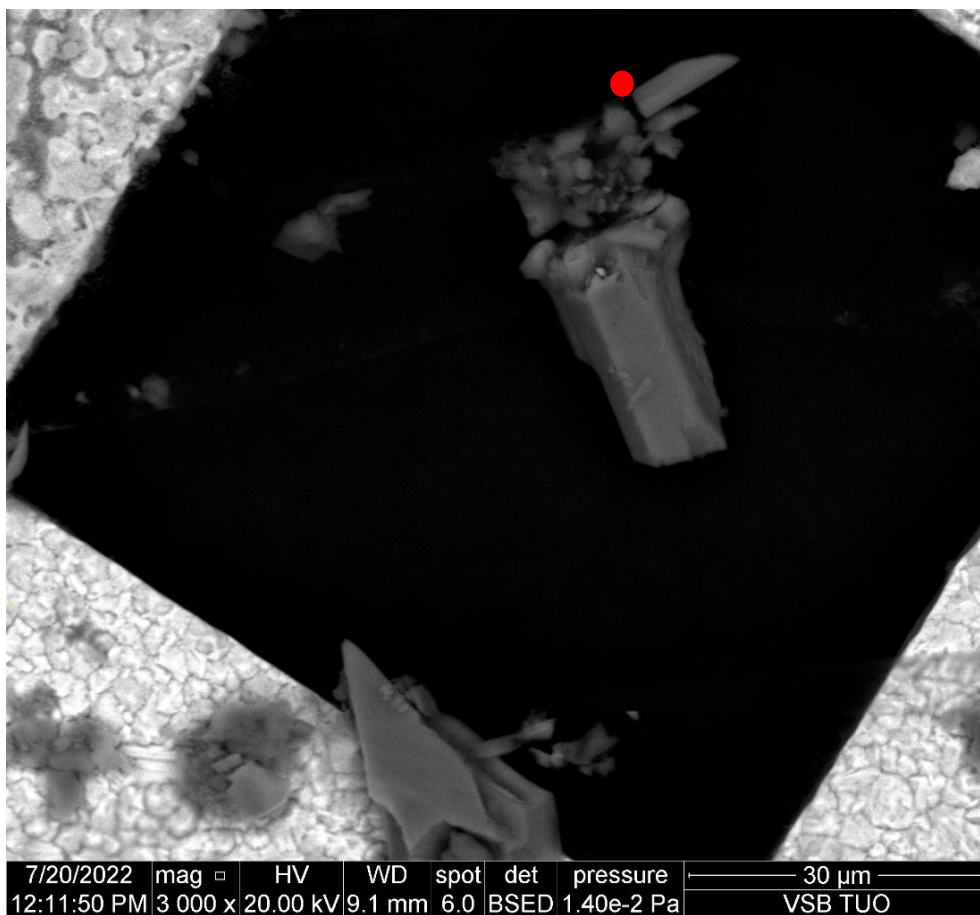
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	43.50	61.11
<i>MgK</i>	16.57	15.32
<i>AlK</i>	01.14	00.95
<i>SiK</i>	17.62	14.10
<i>FeK</i>	21.17	08.52
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16995/35	Pocínovice – U jezírka	gabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------------------	-------	--



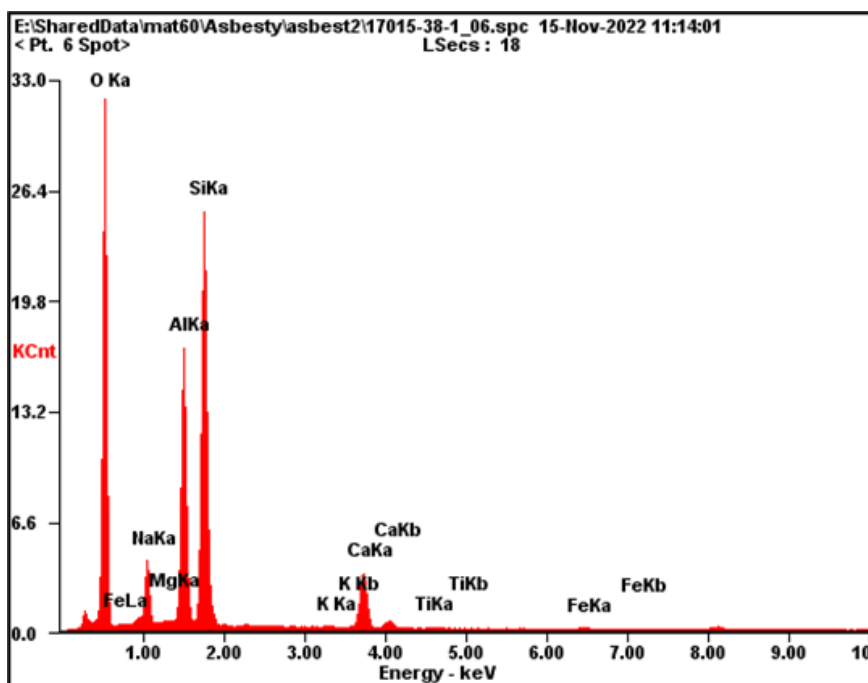
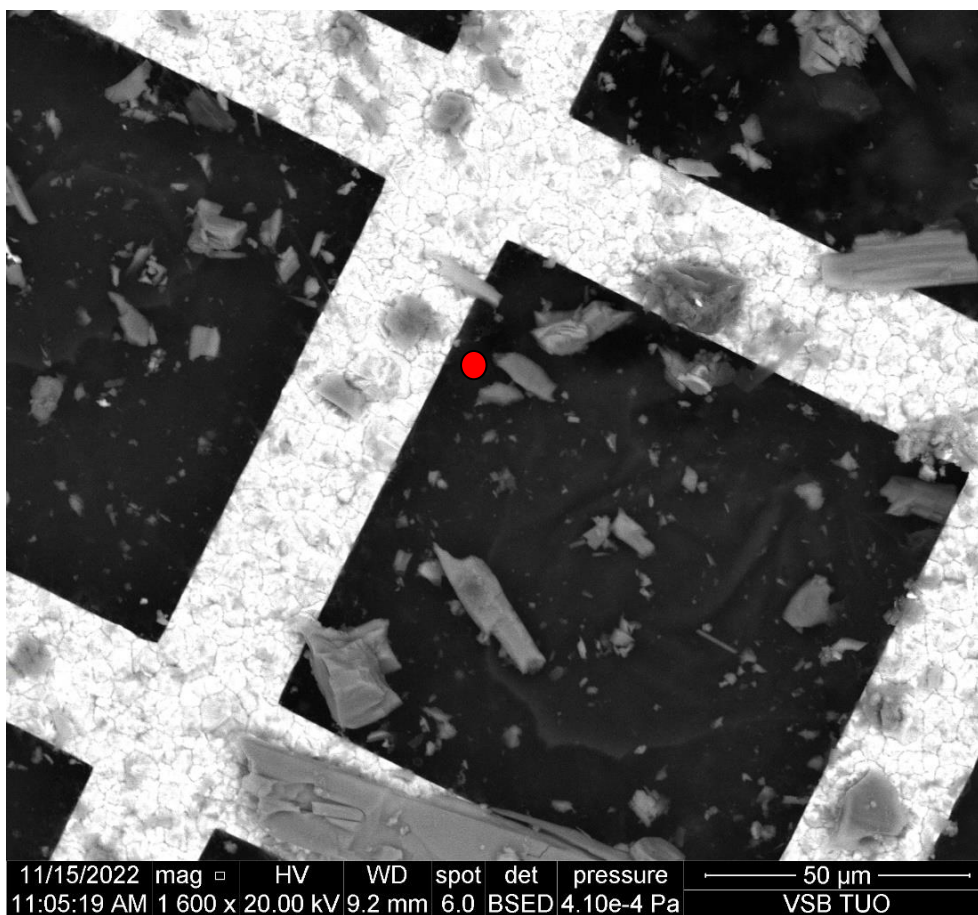
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	44.70	61.20
<i>MgK</i>	11.67	10.52
<i>AlK</i>	12.72	10.33
<i>SiK</i>	15.05	11.74
<i>FeK</i>	15.85	06.22
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16957/36	Babice - Vavřetice	diorit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------------------	--------	--



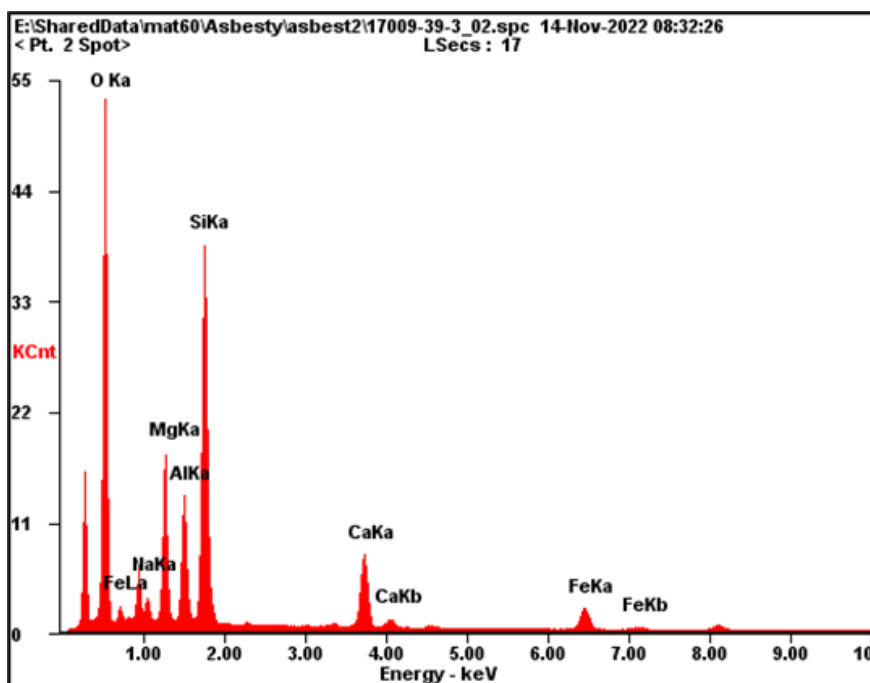
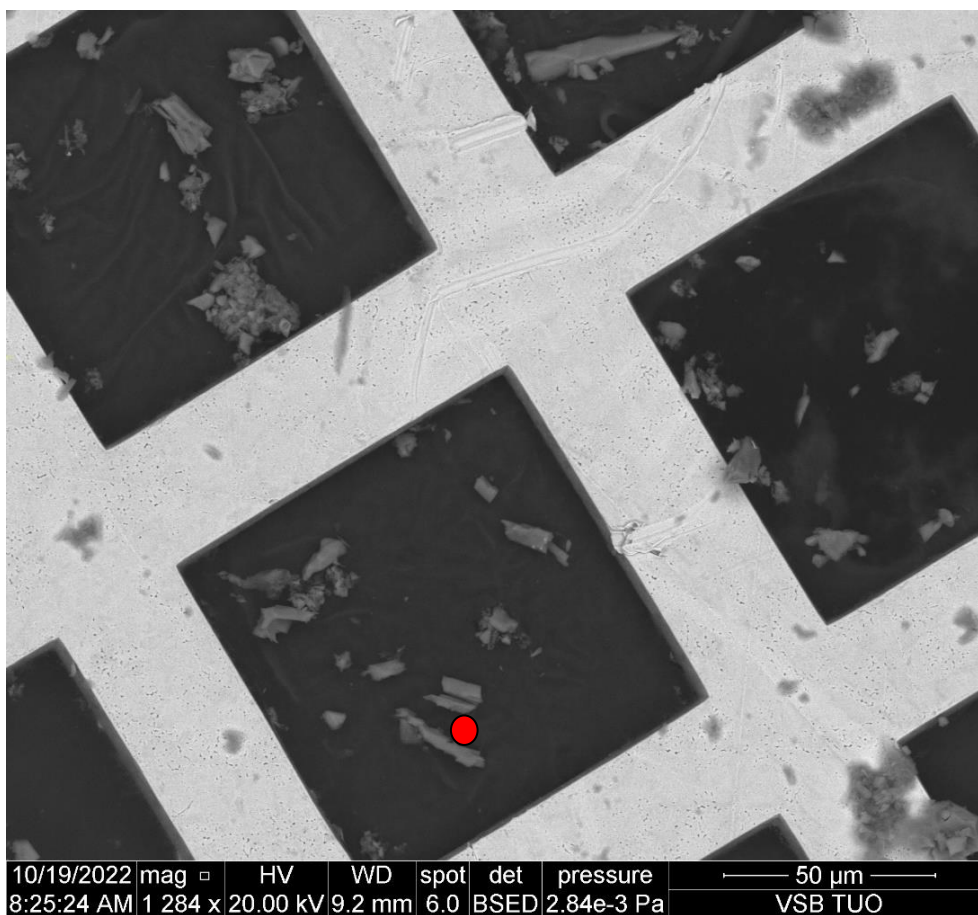
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	46.37	62.78
<i>MgK</i>	07.72	06.88
<i>AlK</i>	05.57	04.48
<i>SiK</i>	23.94	18.46
<i>CaK</i>	06.86	03.71
<i>FeK</i>	09.53	03.70
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17020/37	Nasavrky	metadiorit/ metagabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	----------	--------------------------	--



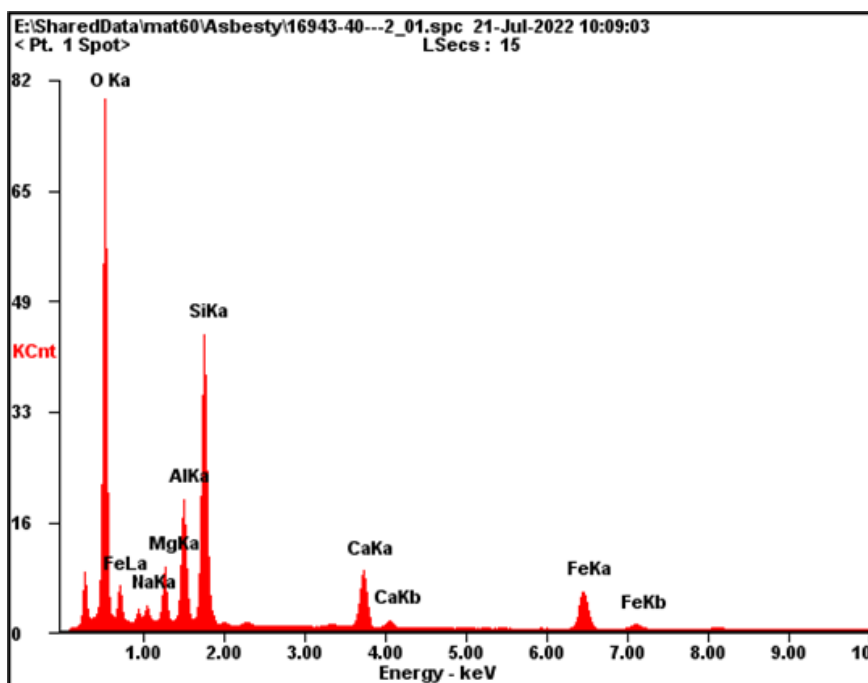
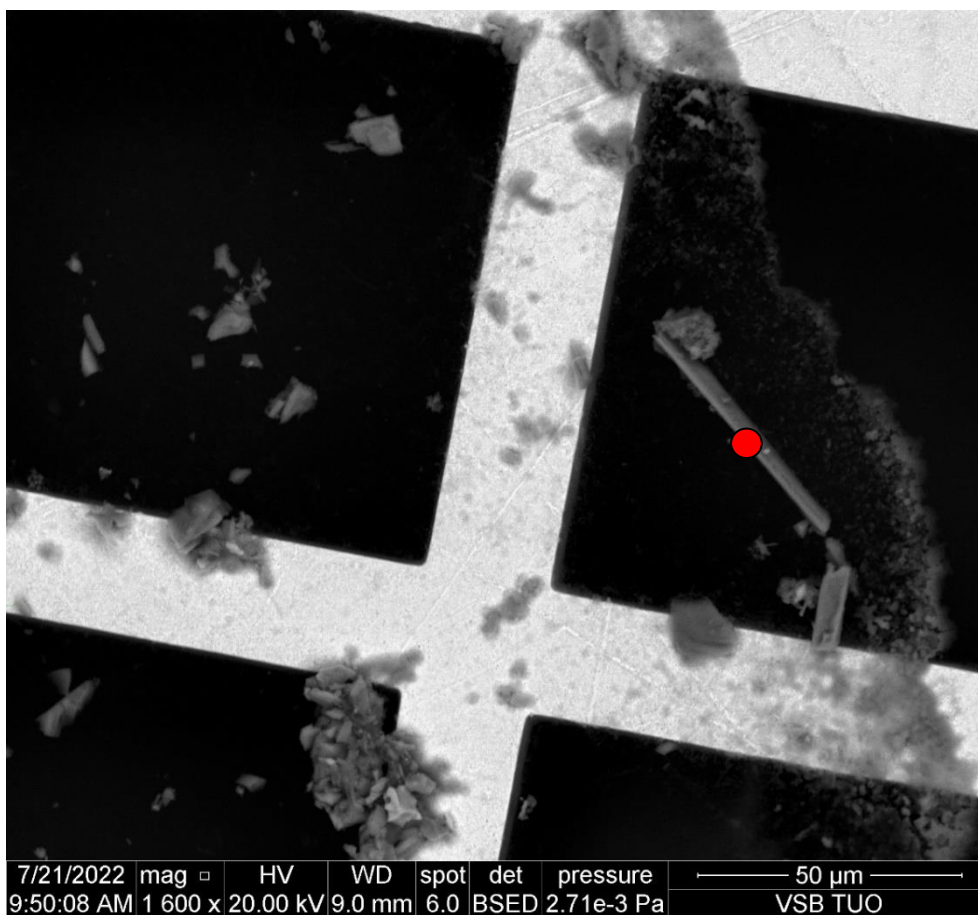
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	48.78	62.64
<i>NaK</i>	04.78	04.27
<i>MgK</i>	00.14	00.12
<i>AlK</i>	14.77	11.25
<i>SiK</i>	25.69	18.79
<i>KK</i>	00.13	00.07
<i>CaK</i>	05.22	02.68
<i>FeK</i>	00.49	00.19
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17015/38	Kosobody	gabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	----------	-------	--



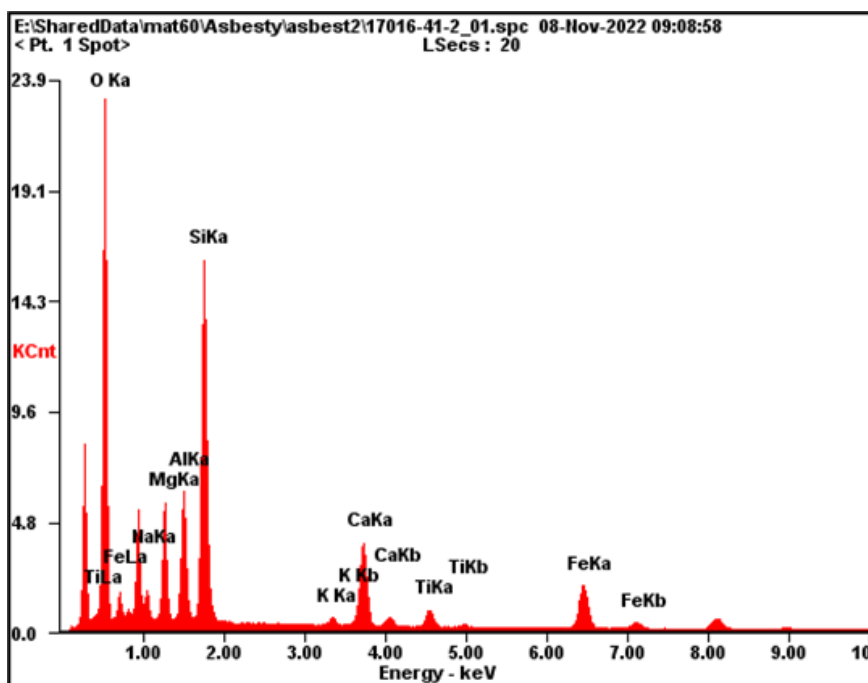
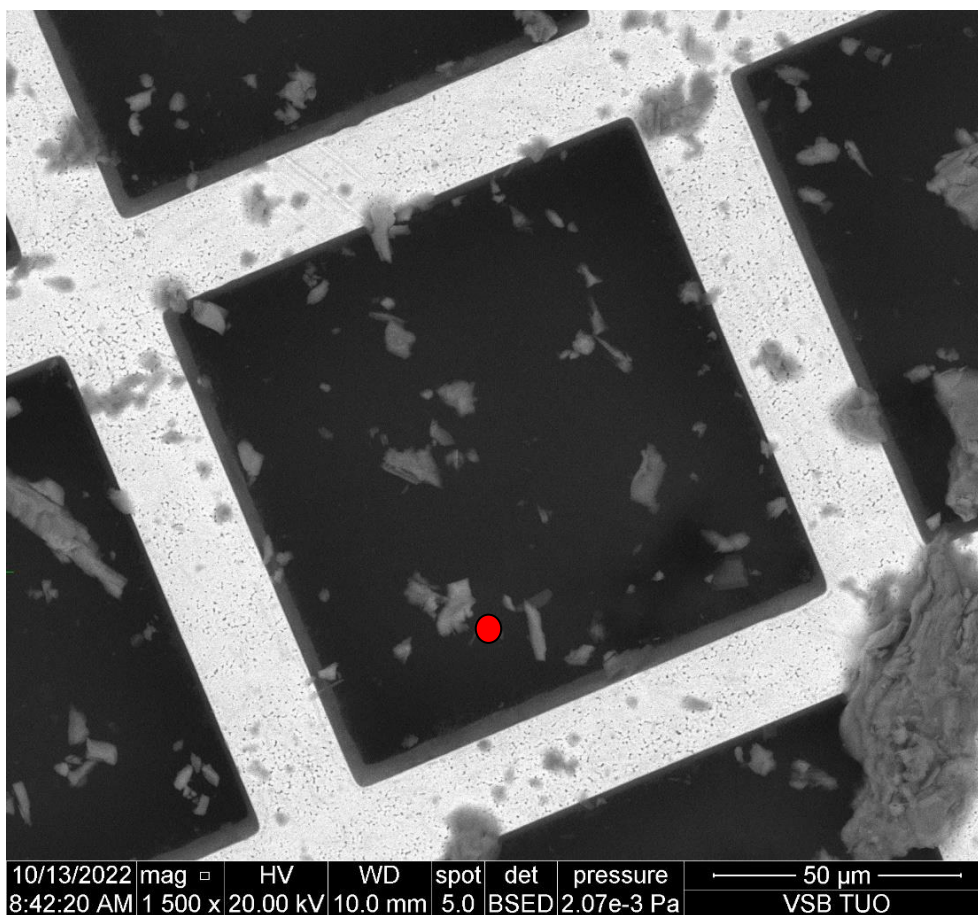
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	46.37	61.29
<i>NaK</i>	01.66	01.53
<i>MgK</i>	09.78	08.51
<i>AlK</i>	07.58	05.94
<i>SiK</i>	23.09	17.39
<i>CaK</i>	06.55	03.46
<i>FeK</i>	04.96	01.88
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17009/39	Výškovice	metagabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-----------	-----------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.68	65.91
<i>NaK</i>	01.67	01.54
<i>MgK</i>	04.15	03.62
<i>AlK</i>	08.57	06.75
<i>SiK</i>	20.41	15.43
<i>CaK</i>	05.70	03.02
<i>FeK</i>	09.82	03.73
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

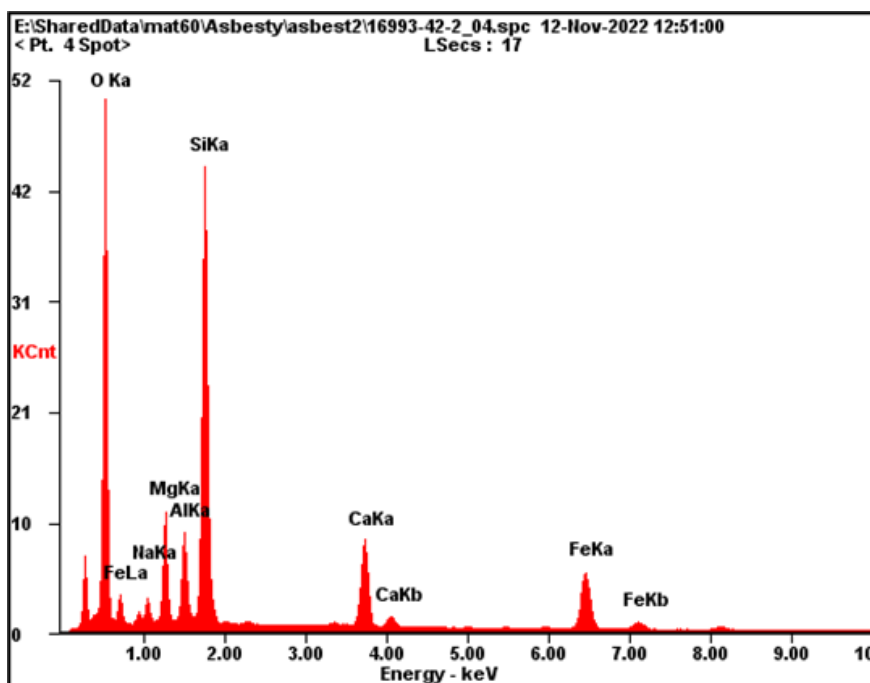
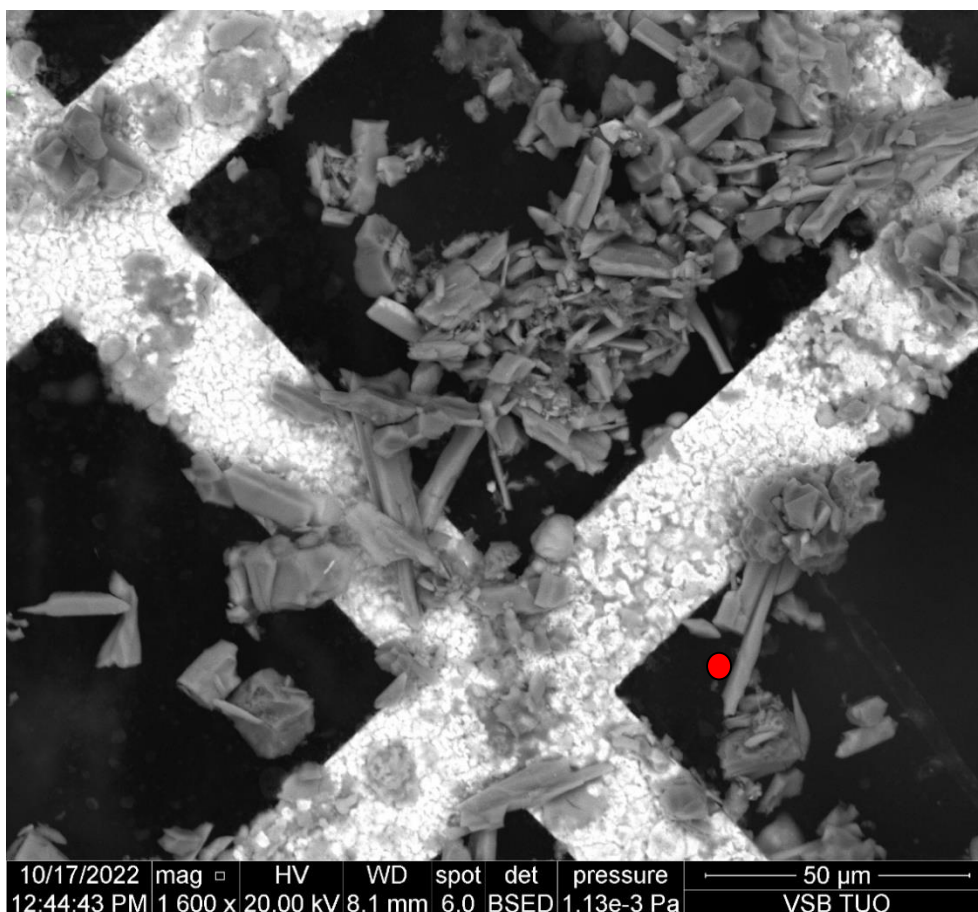
16943/40	Špičák u Deštného v Orlických horách	gabro	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------------------------------------	-------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	43.94	60.57
<i>NaK</i>	02.19	02.10
<i>MgK</i>	06.88	06.50
<i>AlK</i>	07.89	06.07
<i>SiK</i>	20.83	16.35
<i>CaK</i>	06.94	03.82
<i>TiK</i>	01.73	00.79
<i>FeK</i>	09.60	03.79
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

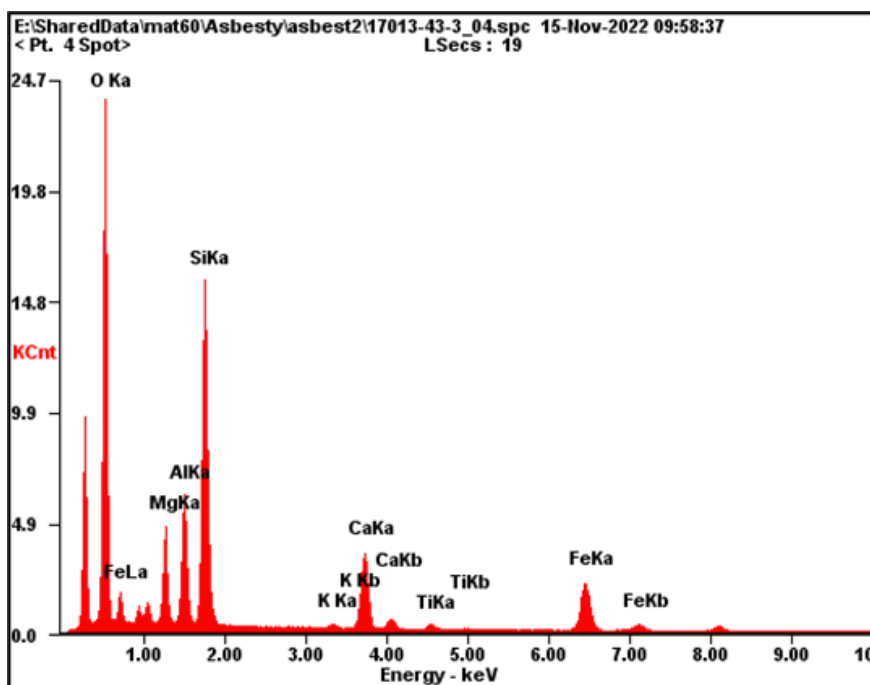
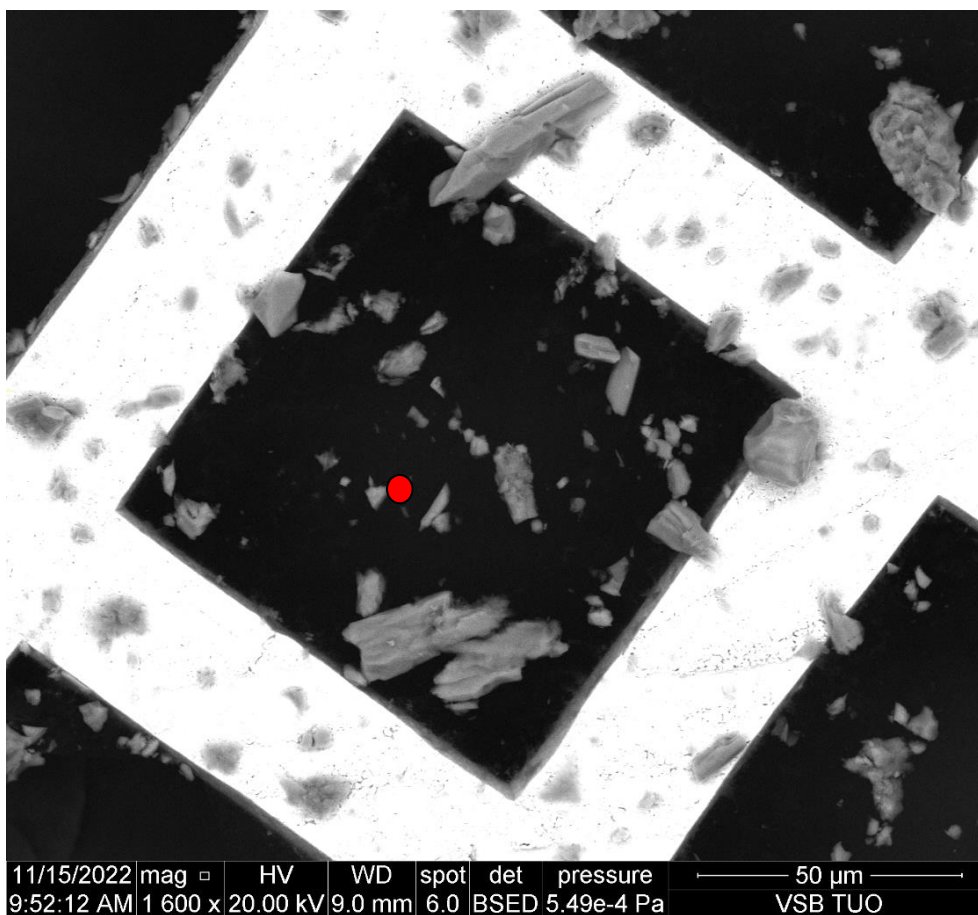
17016/41	Rousínov – Ostrý vrch	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-----------------------	--------	--





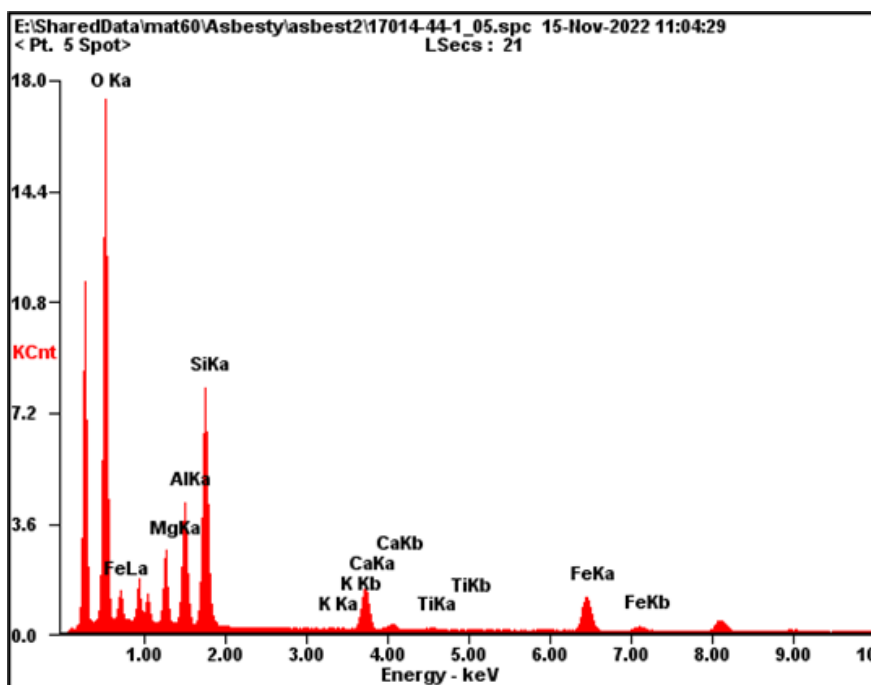
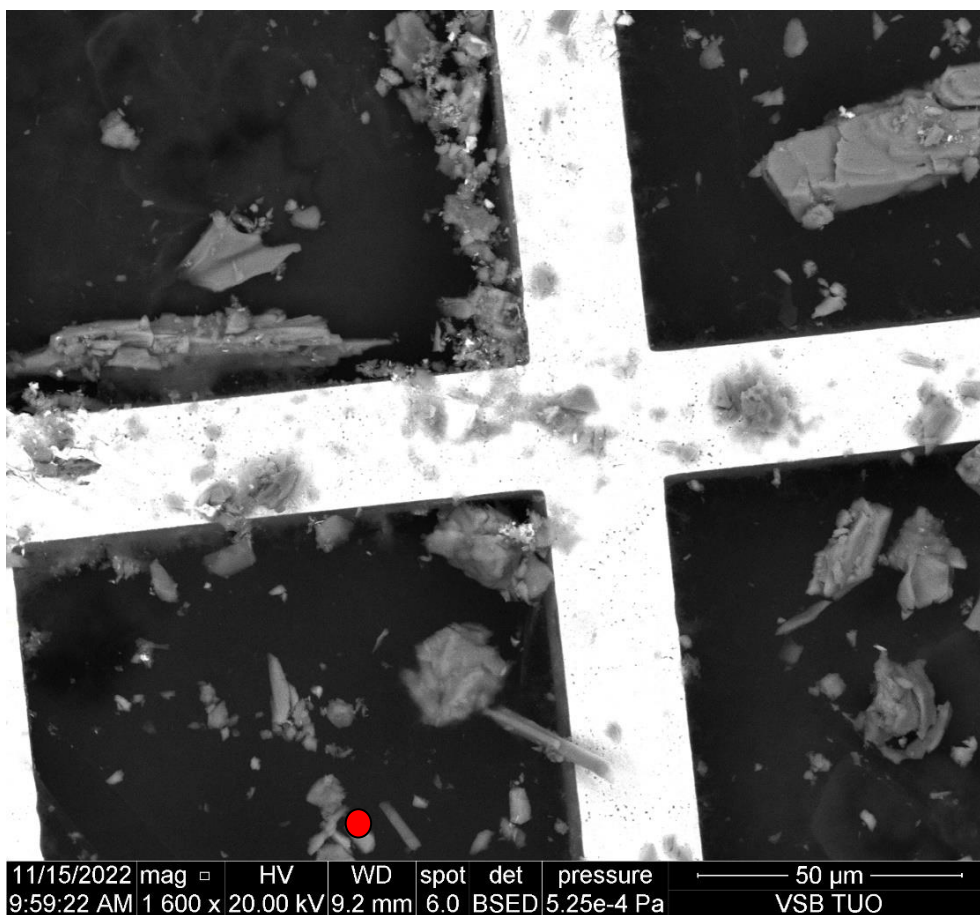
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	44.54	61.14
<i>NaK</i>	01.85	01.76
<i>MgK</i>	06.50	05.87
<i>AlK</i>	05.07	04.13
<i>SiK</i>	24.59	19.23
<i>CaK</i>	06.58	03.60
<i>FeK</i>	10.88	04.28
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16993/42	Radošice – Na skále	amfibolový kontaktní rohovec	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------------------	------------------------------	--



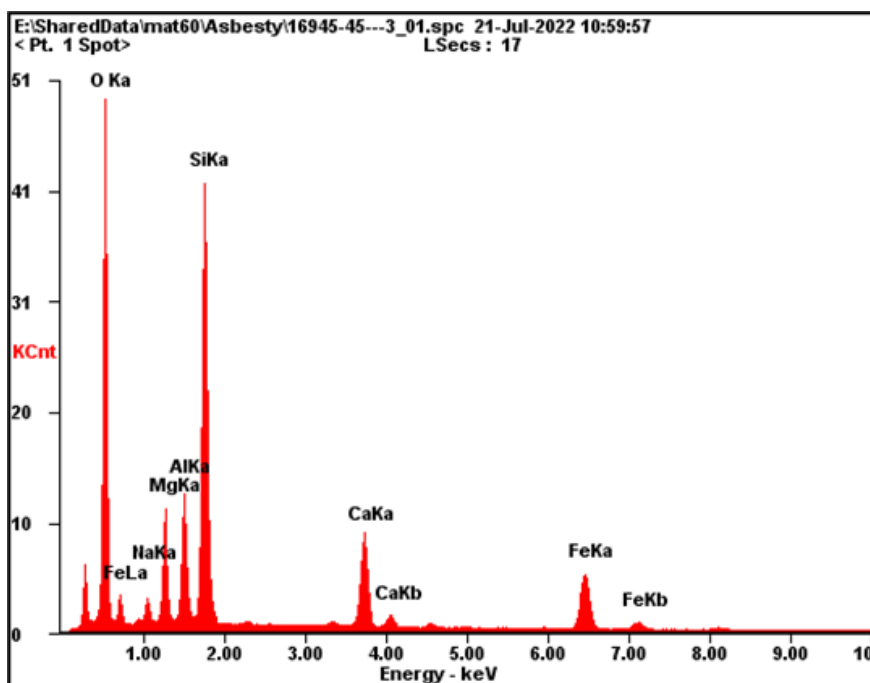
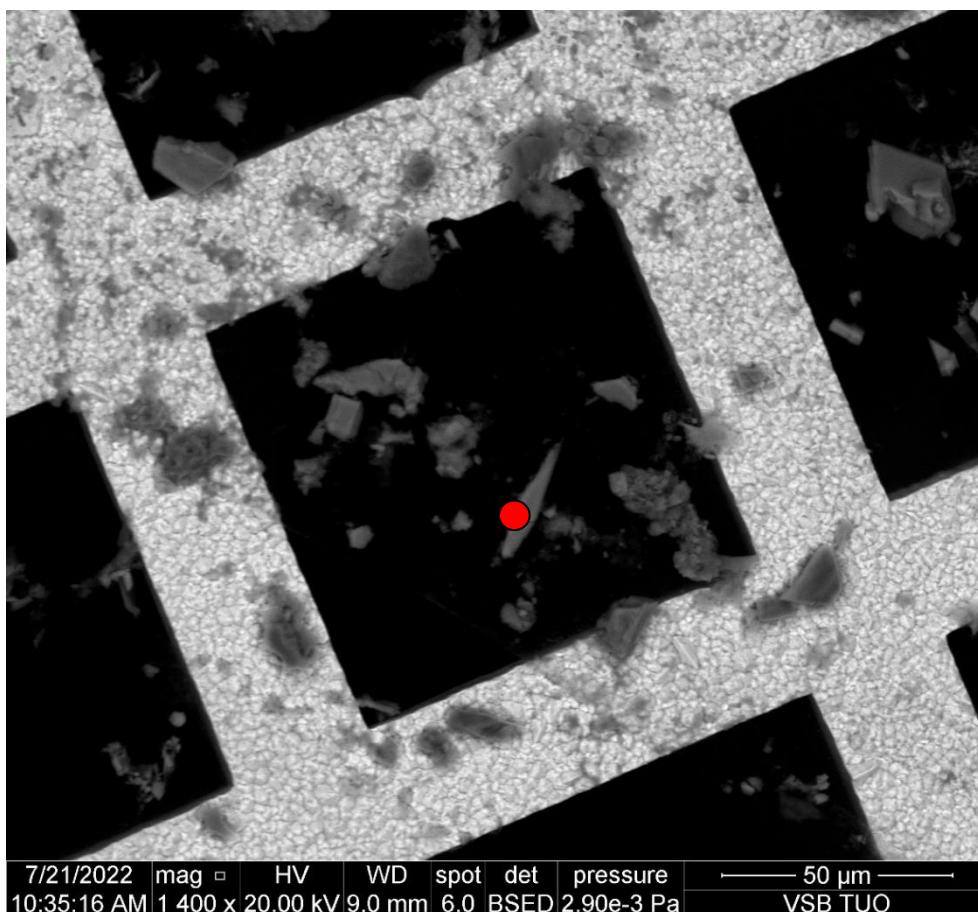
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	47.27	64.18
<i>MgK</i>	05.95	05.32
<i>AlK</i>	07.69	06.19
<i>SiK</i>	20.80	16.08
<i>KK</i>	00.31	00.17
<i>CaK</i>	06.71	03.64
<i>TiK</i>	00.59	00.27
<i>FeK</i>	10.68	04.16
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17013/43	Chrástovice – Velká Černá Hať	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	-------------------------------	--------	--



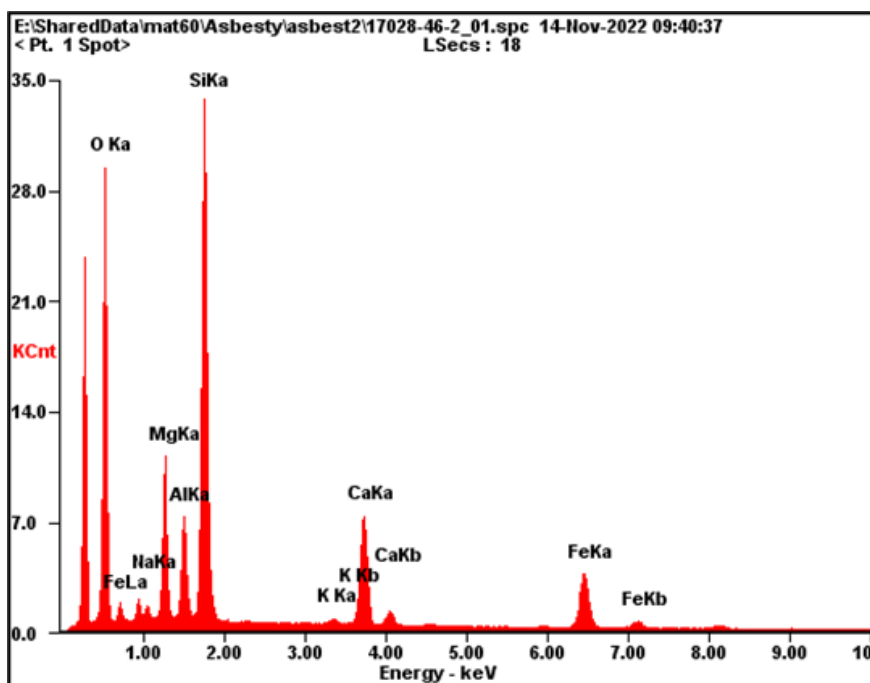
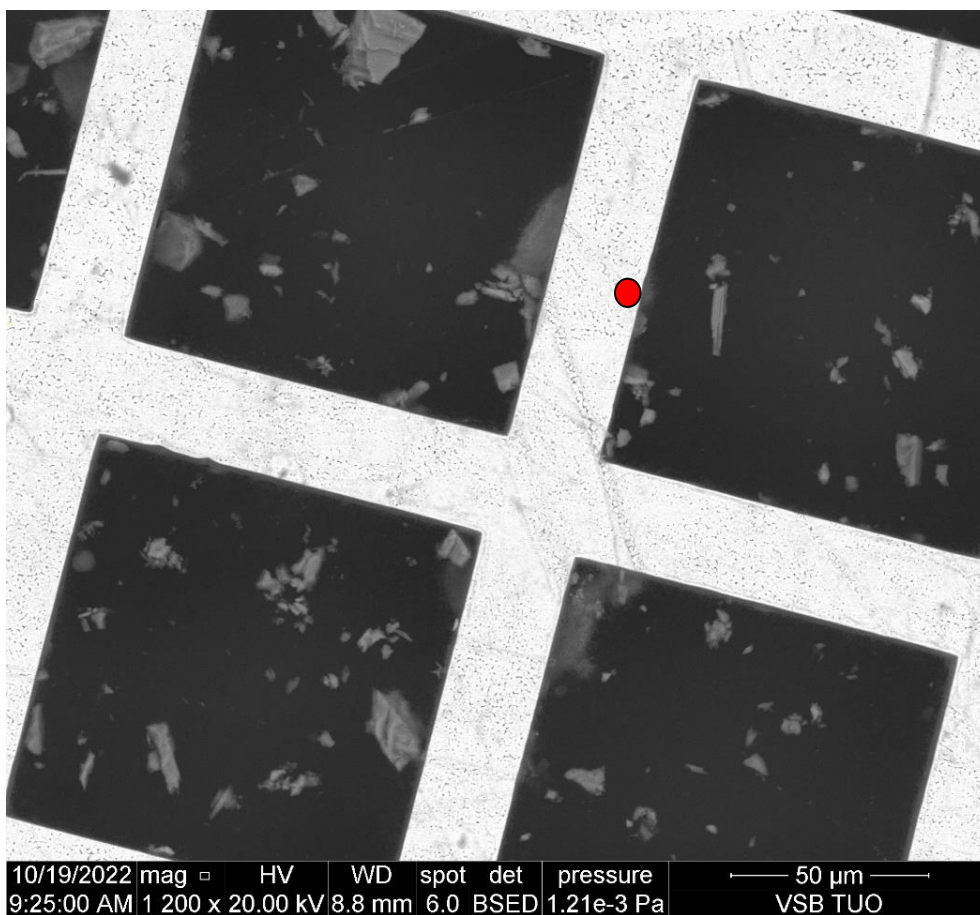
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	52.13	68.20
<i>MgK</i>	05.61	04.83
<i>AlK</i>	09.08	07.04
<i>SiK</i>	18.21	13.57
<i>KK</i>	00.14	00.07
<i>CaK</i>	04.84	02.53
<i>TiK</i>	00.30	00.13
<i>FeK</i>	09.69	03.63
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17014/44	Drahouš u Jesenice	spilit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------------------	--------	--



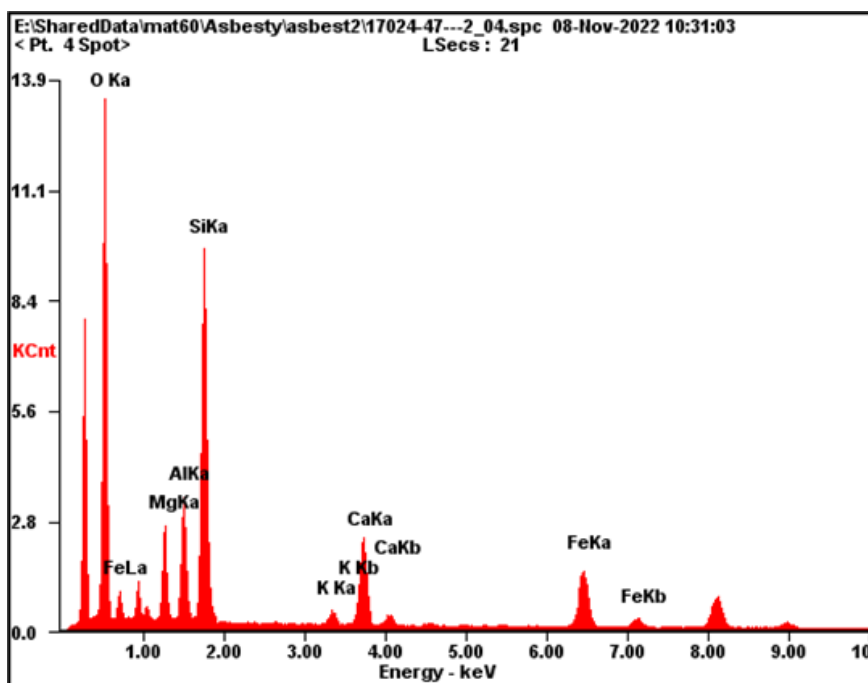
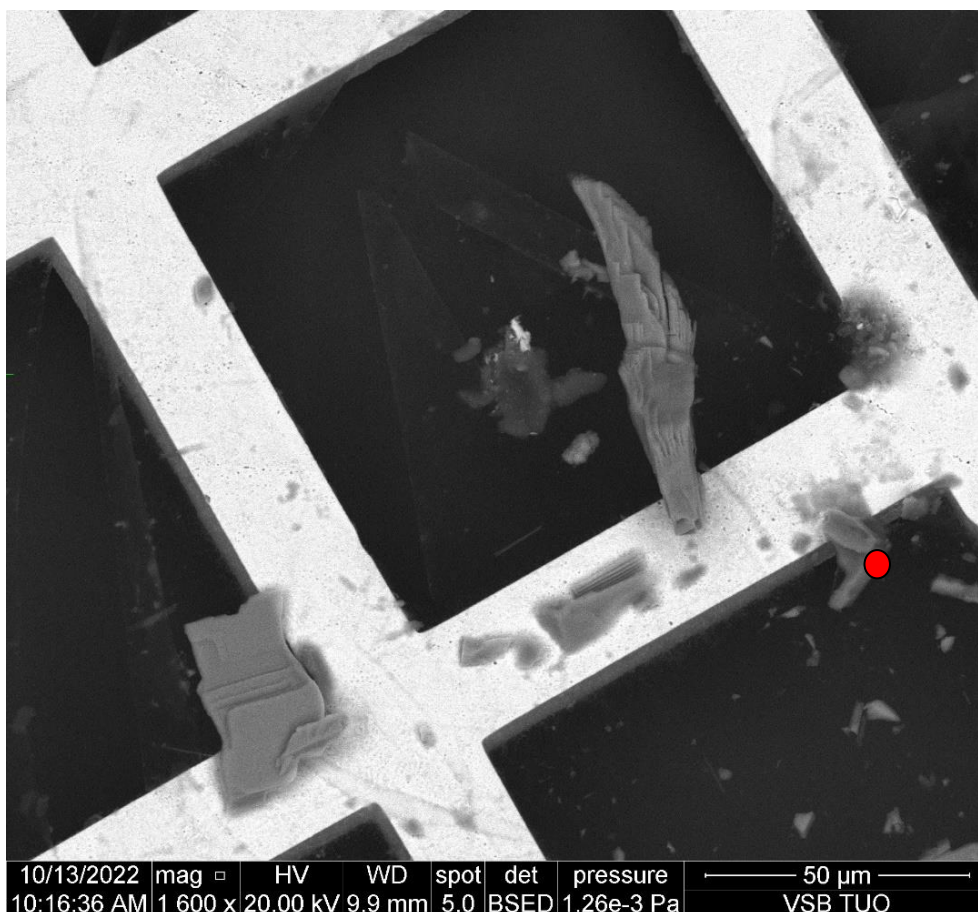
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	42.69	59.39
<i>NaK</i>	01.84	01.78
<i>MgK</i>	06.37	05.83
<i>AlK</i>	06.84	05.64
<i>SiK</i>	23.80	18.86
<i>CaK</i>	07.20	04.00
<i>FeK</i>	11.26	04.49
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16945/45	Hostěradice	amfibolit	SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován
----------	-------------	-----------	---------------------------------------



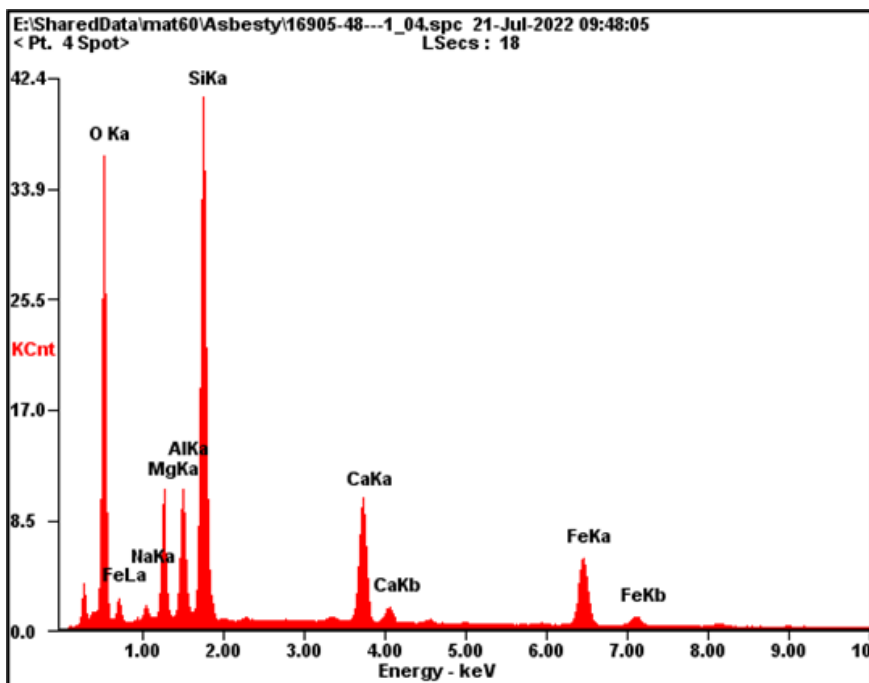
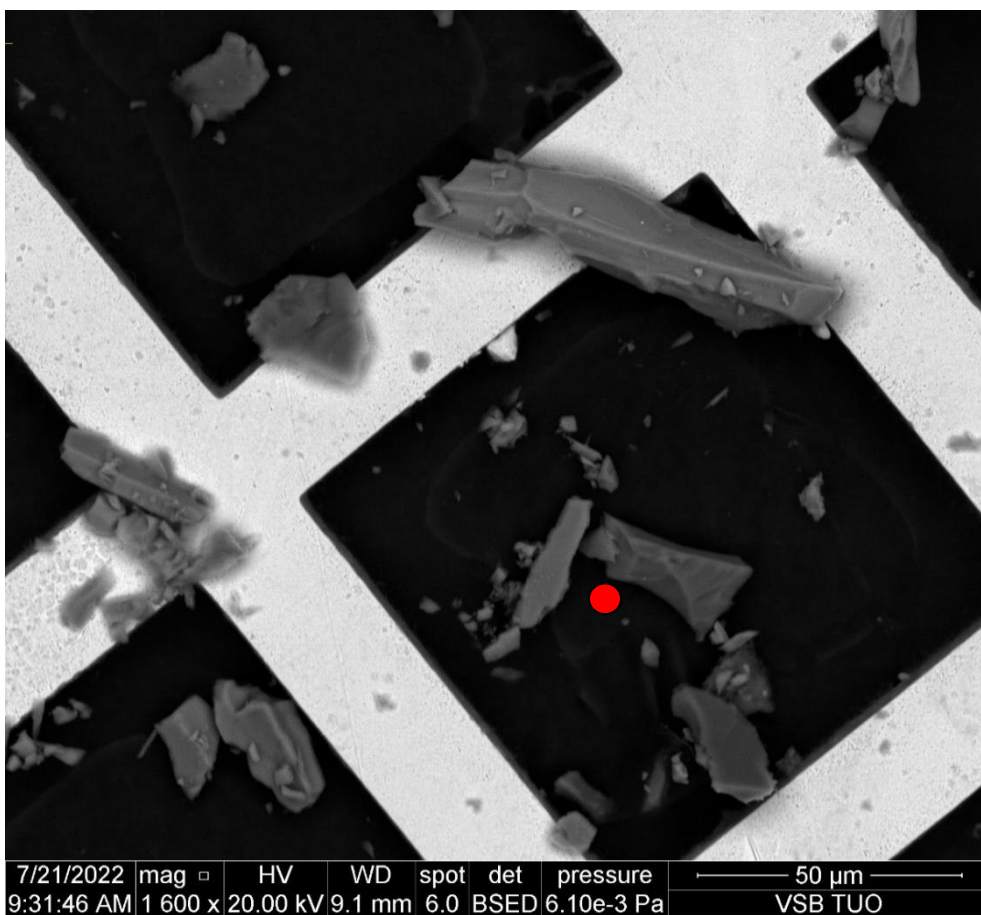
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	39.20	55.66
<i>NaK</i>	00.99	00.98
<i>MgK</i>	08.53	07.97
<i>AlK</i>	05.53	04.66
<i>SiK</i>	26.63	21.54
<i>KK</i>	00.39	00.23
<i>CaK</i>	08.47	04.80
<i>FeK</i>	10.26	04.17
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17028/46	Bohdaneč – Horka	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------------	-----------	--



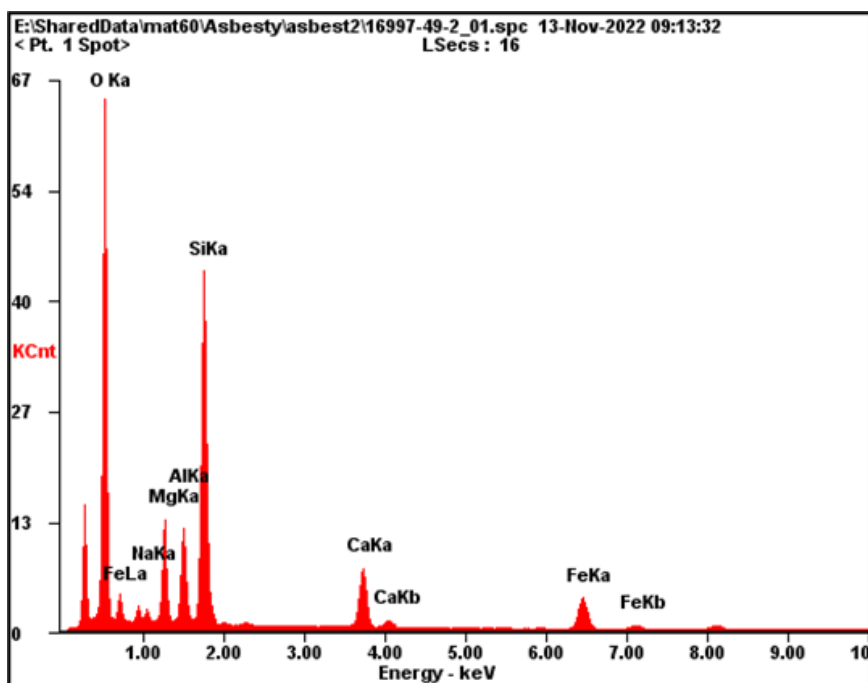
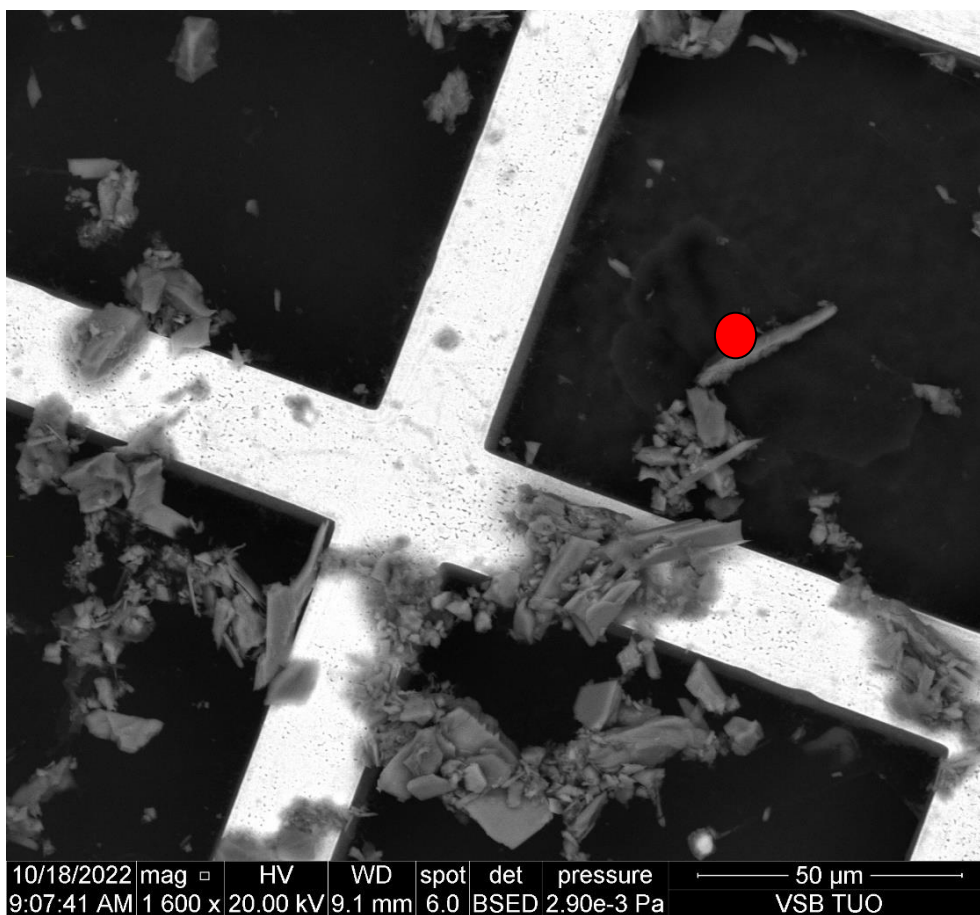
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	44.31	61.96
<i>MgK</i>	05.78	05.32
<i>AlK</i>	06.97	05.78
<i>SiK</i>	21.16	16.85
<i>KK</i>	01.07	00.61
<i>CaK</i>	07.49	04.18
<i>FeK</i>	13.22	05.29
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17024/47	Solopysky u Kutné Hory	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	------------------------	-----------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	38.26	55.28
<i>NaK</i>	01.08	01.09
<i>MgK</i>	06.65	06.32
<i>AlK</i>	06.52	05.59
<i>SiK</i>	25.91	21.32
<i>CaK</i>	09.00	05.19
<i>FeK</i>	12.58	05.21
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

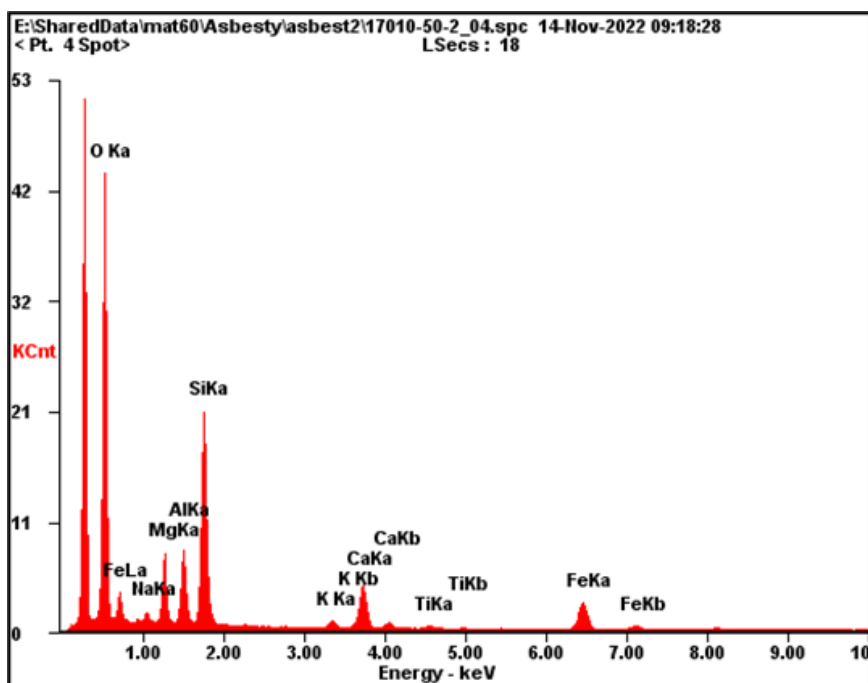
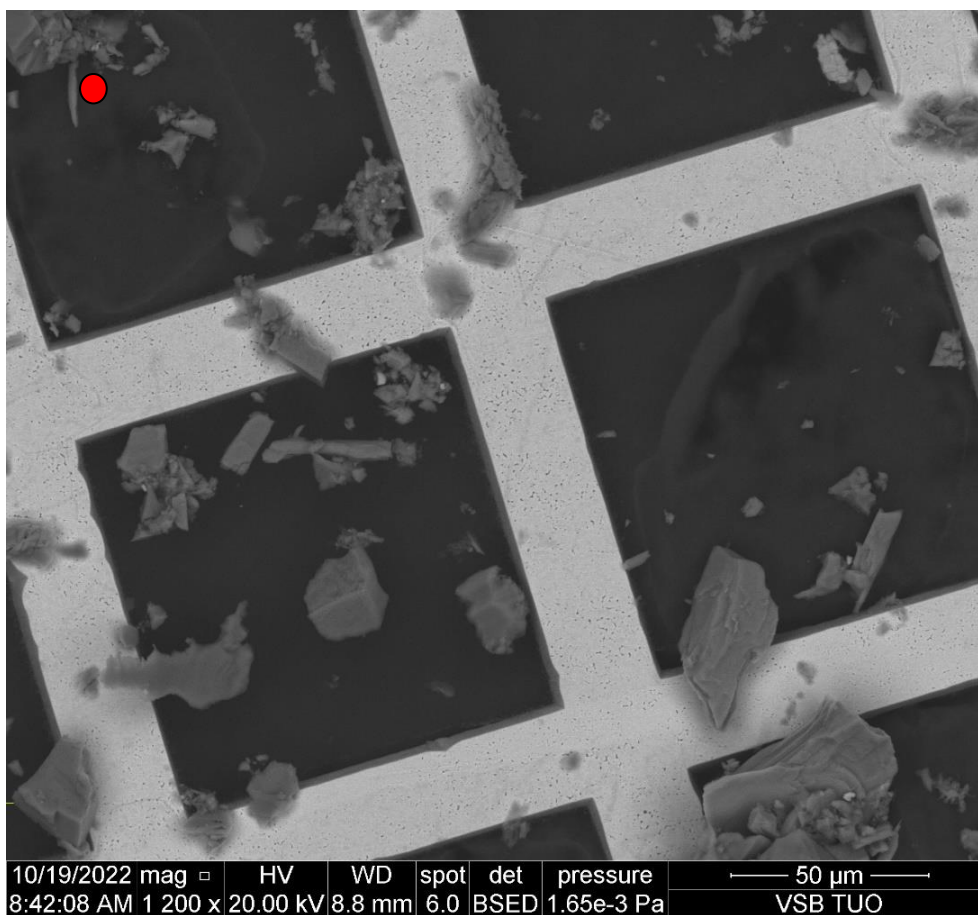
16905/48	Proseč	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------	-----------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	49.04	64.72
<i>NaK</i>	01.05	00.96
<i>MgK</i>	06.99	06.07
<i>AlK</i>	06.31	04.94
<i>SiK</i>	23.03	17.31
<i>CaK</i>	05.80	03.05
<i>FeK</i>	07.80	02.95
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

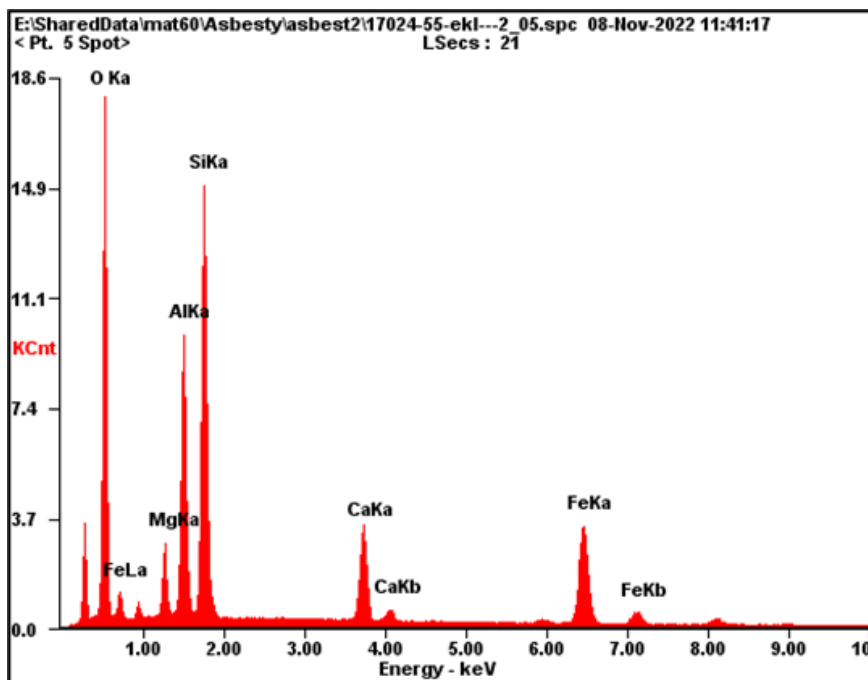
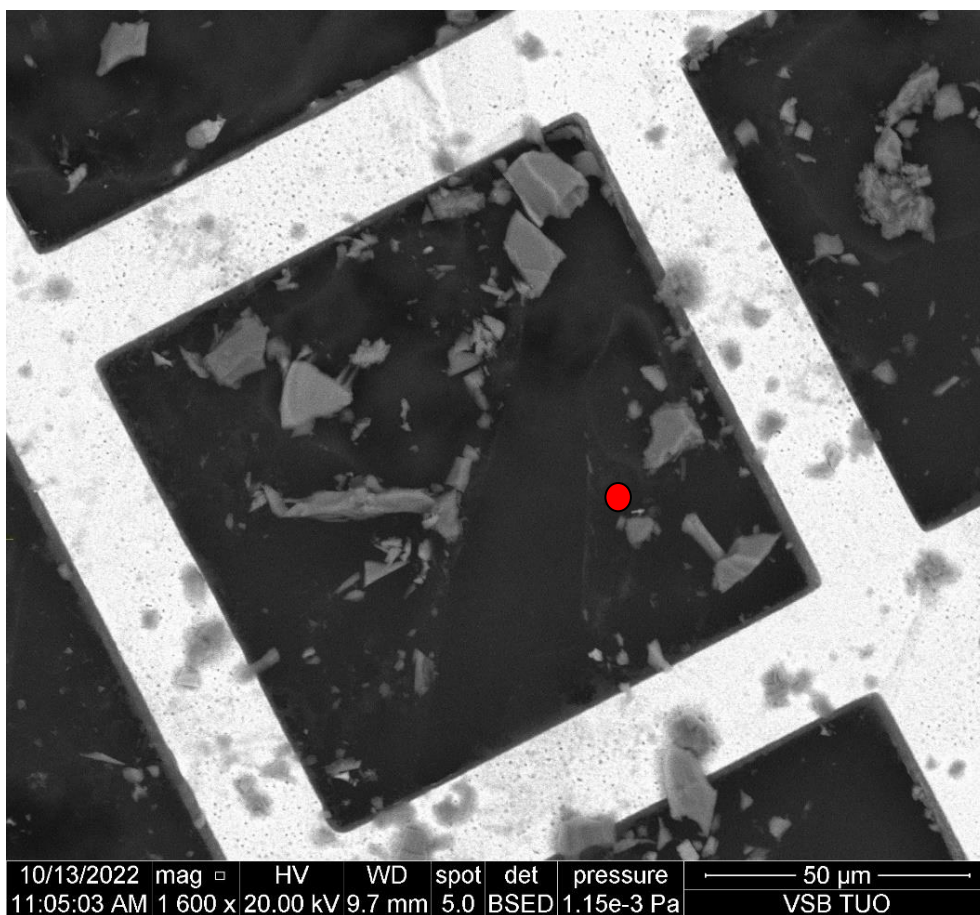
16997/49	Černá Hora u Bělé nad Radbuzou	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	--------------------------------	-----------	--





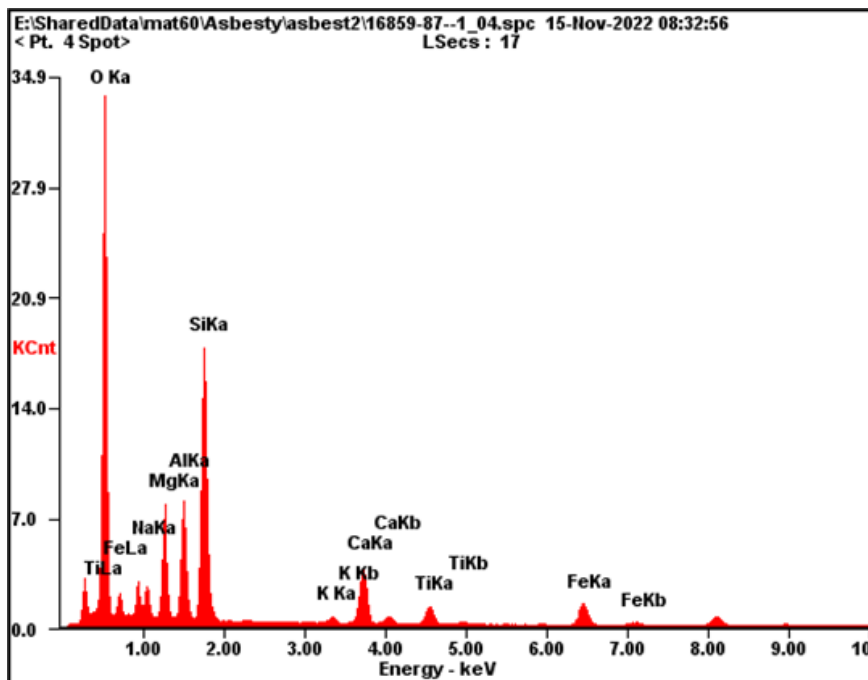
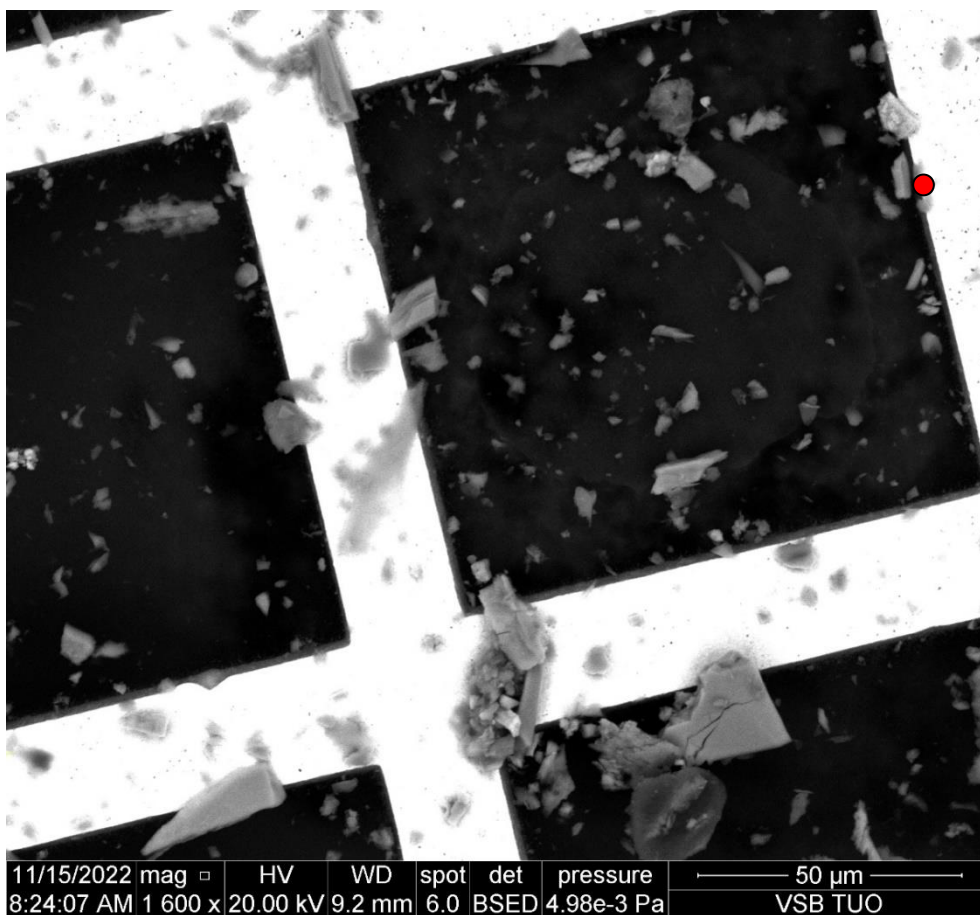
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	52.66	68.38
<i>NaK</i>	01.37	01.24
<i>MgK</i>	06.48	05.54
<i>AlK</i>	06.38	04.91
<i>SiK</i>	18.20	13.46
<i>KK</i>	00.75	00.40
<i>CaK</i>	05.32	02.76
<i>FeK</i>	08.84	03.31
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17010/50	Boněnov	amfibolit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------	-----------	--



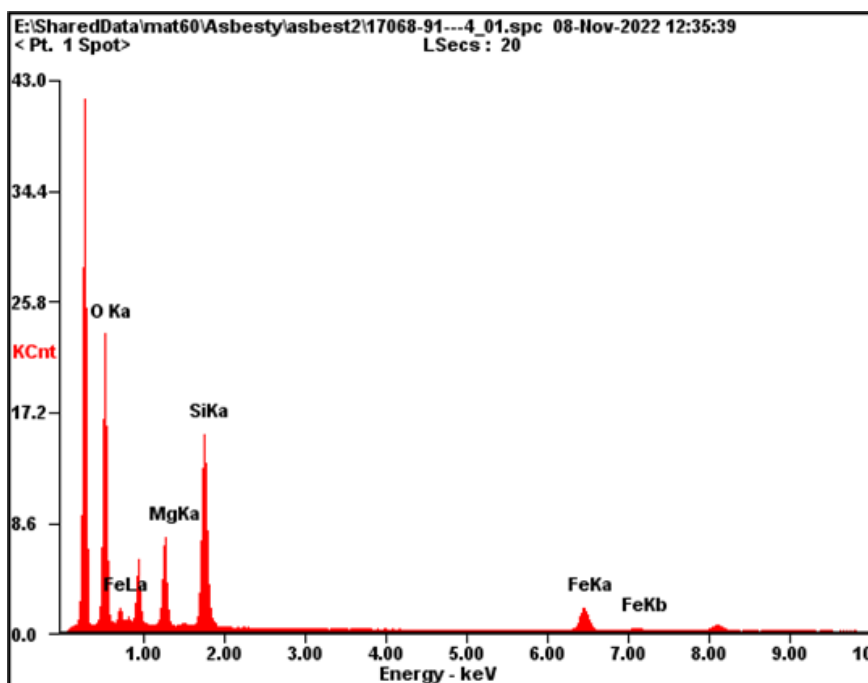
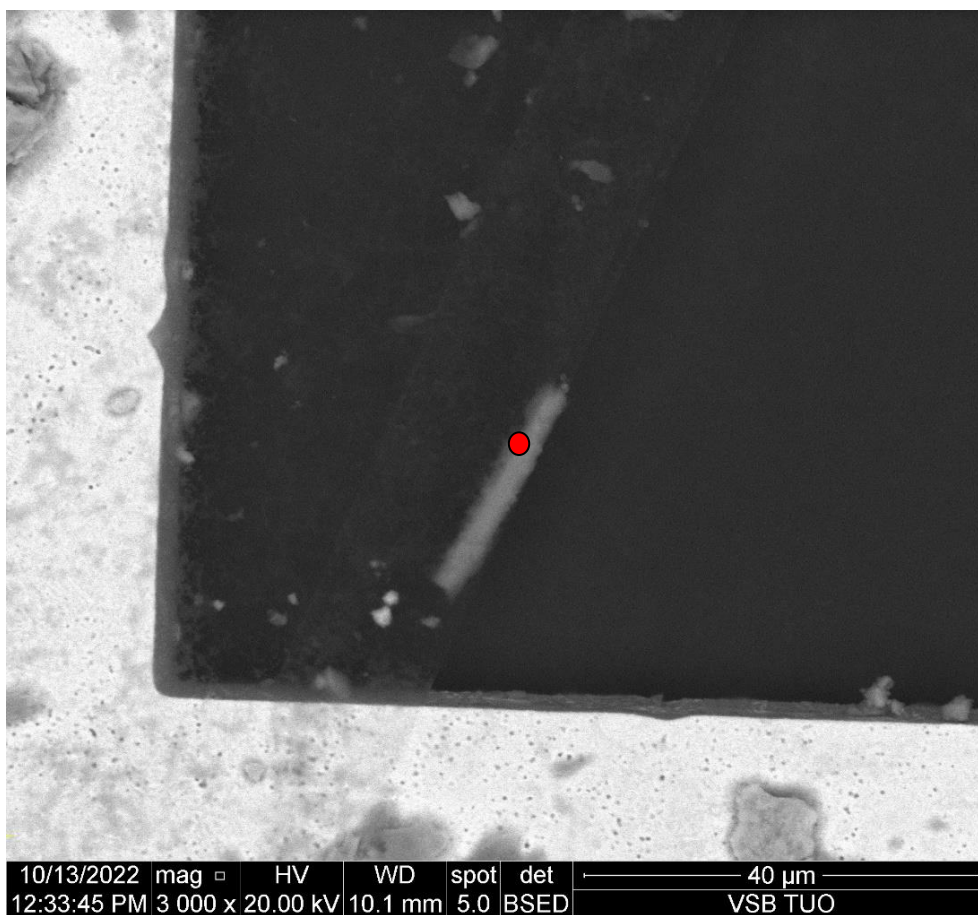
<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	36.60	54.49
<i>MgK</i>	03.72	03.65
<i>AlK</i>	13.35	11.78
<i>SiK</i>	21.83	18.52
<i>CaK</i>	06.66	03.96
<i>FeK</i>	17.83	07.60
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17027/55/eg	Borek u Vilémova	eklogit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
-------------	------------------	---------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	29.91	49.52
<i>NaK</i>	04.60	05.31
<i>AlK</i>	03.47	03.41
<i>SiK</i>	24.28	22.91
<i>KK</i>	01.60	01.08
<i>CaK</i>	01.95	01.29
<i>TiK</i>	03.34	01.85
<i>FeK</i>	30.84	14.63
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

16859/87	Řepiště – Vinohrady	těšinit	<b>SEM: azbest nebyl ve vzorku detekován</b>
----------	---------------------	---------	--



<i>Element</i>	<i>Wt%</i>	<i>At%</i>
<i>OK</i>	46.67	62.57
<i>MgK</i>	13.08	11.54
<i>SiK</i>	27.47	20.98
<i>FeK</i>	12.78	04.91
<i>Matrix</i>	Correction	ZAF

17068/91	Orlovice – U sv. Josefa	peridotit	<b>SEM: byl detekován antofylitový azbest</b>
----------	-------------------------	-----------	---

## **PŘÍLOHA Č. 5**

Stanovení přítomnosti azbestových vláken u 41 odebraných vzorků kameniva  
provedené pomocí transmisní elektronové mikroskopie

Pozn.: Z důvodu nesouhlasu těžebních společností s publikováním dat z lomů Želešice, Litice, Chrtníky a Tachov jsou v Příloze č. 5 uvedeny výsledky stanovení pouze 25 hodnocených vzorků (viz Tab. 9 v textové části zprávy).

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	17000/3/0-4
Datum odběru vzorku	15. 7. 2021
Lokalita odběru vzorku	Tisová

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

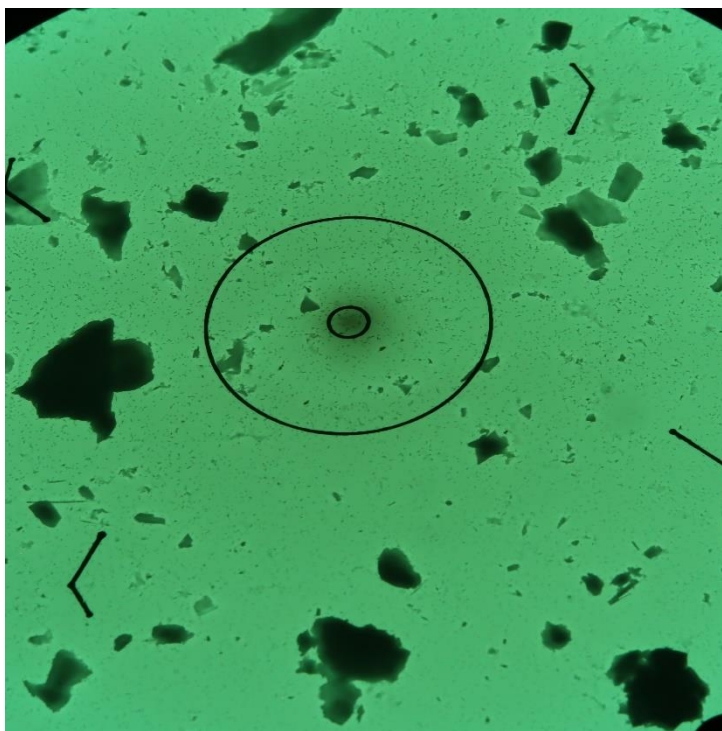
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 17000/3/0-4, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 4-8
Identifikační číslo vzorku	17000/3/4-8
Datum odběru vzorku	15. 7. 2021
Lokalita odběru vzorku	Tisová

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková



lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

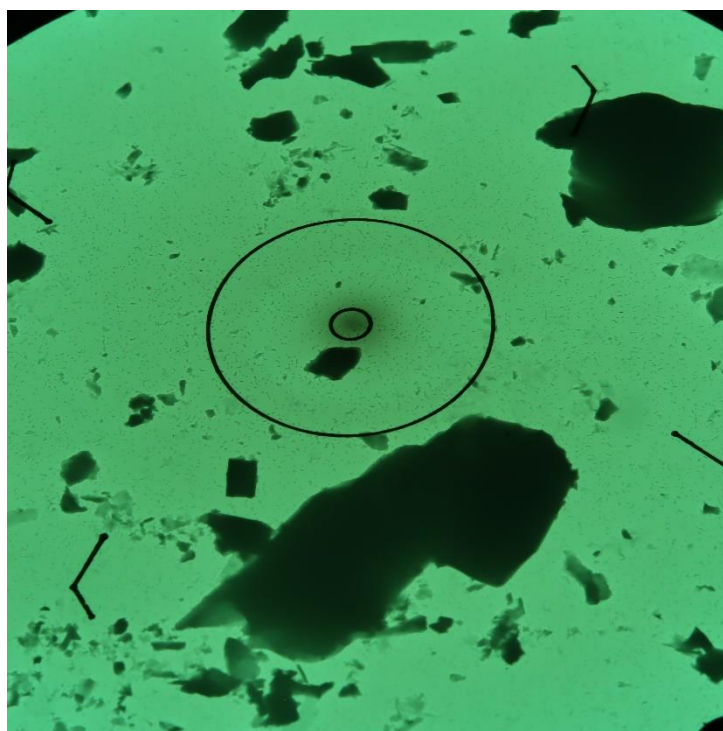
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 17000/3/4-8, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	spilit - kamenivo 0-2
Identifikační číslo vzorku	16996/4/0-2
Datum odběru vzorku	14. 7. 2021
Lokalita odběru vzorku	Trnčí

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

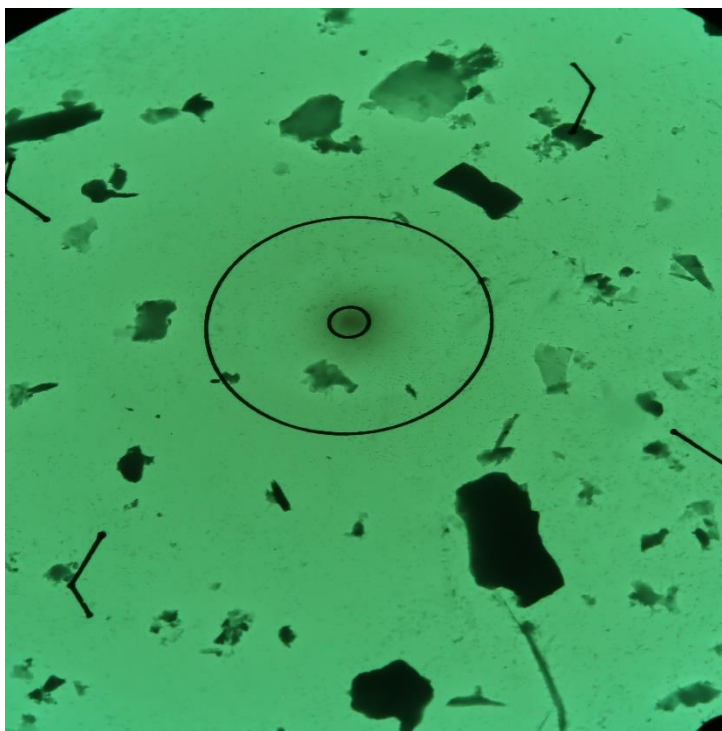
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16996/4/0-2, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matrici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	spilit - kamenivo 2-5
Identifikační číslo vzorku	16996/4/2-5
Datum odběru vzorku	14. 7. 2021
Lokalita odběru vzorku	Trnčí

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

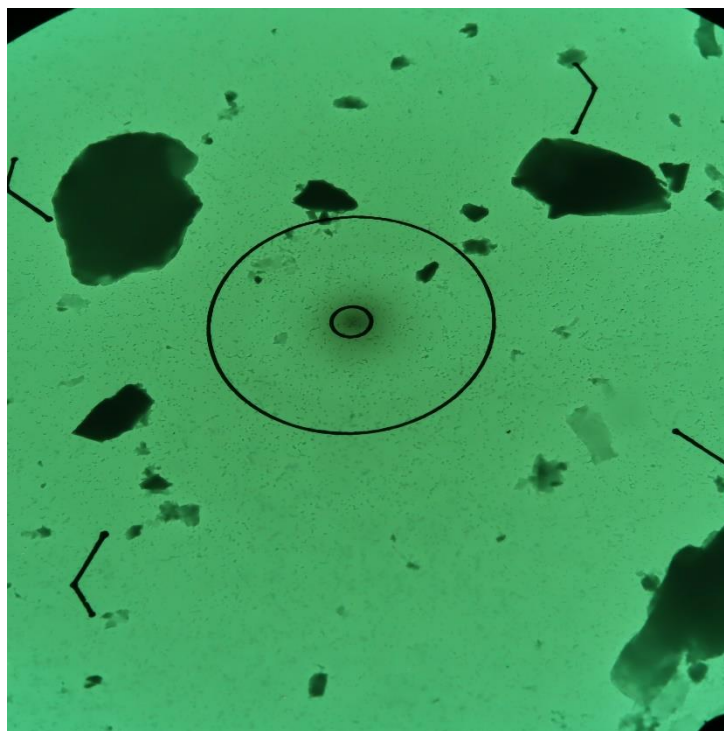
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16996/4/2-5, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-2
Identifikační číslo vzorku	17022/11/0-2
Datum odběru vzorku	7. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Libodřice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

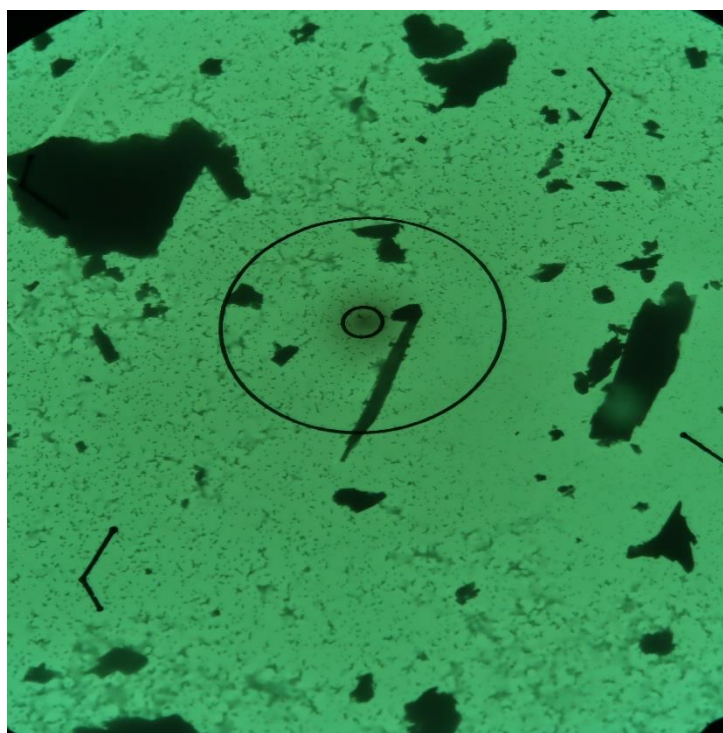
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17022/11/0-2, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	17022/11/0-4
Datum odběru vzorku	7. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Libodřice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková



lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

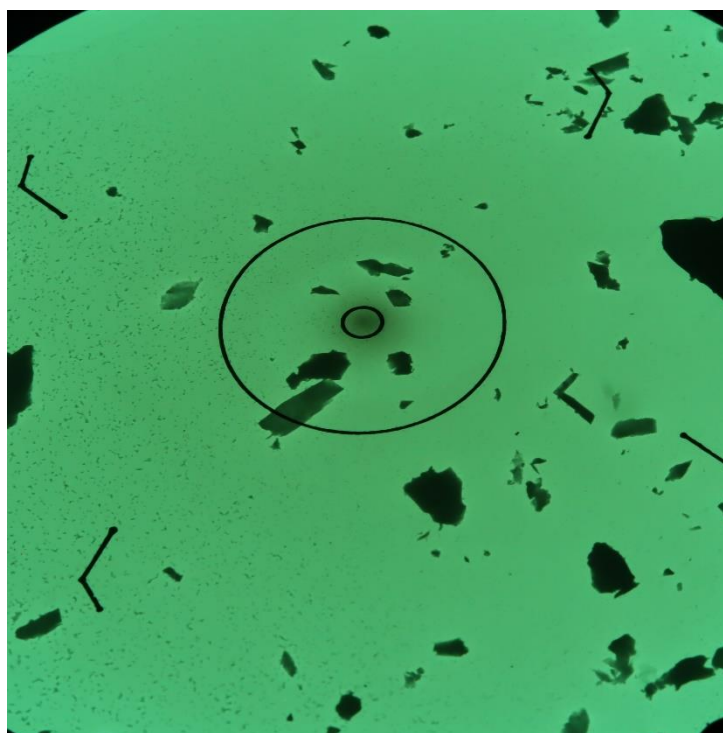
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17022/11/0-4, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

Zákazník: VŠB – Technická univerzita Ostrava  
17. listopadu 2172/15  
708 00 Ostrava-Poruba

Kontakt: Jarmila Drozdová

Fax /E-mail: jarmila.drozdova@vsb.cz

## Analýza drceného kameniva s rozlišením azbestiformních vláken / štěpných úlomků Specifikace normativní azbesty

### Optická mikroskopie v polarizovaném světle (OPM) Analytická transmisní elektronová mikroskopie (TEM)

**Objednávka:** 10124762/777

**Zákaznické č. / místo odběru:** 17022/11/filer / Český masiv

**Číslo analyzovaného souboru:** S202208006

#### A / Cíl

Aktinolitový azbest, tremolitový azbest, antofylitový azbest, amosit a krokydolit jsou amfibolové azbesty. Hlavním cílem této zprávy je co nejpřesněji charakterizovat částice definované jako amfibolový azbest, pokud jsou ve vzorcích přítomny, nebo poskytnout další informace o protažených částicích, které by mohly být zaměněny za amfibolový azbest.

Toto je protokol z analýzy *drceného kameniva*, které pravděpodobně obsahuje přirozeně se vyskytující azbest.

Vzorky byly odebrány zákazníkem.

## B / Ověření povahy protažených částic amfibolu

Amfiboly se v přírodě mohou vyskytovat v různých formách: prizmatické, jehlicovité (jehličkovité) a azbestiformní; jedná se zejména o:

- tremolit: neazbestová odrůda (č. CAS\* 14567-73-8) a azbestová odrůda nazývaná tremolitový azbest (č. CAS 77536-68-6)
- aktinolit: neazbestová odrůda (CAS č. 13768-00-8) a azbestová odrůda zvaná aktinolitový azbest (CAS č. 77536-66-4)
- grunerit: neazbestová odrůda (CAS č. 14567-61-4) a azbestová odrůda nazývaná gruneritový azbest nebo amosit (CAS č. 12172-73-5)
- riebeckit: neazbestová odrůda (CAS č. 17787-87-0) a azbestová odrůda zvaná riebeckitový azbest nebo krokydolit (CAS č. 12001-28-4)
- antofylit: neazbestová odrůda (CAS č. 17068-78-9) a antofylitový azbest (CAS č. 77536-67-5)

\*CAS: *Chemical Abstract Service*

Zařazení amfibolu mezi azbestové odrůdy se liší podle toho, zda jej provádí geolog, hygienik nebo lékař atp. Podle některých je za azbest považován pouze azbestiformní nebo semiasbestiformní amfibol (třídy (c) a (c') v tabulce 1). Jiní mohou za azbestová vlákna považovat také amfiboly třídy (b).

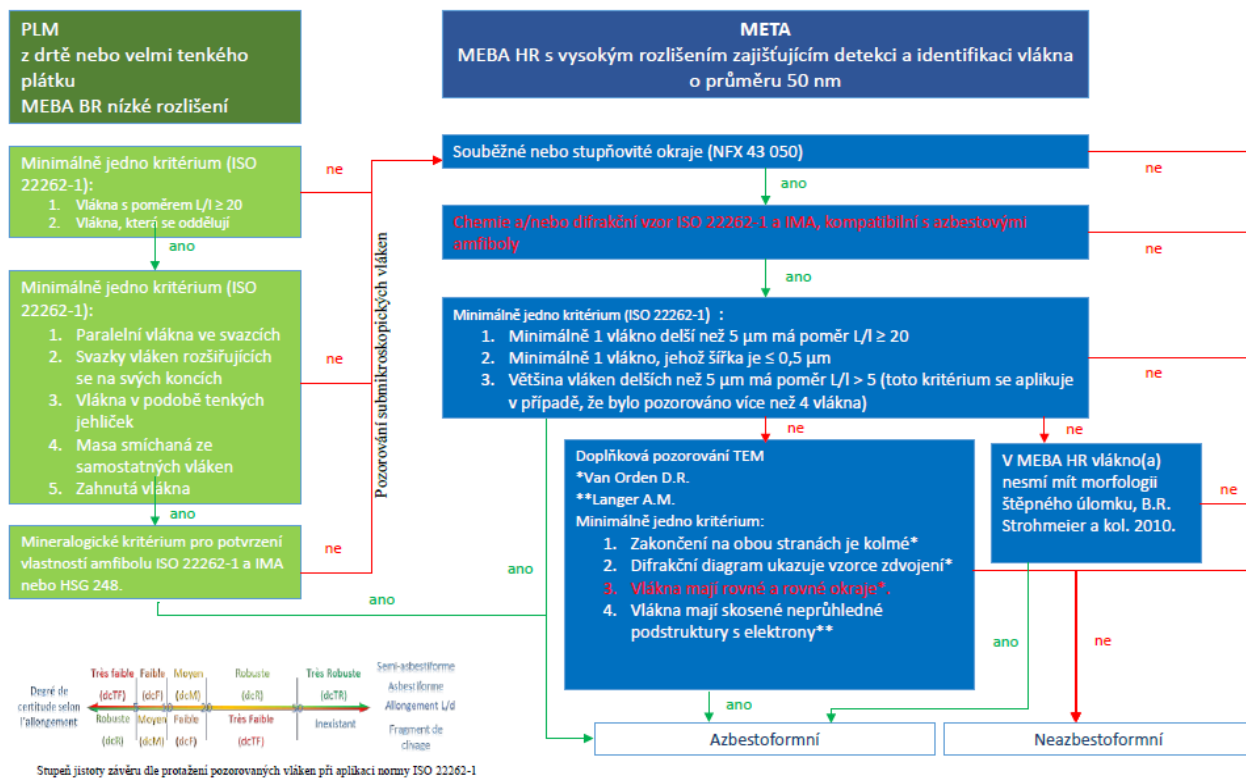
Ačkoli nejsou legislativně definovány jako azbest, lze mezi azbestiformními typy v přírodních horninách nalézt další amfiboly, které lze považovat za potenciálně karcinogenní: mezi ně patří edenit, richterit a winchit.

Problém je v tom, že bez ohledu na počáteční formu, mohou být některé amfiboly po rozdrčení definovány jako azbesty. Důsledkem pak je, že výrobek neobsahující azbestová vlákna může být po přípravě/analýze z důvodu tvorby úlomků při drcení označen jako materiál obsahující azbest.

Ve Francii je jedinou referenční metodou pro identifikaci azbestu analýza pomocí transmisního elektronového mikroskopu (TEM) dle normy NF X 43-050. Tento protokol je založen na verzi z roku 2021. Pečlivé pozorování protažených částic by mělo umožnit eliminovat prizmatické částice (třída (d) v tabulce 1), které jsou výsledkem drcení amfibolů, a to tak, že se vyberou pouze částice, které mají zřetelně rovnoběžné nebo stupňovité hrany (norma NF X 43 050 § 3.17). Prizmatické částice by proto neměly být definovány jako azbest.




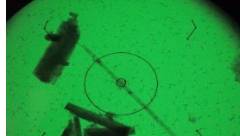
Na druhou stranu není možné jen pomocí normy NF X 43-050 odlišit protažené částice (třída (e) tabulky 1) vzniklé fragmentací amfibolů původně jehlicovitých, od protažených částic pocházejících z amfibolů semi-azbestiformních a azbestiformních (třída (f) a (g) tabulky 1). Přidáním kritérií normy ISO 22262-1 (OPM a TEM), relevantních kritérií dle **Van Ordena D. R.** („Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment“: Indoor and Built Environment, Vol 17, str. 58-68, 2007) a relevantních kritérií **Langera A. M.** („Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers“, Vol 9, str. 63-80, 1974), je pak ve většině případů možné tyto částice rozlišit.

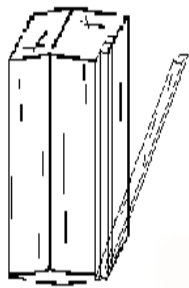
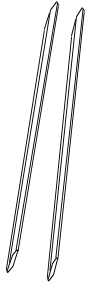


Kromě výše uvedeného je konečné rozhodnutí učiněno na základě vývojového diagramu prezentovaného jako Misseri M., Prieur J. a Bontemps P. P. "Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers" (2022) (vývojový diagram 1). Communication presented to the workshop of geologists specialised in natural occurring asbestos in Saint Clément des Places, on June 8, 2015, které je začleněno do interního pracovního postupu „PŘÍRODNÍ HORNINY / Analýza TEM horniny“.



**Vývojový diagram 1:** vývojový diagram Misseri M., Prieur J. a Bontemps P. "Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers" (2022)

Vzorky jsou analyzovány pomocí OPM, avšak touto metodou nemohou být detekována nejjemnější vlákna. Pokud je analýza negativní nebo neprůkazná v OPM, analýza pokračuje v TEM.

<p><b>Pozorování po drcení</b></p>	 <p>Štěpný úlomek (d) s přibližně rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Jemný štěpný úlomek (e) s částečně rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Jemné vlákno (f) s rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Velmi jemné a velmi dlouhé vlákno (g) s rovnoběžnými okraji</p>
<p>Odpovídá klasifikaci podle stanoviska ANSES z prosince 2015 a dubna 2017  (PMAI: sledovaná protáhlá minerální částice)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, nevláknitý podle NF X43-050 a který je štěpným fragmentem, označený jako fibriformní  (neazbestové podle fr. vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je štěpným fragmentem (neazbestové podle fr. vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je semiazbestiformní (azbest) (Azbest dle vyhlášky z 1.10.19) (Azbest podle vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je azbestiformní (azbest) (Azbest dle vyhlášky z 1.10.19) (Azbest podle vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>

<p>Pravděpodobný původ azbestových amfibolů v přírodních horninách</p>	 <p>Prismatický (a)</p>	 <p>Jehlicovitý (nebo jehličkovitý) (b)</p>	 <p>Semi-azbestiformní (c')</p>	 <p>Azbestiformní (c)</p>
--	--	--	---	--

**Tabulka 1:** Klasifikace částic podle M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

\*Rozměry WHO: Délka > 5 µm, průměr < 3 µm, poměr stran > 3

## C / Příprava vzorků

Vzorek je reprezentován drceným kamenivem, které pravděpodobně obsahuje přirozeně se vyskytující azbest. Příprava preparátů probíhá v souladu s vnitřním pracovním postupem pro horniny "Příprava materiálů pro jejich analýzu TEM".

Při přípravě vzorků nebylo použito intenzivní mechanické drcení, které by, v případě obsahu minerálů odolných vůči mechanickému namáhání, mohlo způsobit uvolňování PMAI, které by se v rámci běžných procesů neuvolnily. Prováděné ruční drcení vytváří namáhání blízké tomu, ke kterému dochází při běžné úpravě suroviny.

Protokol přípravy je stručně popsán níže:

- pozorování vzorku a hledání podezřelých částic,
- odběr relevantní části vzorku horniny pod stereomikroskopem,
- v závislosti na typu vzorku: škrábání skalpelem, drcení špachtlí nebo ruční drcení v hmoždíři,
- vložení do suspenze, působení ultrazvuku a nakápnutí na zkontrolované pouhlikované mřížky pro elektronovou mikroskopii.

Oddělitelné části, které jsou předmětem zájmu, se připravují odděleně a dávají vzniknout alespoň třem preparátům TEM.

## D / Analýza

Analýzy jsou prováděny v souladu s francouzskou vyhláškou ze dne 1. října 2019, týkající se postupů při provádění rozborů materiálů a výrobků s pravděpodobným obsahem azbestu, podmínek kvalifikace personálu a akreditace organizací provádějících tyto rozborů.

### **Analýza azbestu pomocí OPM:**

Analýzy OPM se provádějí podle kritérií HSG 248 a ISO 22262-1.

Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je prohlášen po analýze minimálně třech preparátů OPM.

### **Analýza azbestu pomocí TEM:**

Analýzy TEM jsou prováděny v souladu s normou NF X 43-050 (2021) a jsou založeny na petrografických a mineralogických klasifikačních principech International Mineralogical Association (IMA) pro chemii amfibolů. Pro odlišení vláken azbestiformního původu od jejich neazbestiformních protějšků používá analýza TEM tabulku 1 doporučení ANSES 2014-SA-0196 „cleavage fragments“ a interní metodu akreditovanou Cofrac (srov. interní pracovní postup „PŘÍRODNÍ HORNINY / Analýza TEM horniny) na základě kritérií normy ISO 22262-1, na příslušných kritériích Van Orden D. R. a Langer A.M. a na vývojovém diagramu Misseri M., Prieur J. et Bontemps P. (2022) (« *Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers* ». *Communication presented to the workshop of geologists specialised in natural occurring asbestos in Saint Clément des Places, on June 8, 2015*).

Jako negativní je analýza TEM uzavřena po pozorování alespoň dvou mřížek na preparát TEM a po sestavení výsledků všech analyzovaných preparátů.

Laboratoř zaručuje pozitivní výsledek pro hledaná vlákna, pokud je jejich obsah ve vzorku větší nebo roven 0,1 % hmotnosti podle 95% intervalu spolehlivosti.

Pokud je uvedena, poznámka "jiná pozorovaná minerální vlákna" znamená, že byla zjištěna jiná minerální vlákna než hledaná. Tato vlákna nesplňují identifikační kritéria (morfologie, krystalografie, chemie) hledaných vláken.

Velikost protažených minerálních částic se určuje pomocí transmisního elektronového mikroskopu (TEM). Délka a šířka struktur jsou uvedeny pouze pro informaci a nejsou vždy reprezentativní pro skutečný rozměr vláken ve vzorku. Příprava vzorků pro jejich analýzu TEM obvykle zahrnuje fázi ruční destrukce, při které dochází k fragmentaci prizmatických vláken a minerálů.

Vláknitá nebo nevláknitá povaha pozorovaných struktur se určuje v souladu s kritérii normy NF X 43-050. Proto je vlákno definováno jako struktura, která splňuje následující definici: „podlouhlá částice, která má rovnoběžné nebo stupňovité okraje, s poměrem L/l rovným nebo větším než 3 a minimální délkou 0,5  $\mu\text{m}$ “ § 3.21. V TEM je jakákoliv jiná struktura splňující rozměrová kritéria, ale nevykazující požadovanou morfologii, považována za fibriformní.

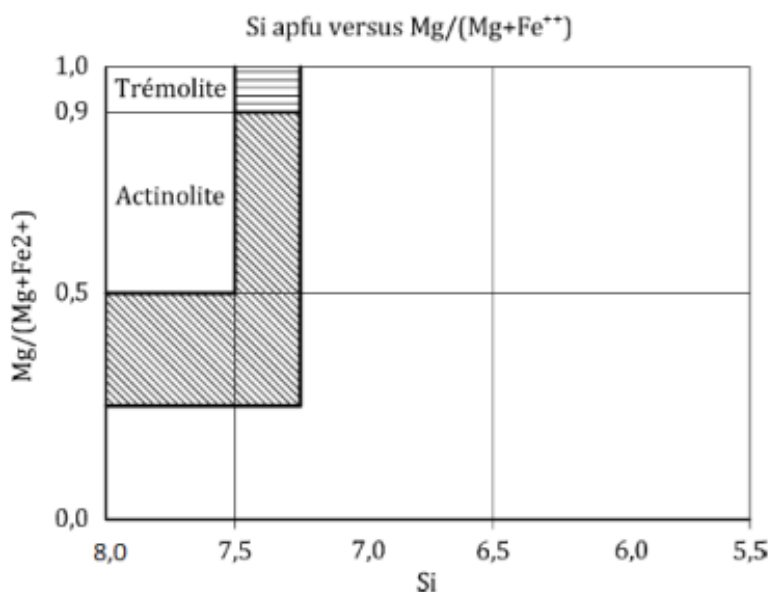
Pevnost v tahu a pružnost vláken nelze stanovit pomocí TEM. Tato kritéria proto nejsou zohledňována.

Jako azbest jsou definována pouze vlákna, jejichž chemické formy jsou uvedeny v normě NFX-43 050 (2021) (chryzotil, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, amosit, krokydolit, antofylitový azbest). Tato norma nebere v úvahu jiná přírodní vlákna, která by mohla být nebezpečná.

Pokud jde o vyvažovaná spektra, jedná se o chemické složení teoretického amfibolu, chemicky nejbližší pozorovanému vláknu. Toto složení je určeno pomocí naměřeného chemického složení zadaného do softwaru Locock IMA 12 a upraveno po jednotlivých prvcích, podle nejistot měření.

IMA (International Mineralogical Association) zveřejnila klasifikaci amfibolů v roce 1997, poté v letech 2004 a 2012. Klasifikace vláken se provádí podle IMA 12. Nicméně, pro klasifikaci tremolitových / aktinolitových vláken, pro vynesení naměřených bodů chemického složení byl upřednostněn diagram rozdělení Si apfu versus  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ , z normy NFX 43 050 (2021), který lépe odpovídá naší činnosti (obrázek 1):

- „identifikovaný tremolitový azbest“ nebo „identifikovaný aktinolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem, který je jednoznačně v oblasti tremolitu nebo aktinolitu a jehož strukturní vzorec je vyvážený;
- „pravděpodobný aktinolitový azbest“ a „pravděpodobný tremolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem, který je jednoznačně v oblasti tremolitu nebo aktinolitu, ale jehož strukturní vzorec není vyvážený;
- „pravděpodobný tremolitový azbest“ a „pravděpodobný aktinolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem ve šrafovaných polích.



**Obrázek 1:** Diagram Si apfu versus  $Mg$  apfu/ $(Mg$  apfu + $Fe^{2+}$  apfu) pro vápenaté amfiboly – Tremolit a Aktinolit

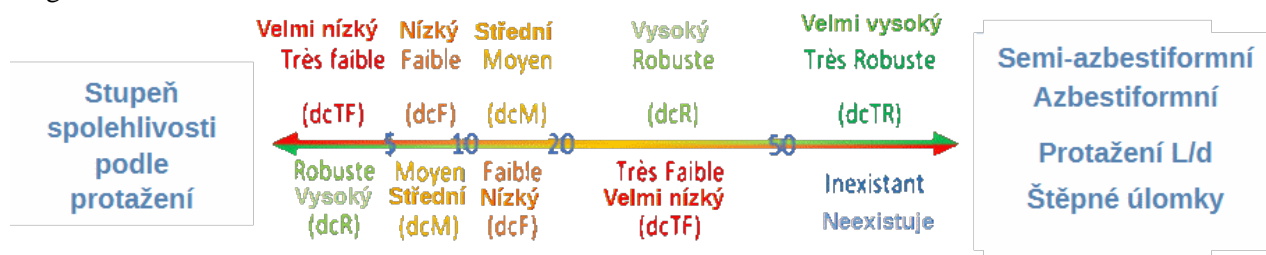
Pro Mg-Fe-Mn amfiboly (amosit (gruneritový azbest) a antofylit) jsou vlákna klasifikována nebo identifikována podle tabulky NFX 43-050 (2021), níže (obrázek 2):

Habitus	Difrakce		Strukturní vzorec	Strukturní vzorec vyvážený?	PLM MC Crone	Kompatibilní s petrografií	Klasifikovaný nebo identifikovaný	Název
	náhodný	kvantitativní						
Vlákno*	Amp.	-	Grun Cum Ath Fath	Ano	-	-	Klasifikovaný	Amosit, Ath. azbest nediferencované
Vlákno*	Amp.	Grun	Grun	Ind	-	-	Identifikovaný	Amosit
Vlákno	Amp.	-	Grun	Ind	Grun	-	Identifikovaný	Amosit
Vlákno**	Amp.	-	Grun	Ano	-	Ano	Identifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno*	Amp.	Cum	Cum	Ind	-	-	Klasifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno	Amp.	-	Cum	Ind	Cum	-	Klasifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno**	Amp.	-	Cum	Ano	-	Ano	Klasifikovaný	Amosit
Vlákno*	Amp.	Ath	Ath	Ind	-	-	Identifikovaný	Ath. azbest
Vlákno	Amp.	-	Ath	Ind	Ath	-	Identifikovaný	Ath. azbest
Vlákno**	Amp.	-	Ath	Ano	-	Ano	Identifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno*	Amp.	Fath	Fath	Ind	-	-	Klasifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno	Amp.	-	Fath	Ind	Fath	-	Klasifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno**	Amp.	-	Fath	Ano	-	Ano	Klasifikovaný	Ath. azbest

Ath.=antofylit, Fath = Ferro-antofylit, Amp.= amfibole, Cum = cummingtonit, Grun = grunerit.  
Ind = není-li strukturní vzorec vyvážený, stačí k potvrzení identifikace nebo klasifikace pozorování jiného kritéria (kvantitativní difrakce, PLM, kompatibilita s petrografií).  
\* použitelné při zkoumání vzorků vzduchu.  
\*\* použitelný při zkoumání vzorků vzduchu, když je znám zdroj azbestu.

**Obrázek 2:** Rozhodovací matice pro vyjádření charakterizace Mg-Fe-Mn amfibolů

Závěr týkající se odlišení vláken azbestiformního původu od jejich neazbestiformních ekvivalentů lze do určité míry vytvořit na základě poměrů protažení pozorovaných vláken amfibolů podle níže uvedeného diagramu.



**Schéma 1:** Stupeň spolehlivosti závěru dle protažení pozorovaných vláken při aplikaci normy ISO 22262-1



**Číslo vzorku : S202208006-01**

Datum analýzy : 05/12/2022

Označní vzorku zákazníkem	Typ analýzy	Makroskopický popis	Detekce normativního azbestu
17022/11/filer	OPM+TEM  3 preparáty OPM 3 preparáty TEM 6 mřížek TEM	Zelenošedý velmi jemnozrnný prach	(č. analýzy S202208006-01): Azbest nebyl detekován

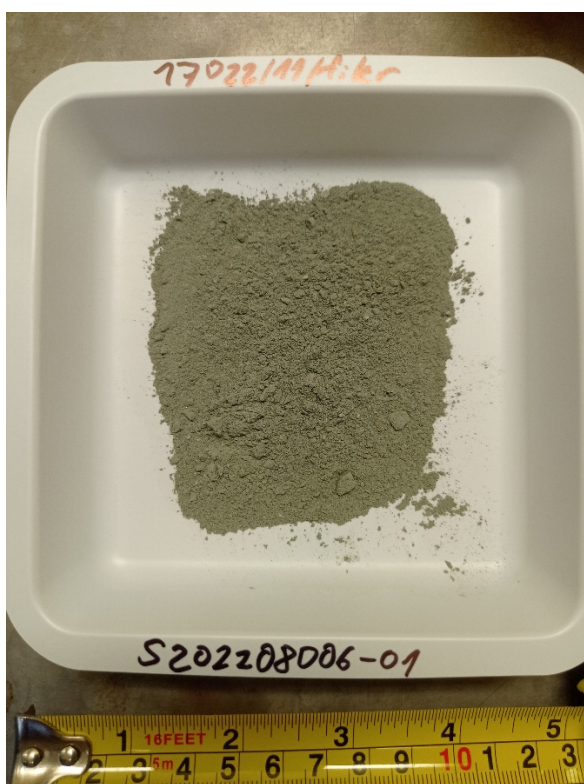


Foto 1: Vzorek S202208006-01

**Analýza OPM:**

V preparátech OPM z odebraných dílčích vzorků (relevantní části vzorku vybrané pod stereomikroskopem) nebyla pozorována žádná protažená forma aktinolitu nebo tremolitu prizmatické, jehlicovité nebo vláknité morfologie. Nebyla pozorována žádná chryzotilová vlákna.

**Analýza TEM:**

Nebyl zjištěn žádný azbest. Nebyly pozorovány žádné vláknité ani fibriformní struktury kteréhokoliv z normativních azbestů.

## F. Závěr

Ve vzorku drceného kameniva S202208006-01 nebyla detekována azbestová vlákna podle francouzské vyhlášky 88-466 ze dne 28. dubna 1988, podle francouzské vyhlášky z 1. října 2019, metod citovaných v této vyhlášce (norma NFX 43-050 a IMA) a podle interní metody společnosti AD-LAB.

Analytik OPM: [REDACTED]

[REDACTED]

Analytik TEM: [REDACTED]

[REDACTED]

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	metadiorit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	17023/12/0-4
Datum odběru vzorku	7. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Stříbrná Skalice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

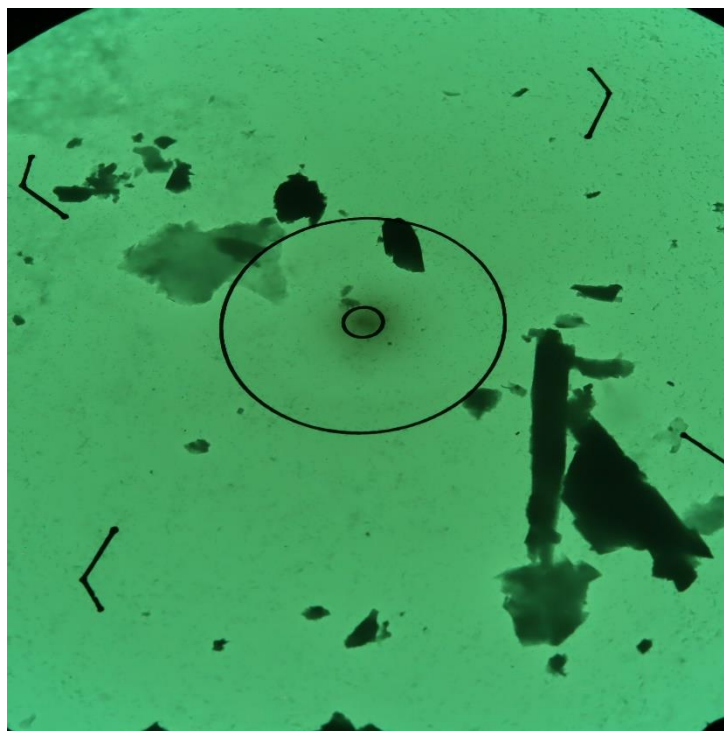
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17023/12/0-4, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	metadiorit - kamenivo 4-8
Identifikační číslo vzorku	17023/12/4-8
Datum odběru vzorku	7. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Stříbrná Skalice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

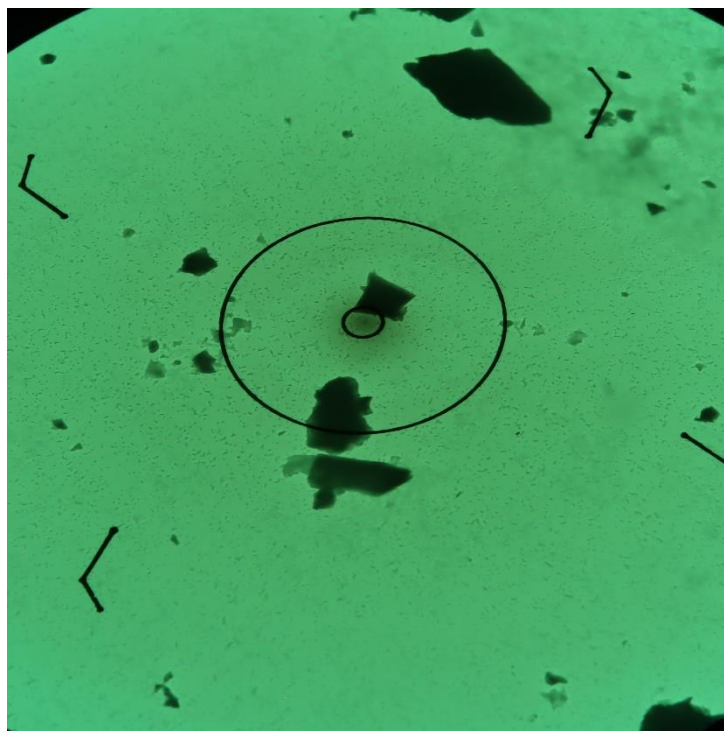
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17023/12/4-8, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	16877/19/0-4
Datum odběru vzorku	6. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Bukovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována (stopy)
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	detekován (stopy)
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

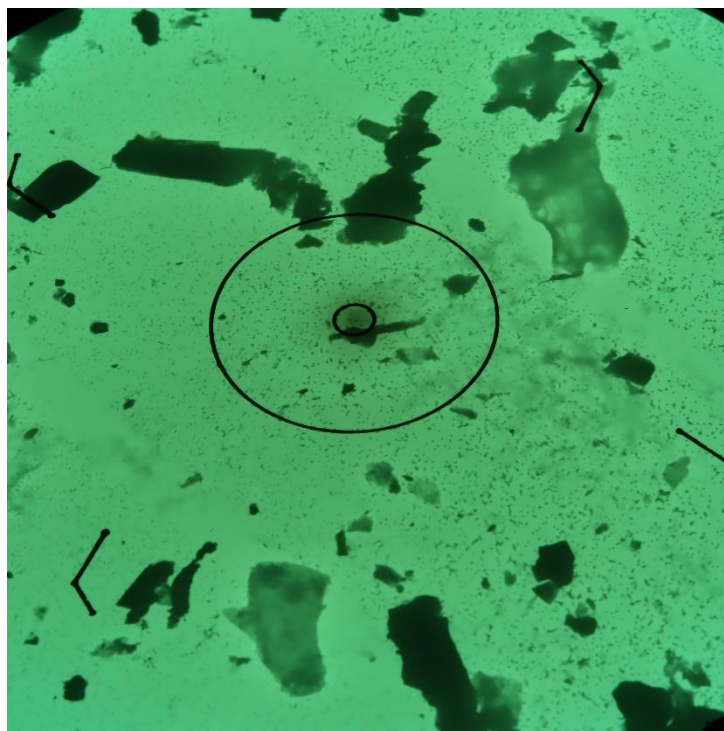
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

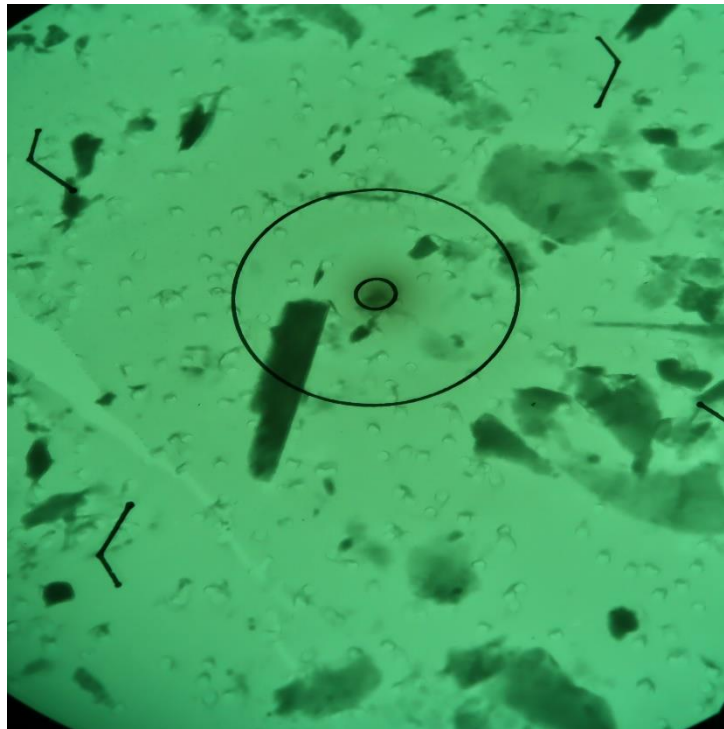
---

## Fotodokumentace vzorku

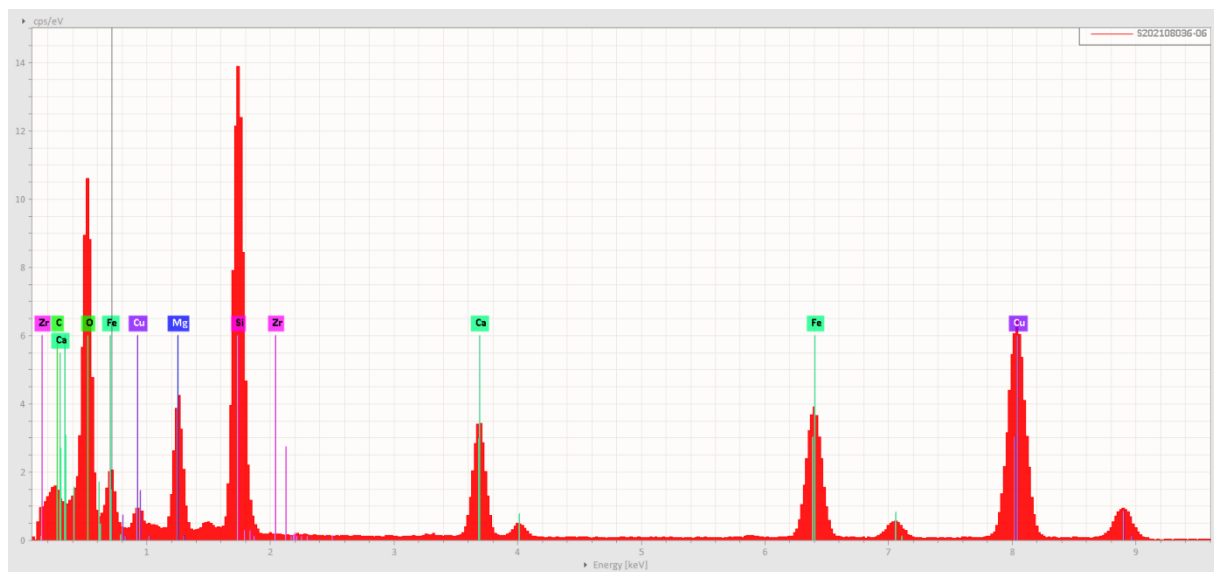


**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16877/19/0-4, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .





**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 16877/19/0-4, azbestová vlákna. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4 μm.



**Obr. 3** EDS spektrum aktinolitového azbestového vlákna, vz. 16877/19/0-4.

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-8
Identifikační číslo vzorku	16877/19/0-8
Datum odběru vzorku	6. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Bukovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována (stopy)
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	detekován (stopy)
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

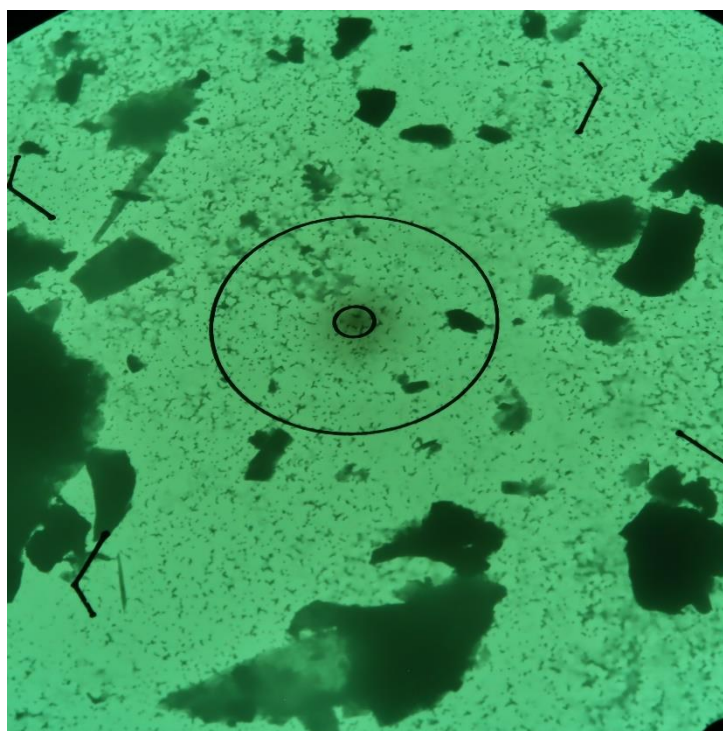
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

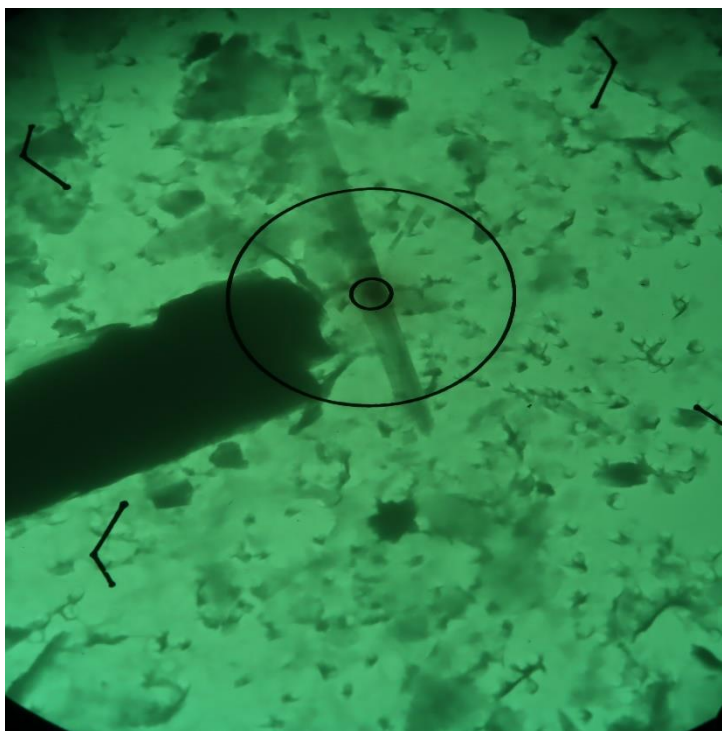
- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

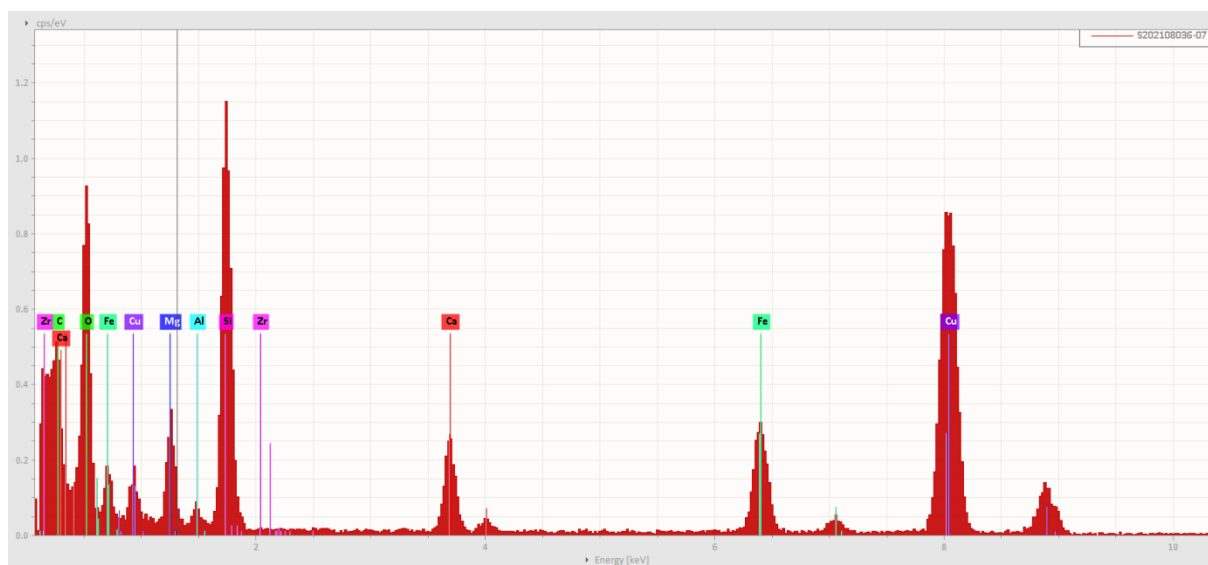
## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16877/19/0-8, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 16877/19/0-8, azbestová vlákna. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 3** EDS spektrum aktinolitového azbestového vlákna, vz. 16877/19/0-8.

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit/rula - kamenivo
Identifikační číslo vzorku	16881/20/0-16
Datum odběru vzorku	7. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Hanušovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, světlý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

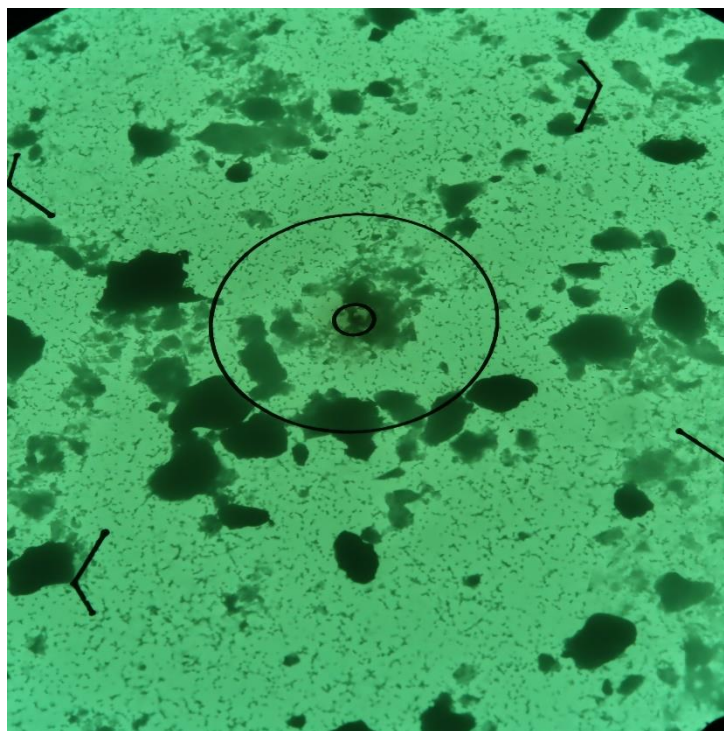
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16881/20/0-16, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit/rula - kamenivo 0-32
Identifikační číslo vzorku	16881/20/0-32
Datum odběru vzorku	7. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Hanušovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, světlý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

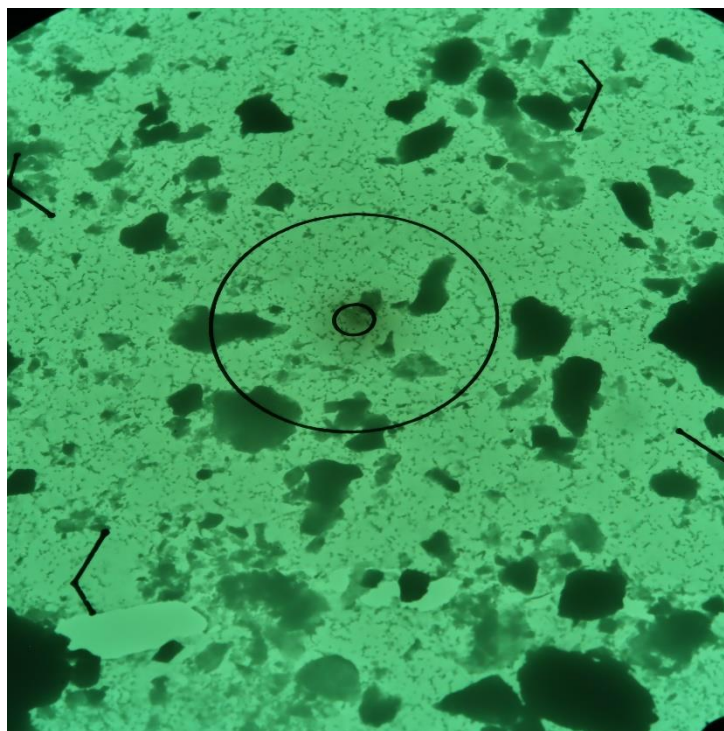
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16881/20/0-32, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	granodiorit/porfyrít - kamenivo 0-2
Identifikační číslo vzorku	16893/21/0-2
Datum odběru vzorku	26. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Lhota Rapotina

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, světlý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

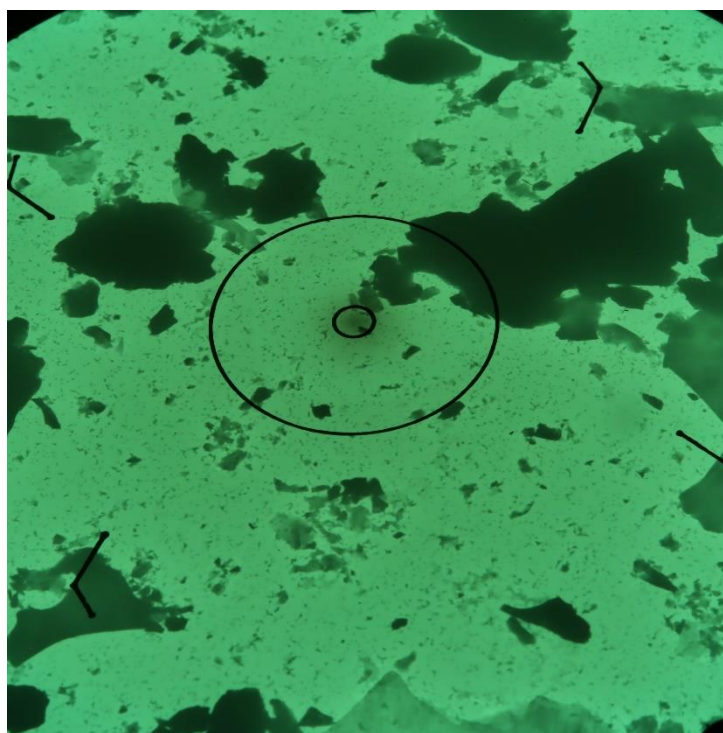
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16893/21/0-2, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	granodiorit/porfyrít - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	16893/21/0-4
Datum odběru vzorku	26. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Lhota Rapotina

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, světlý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

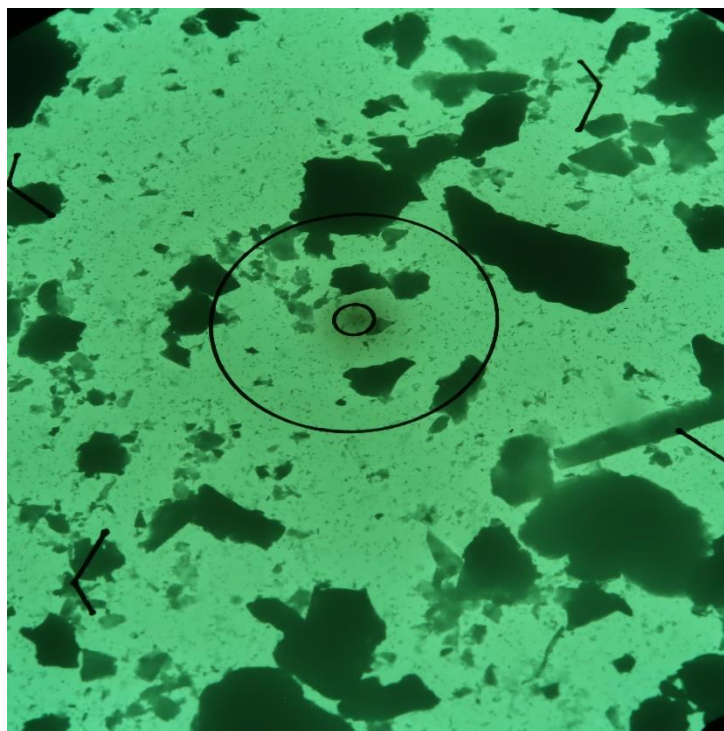
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16893/21/0-4, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	bazalt/bazanit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	16874/22/0-4
Datum odběru vzorku	6. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Bílčice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

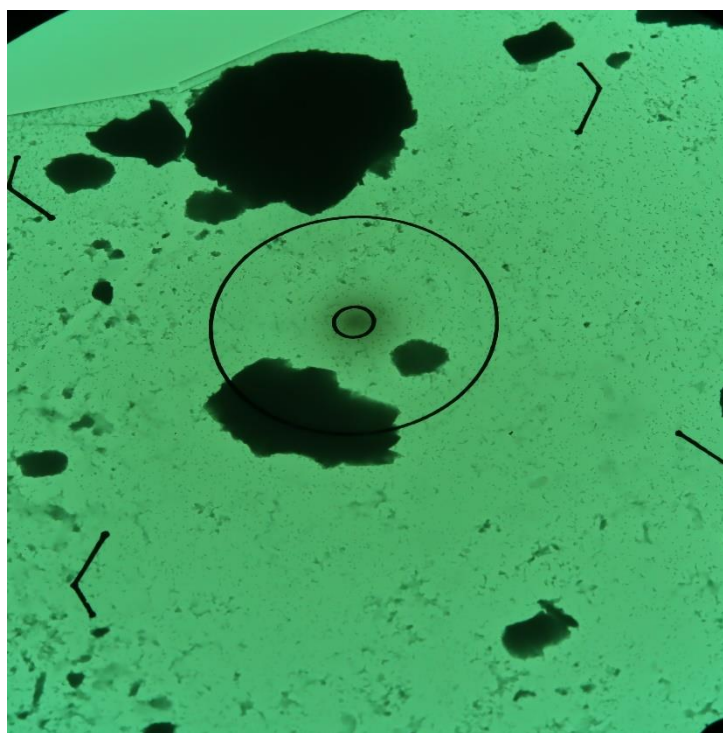
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### Citovaná literatura

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16874/22/0-4, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	bazalt/bazanit - kamenivo 4-8
Identifikační číslo vzorku	16874/22/4-8
Datum odběru vzorku	6. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Bílčice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

## Přehled a popis zkušebních metod

### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

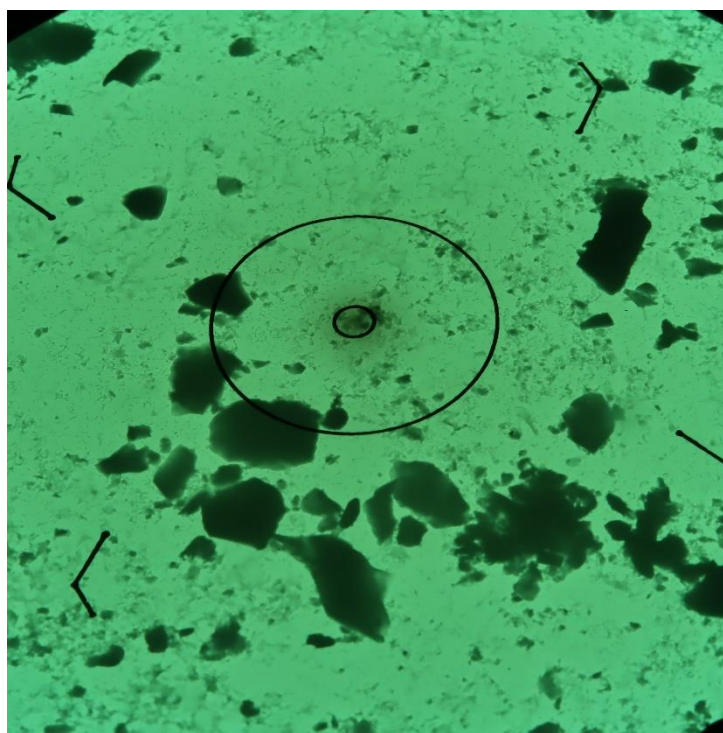
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16874/22/4-8, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	bazalt/bazanit - filer
Identifikační číslo vzorku	16874/22/filer
Datum odběru vzorku	6. 10. 2020
Lokalita odběru vzorku	Bílčice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, tmavý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

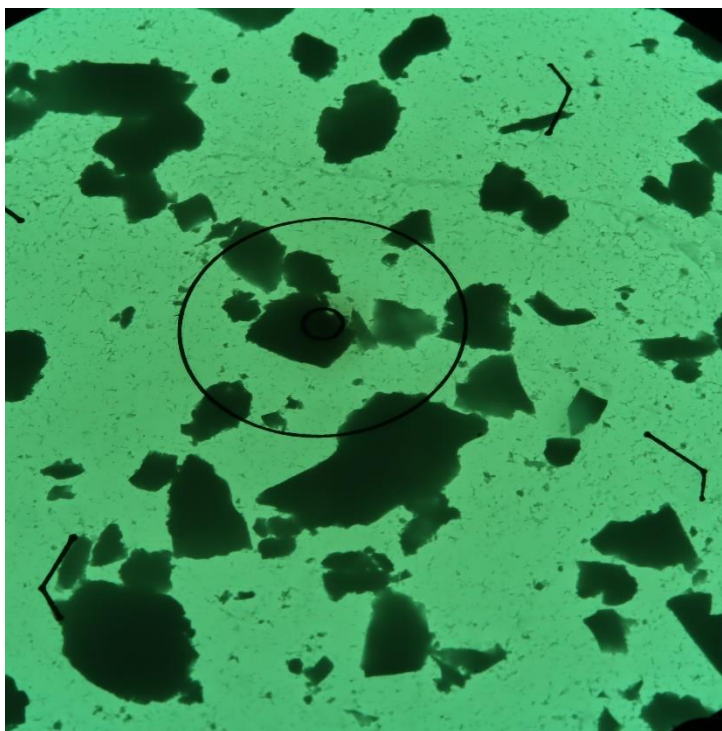
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16874/22/filer, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	zelená břidlice - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	16942/23/0-4
Datum odběru vzorku	28. 4. 2021
Lokalita odběru vzorku	Masty

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, zelený	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována (stopy)
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	detekován (stopy)
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

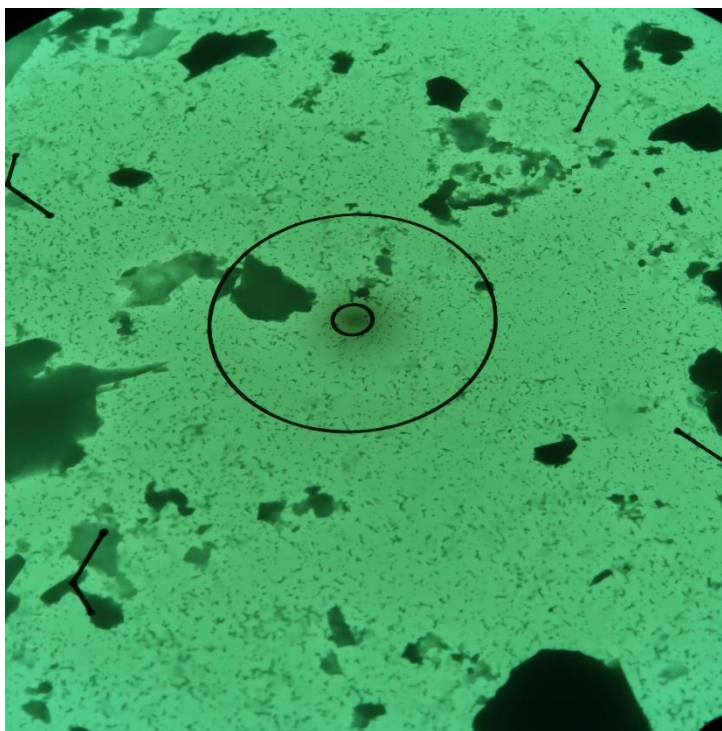
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

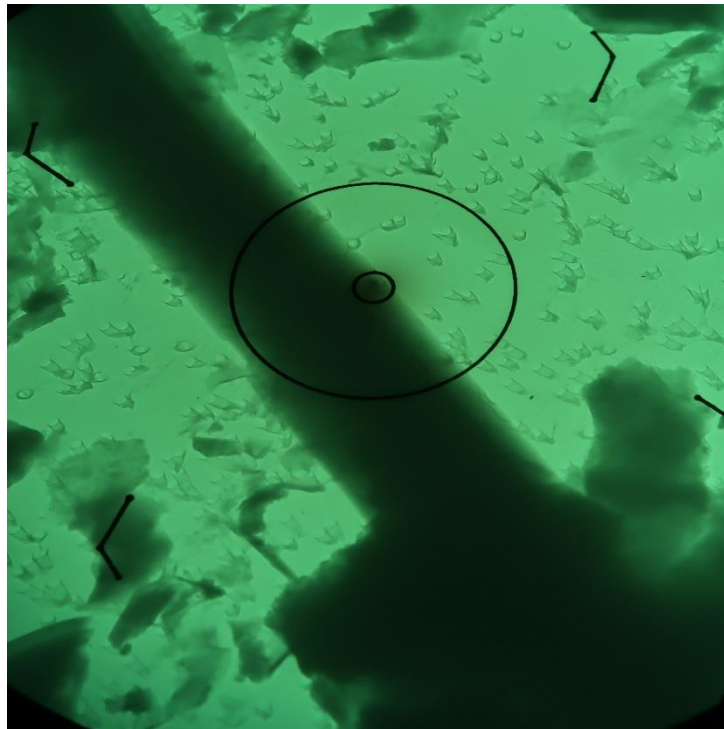
- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

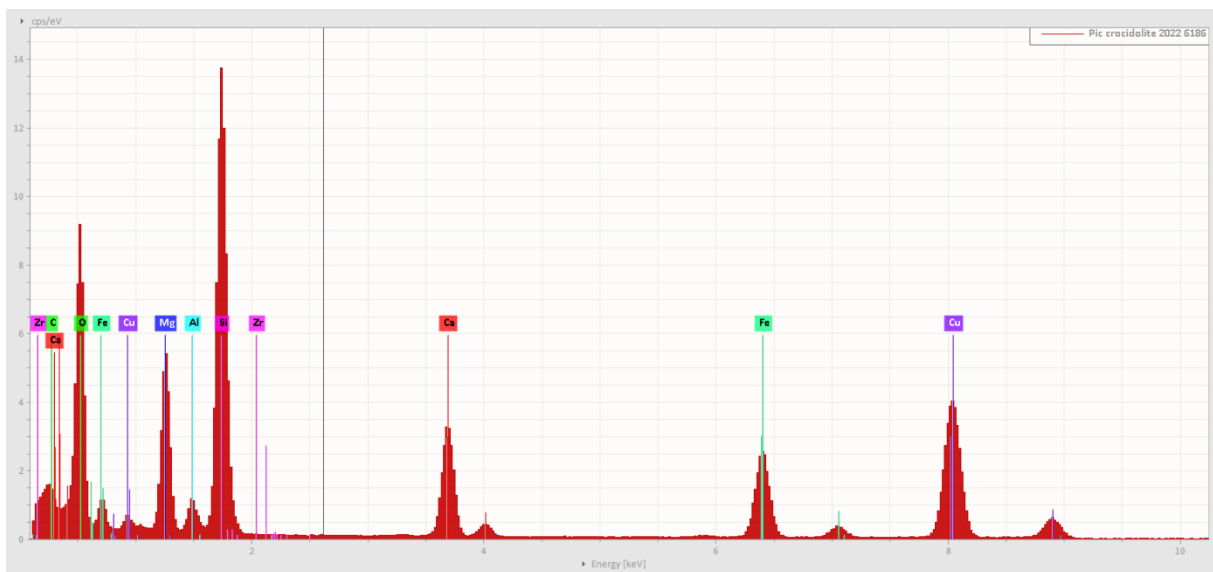
## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 16942/23/0-4, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 16942/23/0-4, azbestové vlákno. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 3** EDS spektrum aktinolitového azbestového vlákna, vz. 16942/23/0-4.

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	zelená břidlice - kamenivo 4-8
Identifikační číslo vzorku	16942/23/4-8
Datum odběru vzorku	28. 4. 2021
Lokalita odběru vzorku	Masty

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, šedý, zelený	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována (stopy)
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	detekován (stopy)
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

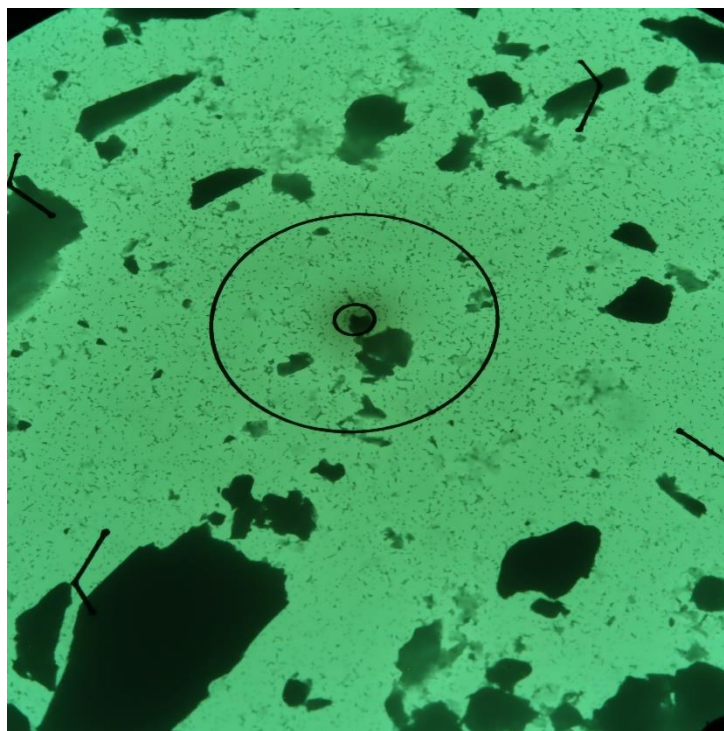
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

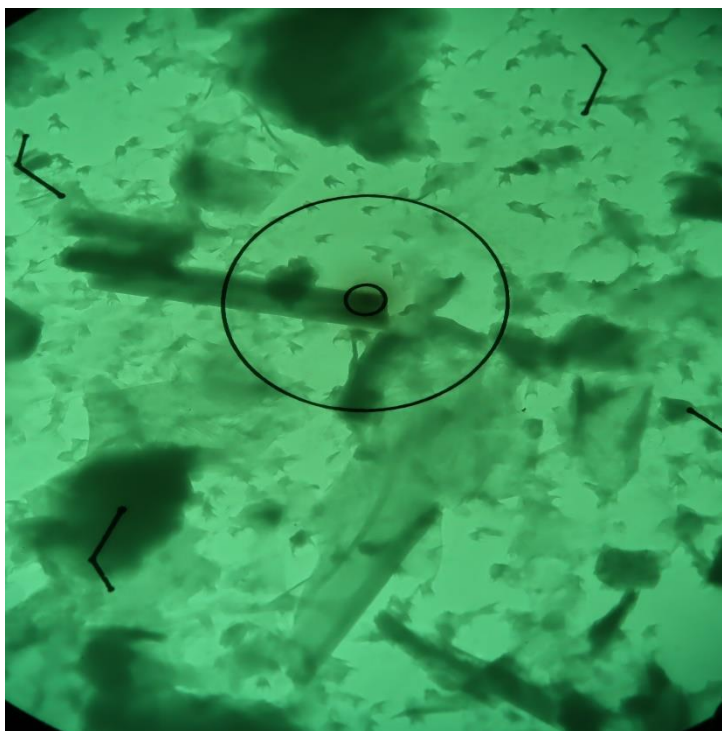
- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amiante dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amiante par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

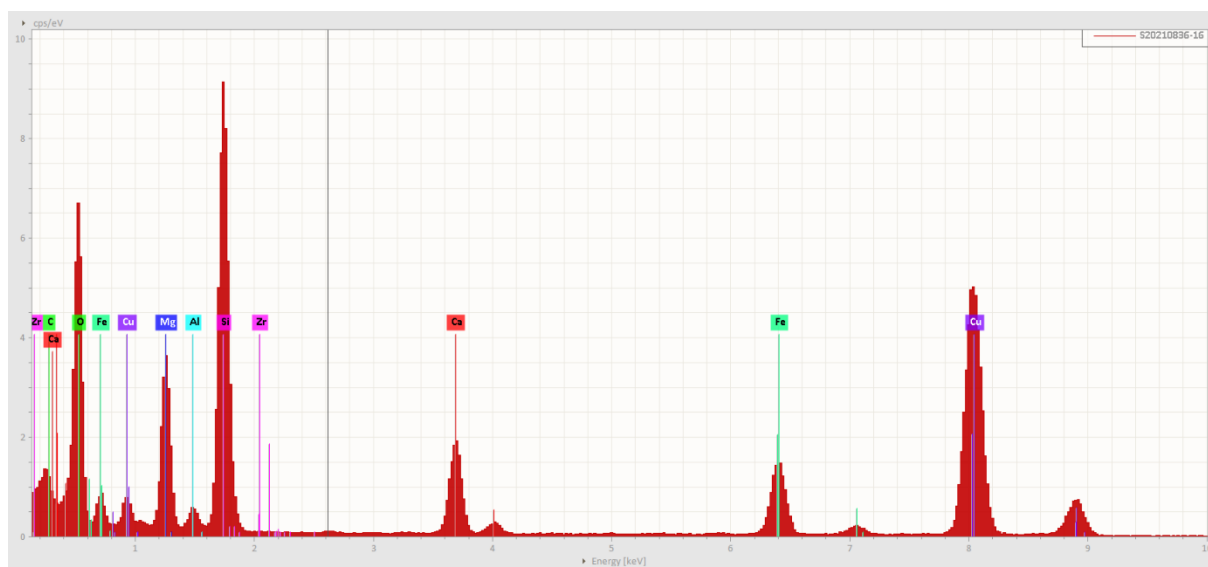
## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 16942/23/4-8, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 16942/23/4-8, azbestová vlákna. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 3** EDS spektrum aktinolitového azbestového vlákna, vz. 16942/23/4-8.



Zákazník: Ústav geoniky AV ČR, v. v. i.  
Studentská 1768/9  
708 00 Ostrava-Poruba

Kontakt: Leona Vavro

Fax /E-mail: leona.vavro@ugn.cas.cz

## Analýza drceného kameniva s rozlišením azbestiformních vláken / štěpných úlomků Specifikace normativní azbesty

### Optická mikroskopie v polarizovaném světle (OPM) Analytická transmisní elektronová mikroskopie (TEM)

**Objednávka:** 21550383

**Zákaznické č. / místo odběru:** 16942/23/filer / Český masiv

**Číslo analyzovaného souboru:** **S202205013**

### A / Cíl

Aktinolitový azbest, tremolitový azbest, antofylitový azbest, amosit a krokydolit jsou amfibolové azbesty. Hlavním cílem této zprávy je co nejpřesněji charakterizovat částice definované jako amfibolový azbest, pokud jsou ve vzorcích přítomny, nebo poskytnout další informace o protažených částicích, které by mohly být zaměněny za amfibolový azbest.

Toto je protokol z analýzy *drceného kameniva*, které pravděpodobně obsahuje přirozeně se vyskytující azbest.

Vzorky byly odebrány zákazníkem.

## B / Ověření povahy protažených částic amfibolu

Amfiboly se v přírodě mohou vyskytovat v různých formách: prizmatické, jehlicovité (jehličkovité) a azbestiformní; jedná se zejména o:

- tremolit: neazbestová odrůda (č. CAS\* 14567-73-8) a azbestová odrůda nazývaná tremolitový azbest (č. CAS 77536-68-6)
- aktinolit: neazbestová odrůda (CAS č. 13768-00-8) a azbestová odrůda zvaná aktinolitový azbest (CAS č. 77536-66-4)
- grunerit: neazbestová odrůda (CAS č. 14567-61-4) a azbestová odrůda nazývaná gruneritový azbest nebo amosit (CAS č. 12172-73-5)
- riebeckit: neazbestová odrůda (CAS č. 17787-87-0) a azbestová odrůda zvaná riebeckitový azbest nebo krokydolit (CAS č. 12001-28-4)
- antofylit: neazbestová odrůda (CAS č. 17068-78-9) a antofylitový azbest (CAS č. 77536-67-5)

\*CAS: *Chemical Abstract Service*

Zařazení amfibolu mezi azbestové odrůdy se liší podle toho, zda jej provádí geolog, hygienik nebo lékař atp. Podle některých je za azbest považován pouze azbestiformní nebo semiazbestiformní amfibol (třídy (c) a (c') v tabulce 1). Jiní mohou za azbestová vlákna považovat také amfiboly třídy (b).

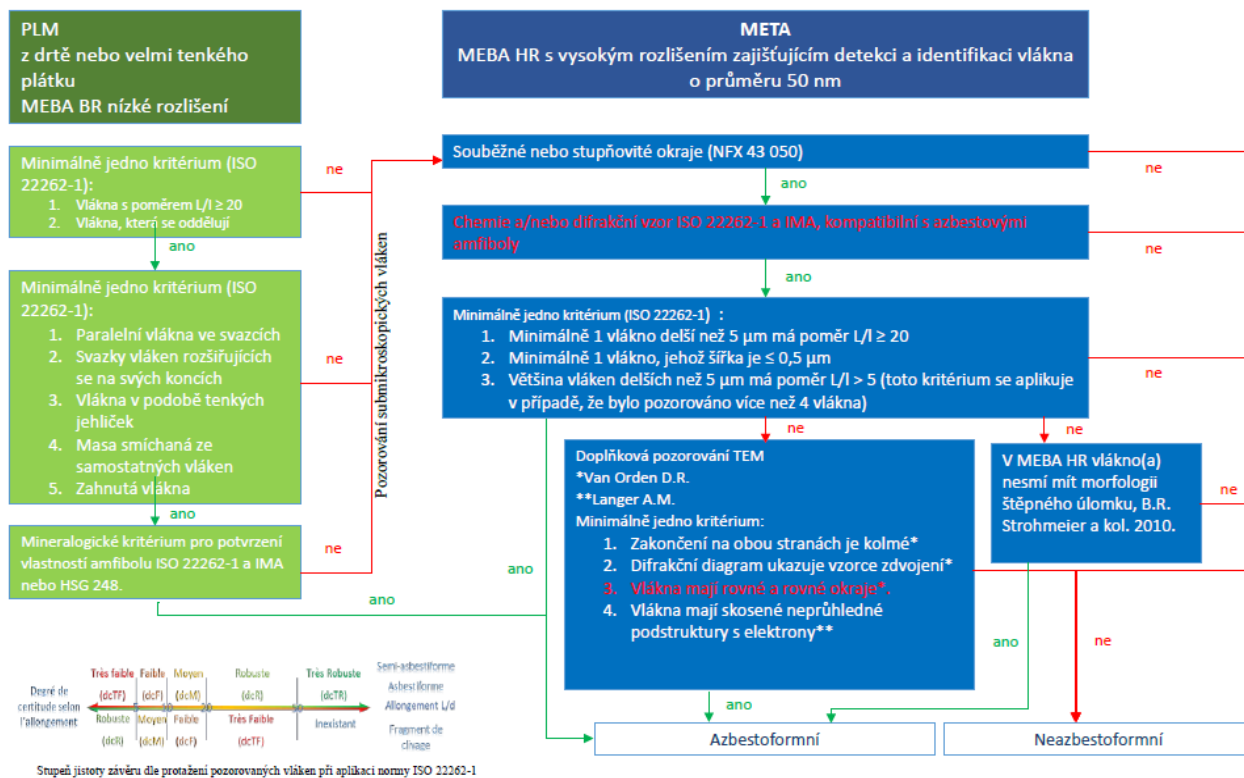
Ačkoli nejsou legislativně definovány jako azbest, lze mezi azbestiformními typy v přírodních horninách nalézt další amfiboly, které lze považovat za potenciálně karcinogenní: mezi ně patří edenit, richterit a winchit.

Problém je v tom, že bez ohledu na počáteční formu, mohou být některé amfiboly po rozdrčení definovány jako azbesty. Důsledkem pak je, že výrobek neobsahující azbestová vlákna může být po přípravě/analýze z důvodu tvorby úlomků při drcení označen jako materiál obsahující azbest.

Ve Francii je jedinou referenční metodou pro identifikaci azbestu analýza pomocí transmisního elektronového mikroskopu (TEM) dle normy NF X 43-050. Tento protokol je založen na verzi z roku 2021. Pečlivé pozorování protažených částic by mělo umožnit eliminovat prizmatické částice (třída (d) v tabulce 1), které jsou výsledkem drcení amfibolů, a to tak, že se vyberou pouze částice, které mají zřetelně rovnoběžné nebo stupňovité hrany (norma NF X 43 050 § 3.17). Prizmatické částice by proto neměly být definovány jako azbest.


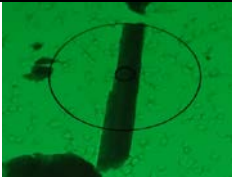
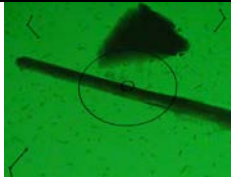
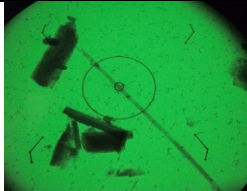
Na druhou stranu není možné jen pomocí normy NF X 43-050 odlišit protažené částice (třída (e) tabulky 1) vzniklé fragmentací amfibolů původně jehlicovitých, od protažených částic pocházejících z amfibolů semi-azbestiformních a azbestiformních (třída (f) a (g) tabulky 1). Přidáním kritérií normy ISO 22262-1 (OPM a TEM), relevantních kritérií dle **Van Ordena D. R.** („Differentiating Amphibole Asbestos from Non-Asbestos in a complex Mineral Environment“: Indoor and Built Environment, Vol 17, str. 58-68, 2007) a relevantních kritérií **Langerova A. M.** („Electron Microscopical Investigation of Asbestos Fibers“, Vol 9, str. 63-80, 1974), je pak ve většině případů možné tyto částice rozlišit.

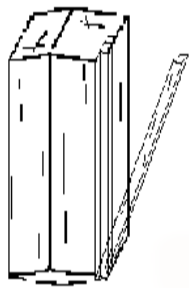
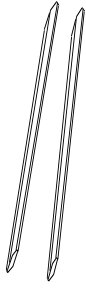


Kromě výše uvedeného je konečné rozhodnutí učiněno na základě vývojového diagramu prezentovaného jako Misseri M., Prieur J. a Bontemps P. P. "Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers" (2022) (vývojový diagram 1). Communication presented to the workshop of geologists specialised in natural occurring asbestos in Saint Clément des Places, on June 8, 2015, které je začleněno do interního pracovního postupu „PŘÍRODNÍ HORNINY / Analýza TEM horniny“.



**Vývojový diagram 1:** vývojový diagram Misseri M., Prieur J. a Bontemps P. "Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers" (2022)

Vzorky jsou analyzovány pomocí OPM, avšak touto metodou nemohou být detekována nejjemnější vlákna. Pokud je analýza negativní nebo neprůkazná v OPM, analýza pokračuje v TEM.

<p><b>Pozorování po drcení</b></p>	 <p>Štěpný úlomek (d) s přibližně rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Jemný štěpný úlomek (e) s částečně rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Jemné vlákno (f) s rovnoběžnými okraji</p>	 <p>Velmi jemné a velmi dlouhé vlákno (g) s rovnoběžnými okraji</p>
<p>Odpovídá klasifikaci podle stanoviska ANSES z prosince 2015 a dubna 2017  (PMAI: sledovaná protáhlá minerální částice)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, nevláknitý podle NF X43-050 a který je štěpným fragmentem, označený jako fibriformní  (neazbestové podle fr. vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je štěpným fragmentem (neazbestové podle fr. vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je semiazbestiformní (azbest) (Azbest dle vyhlášky z 1.10.19) (Azbest podle vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>	<p>PMAI s rozměry WHO*, vláknitý podle NF X43-050 a který je azbestiformní (azbest) (Azbest dle vyhlášky z 1.10.19) (Azbest podle vyhlášky 88-466 ze dne 28.4.1988)</p>

<p>Pravděpodobný původ azbestových amfibolů v přírodních horninách</p>	 <p>Prismatický (a)</p>	 <p>Jehlicovitý (nebo jehličkovitý) (b)</p>	 <p>Semi-azbestiformní (c')</p>	 <p>Azbestiformní (c)</p>
--	--	--	---	--

**Tabulka 1:** Klasifikace částic podle M. GERMINE, 1986, Asbestiform and non-asbestiform amphiboles, cadmium, and zinc in quarry samples of marble from Franklin and Sparta, Sussex County, New Jersey: New Jersey Geological Survey Geologic Report 15, 19 p.

\*Rozměry WHO: Délka > 5 µm, průměr < 3 µm, poměr stran > 3

## C / Příprava vzorků

Vzorek je reprezentován drceným kamenivem, které pravděpodobně obsahuje přirozeně se vyskytující azbest. Příprava preparátů probíhá v souladu s vnitřním pracovním postupem pro horniny "Příprava materiálů pro jejich analýzu TEM".

Při přípravě vzorků nebylo použito intenzivní mechanické drcení, které by, v případě obsahu minerálů odolných vůči mechanickému namáhání, mohlo způsobit uvolňování PMAI, které by se v rámci běžných procesů neuvolnily. Prováděné ruční drcení vytváří namáhání blížíší tomu, ke kterému dochází při běžné úpravě suroviny.

Protokol přípravy je stručně popsán níže:

- pozorování vzorku a hledání podezřelých částic,
- odběr relevantní části vzorku horniny pod stereomikroskopem,
- v závislosti na typu vzorku: škrábání skalpelem, drcení špachtlí nebo ruční drcení v hmoždíři,
- vložení do suspenze, působení ultrazvuku a nakápnutí na zkontrolované pouhlikované mřížky pro elektronovou mikroskopii.

Oddělitelné části, které jsou předmětem zájmu, se připravují odděleně a dávají vzniknout alespoň třem preparátům TEM.

## D / Analýza

Analýzy jsou prováděny v souladu s francouzskou vyhláškou ze dne 1. října 2019, týkající se postupů při provádění rozborů materiálů a výrobků s pravděpodobným obsahem azbestu, podmínek kvalifikace personálu a akreditace organizací provádějících tyto rozborů.

### Analýza azbestu pomocí OPM:

Analýzy OPM se provádějí podle kritérií HSG 248 a ISO 22262-1.

Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je prohlášen po analýze minimálně třech preparátů OPM.

### Analýza azbestu pomocí TEM:

Analýzy TEM jsou prováděny v souladu s normou NF X 43-050 (2021) a jsou založeny na petrografických a mineralogických klasifikačních principech International Mineralogical Association (IMA) pro chemii amfibolů. Pro odlišení vláken azbestiformního původu od jejich neazbestiformních protějšků používá analýza TEM tabulku 1 doporučení ANSES 2014-SA-0196 „cleavage fragments“ a interní metodu akreditovanou Cofrac (srov. interní pracovní postup „PŘÍRODNÍ HORNINY / Analýza TEM horniny) na základě kritérií normy ISO 22262-1, na příslušných kritériích Van Orden D. R. a Langer A.M. a na vývojovém diagramu Misseri M., Prieur J. et Bontemps P. (2022) (« *Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers* ». *Communication presented to the workshop of geologists specialised in natural occurring asbestos in Saint Clément des Places, on June 8, 2015*).

Jako negativní je analýza TEM uzavřena po pozorování alespoň dvou mřížek na preparát TEM a po sestavení výsledků všech analyzovaných preparátů.

Laboratoř zaručuje pozitivní výsledek pro hledaná vlákna, pokud je jejich obsah ve vzorku větší nebo roven 0,1 % hmotnosti podle 95% intervalu spolehlivosti.

Pokud je uvedena, poznámka "jiná pozorovaná minerální vlákna" znamená, že byla zjištěna jiná minerální vlákna než hledaná. Tato vlákna nesplňují identifikační kritéria (morfologie, krystalografie, chemie) hledaných vláken.

Velikost protažených minerálních částic se určuje pomocí transmisního elektronového mikroskopu (TEM). Délka a šířka struktur jsou uvedeny pouze pro informaci a nejsou vždy reprezentativní pro skutečný rozměr vláken ve vzorku. Příprava vzorků pro jejich analýzu TEM obvykle zahrnuje fázi ruční destrukce, při které dochází k fragmentaci prizmatických vláken a minerálů.

Vláknitá nebo nevláknitá povaha pozorovaných struktur se určuje v souladu s kritérii normy NF X 43-050. Proto je vlákno definováno jako struktura, která splňuje následující definici: „podlouhlá částice, která má rovnoběžné nebo stupňovité okraje, s poměrem L/l rovným nebo větším než 3 a minimální délkou 0,5  $\mu\text{m}$ “ § 3.21. V TEM je jakákoliv jiná struktura splňující rozměrová kritéria, ale nevykazující požadovanou morfologii, považována za fibriformní.

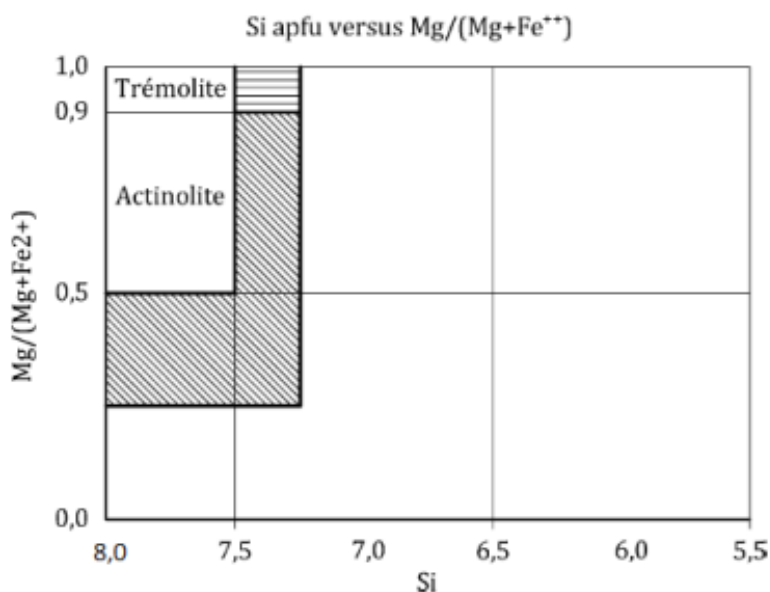
Pevnost v tahu a pružnost vláken nelze stanovit pomocí TEM. Tato kritéria proto nejsou zohledňována.

Jako azbest jsou definována pouze vlákna, jejichž chemické formy jsou uvedeny v normě NFX-43 050 (2021) (chryzotil, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, amosit, krokydolit, antofylitový azbest). Tato norma nebere v úvahu jiná přírodní vlákna, která by mohla být nebezpečná.

Pokud jde o vyvažovaná spektra, jedná se o chemické složení teoretického amfibolu, chemicky nejbližší pozorovanému vláknu. Toto složení je určeno pomocí naměřeného chemického složení zadaného do softwaru Locock IMA 12 a upraveno po jednotlivých prvcích, podle nejistot měření.

IMA (International Mineralogical Association) zveřejnila klasifikaci amfibolů v roce 1997, poté v letech 2004 a 2012. Klasifikace vláken se provádí podle IMA 12. Nicméně, pro klasifikaci tremolitových / aktinolitových vláken, pro vynesení naměřených bodů chemického složení byl upřednostněn diagram rozdělení Si apfu versus  $Mg/(Mg+Fe^{2+})$ , z normy NFX 43 050 (2021), který lépe odpovídá naší činnosti (obrázek 1):

- „identifikovaný tremolitový azbest“ nebo „identifikovaný aktinolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem, který je jednoznačně v oblasti tremolitu nebo aktinolitu a jehož strukturní vzorec je vyvážený;
- „pravděpodobný aktinolitový azbest“ a „pravděpodobný tremolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem, který je jednoznačně v oblasti tremolitu nebo aktinolitu, ale jehož strukturní vzorec není vyvážený;
- „pravděpodobný tremolitový azbest“ a „pravděpodobný aktinolitový azbest“ pro vápenaté amfibolové vlákno, jehož chemické složení je reprezentováno bodem ve šrafovaných polích.



**Obrázek 1:** Diagram Si apfu versus Mg apfu/(Mg apfu +Fe<sup>2+</sup> apfu) pro vápenaté amfiboly – Tremolit a Aktinolit

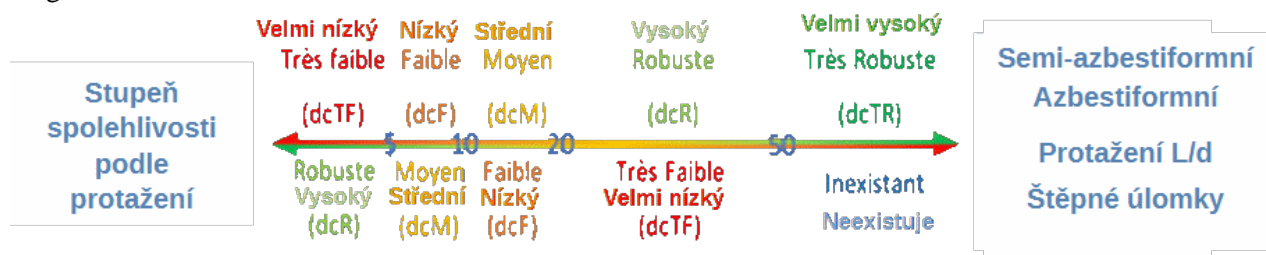
Pro Mg-Fe-Mn amfiboly (amosit (gruneritový azbest) a antofylit) jsou vlákna klasifikována nebo identifikována podle tabulky NFX 43-050 (2021), níže (obrázek 2):

Habitus	Difrakce		Strukturní vzorec	Strukturní vzorec vyvážený?	PLM MC Crone	Kompatibilní s petrografií	Klasifikovaný nebo identifikovaný	Název
	náhodný	kvantitativní						
Vlákno*	Amp.	-	Grun Cum Ath Fath	Ano	-	-	Klasifikovaný	Amosit, Ath. azbest nediferencované
Vlákno*	Amp.	Grun	Grun	Ind	-	-	Identifikovaný	Amosit
Vlákno	Amp.	-	Grun	Ind	Grun	-	Identifikovaný	Amosit
Vlákno**	Amp.	-	Grun	Ano	-	Ano	Identifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno*	Amp.	Cum	Cum	Ind	-	-	Klasifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno	Amp.	-	Cum	Ind	Cum	-	Klasifikovaný	Amosit
Azbestiformní vlákno**	Amp.	-	Cum	Ano	-	Ano	Klasifikovaný	Amosit
Vlákno*	Amp.	Ath	Ath	Ind	-	-	Identifikovaný	Ath. azbest
Vlákno	Amp.	-	Ath	Ind	Ath	-	Identifikovaný	Ath. azbest
Vlákno**	Amp.	-	Ath	Ano	-	Ano	Identifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno*	Amp.	Fath	Fath	Ind	-	-	Klasifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno	Amp.	-	Fath	Ind	Fath	-	Klasifikovaný	Ath. azbest
Azbestiformní vlákno**	Amp.	-	Fath	Ano	-	Ano	Klasifikovaný	Ath. azbest

Ath.=antofylit, Fath = Ferro-antofylit, Amp.= amfibole, Cum = cummingtonit, Grun = grunerit.  
Ind = není-li strukturní vzorec vyvážený, stačí k potvrzení identifikace nebo klasifikace pozorování jiného kritéria (kvantitativní difrakce, PLM, kompatibilita s petrografií).  
\* použitelné při zkoumání vzorků vzduchu.  
\*\* použitelný při zkoumání vzorků vzduchu, když je znám zdroj azbestu.

**Obrázek 2:** Rozhodovací matice pro vyjádření charakterizace Mg-Fe-Mn amfibolů

Závěr týkající se odlišení vláken azbestiformního původu od jejich neazbestiformních ekvivalentů lze do určité míry vytvořit na základě poměrů protažení pozorovaných vláken amfibolů podle níže uvedeného diagramu.



**Schéma 1:** Stupeň spolehlivosti závěru dle protažení pozorovaných vláken při aplikaci normy ISO 22262-1

**Číslo vzorku : S202205013-01**

Datum analýzy : 05/12/2022

Označní vzorku zákazníkem	Typ analýzy	Makroskopický popis	Detekce normativního azbestu
16942/23/filer	OPM+TEM  3 preparáty OPM 3 preparáty TEM 6 mřížek TEM	Zelenošedý velmi jemnozrný prach	(č. analýzy S202205013-01): Detekce ojedinělých aktinolitových vláken klasifikovaných jako <b>neazbestová</b> podle vyhlášky 88-466 ze dne 28. dubna 1988, podle článku 1 vyhlášky ze dne 1. října 2019, podle tabulky 1 dokumentu ANSES 2014-SA-0196 "cleavage fragments", podle interní metody AD- LAB

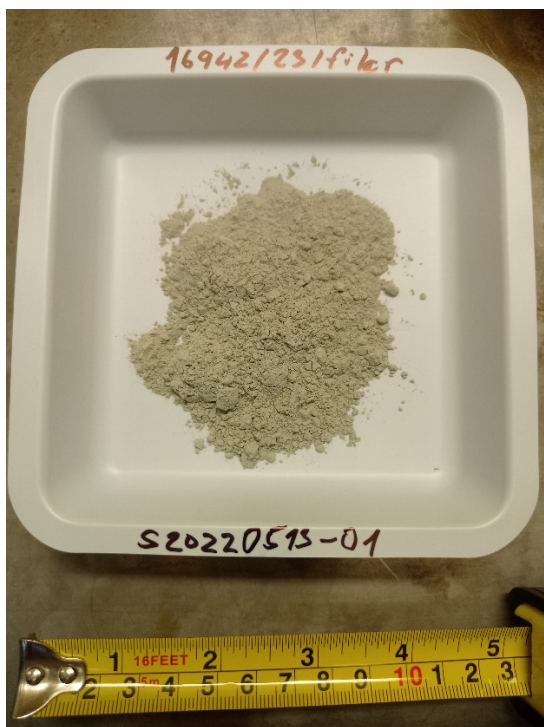


Foto 1: Vzorek S202205013-01

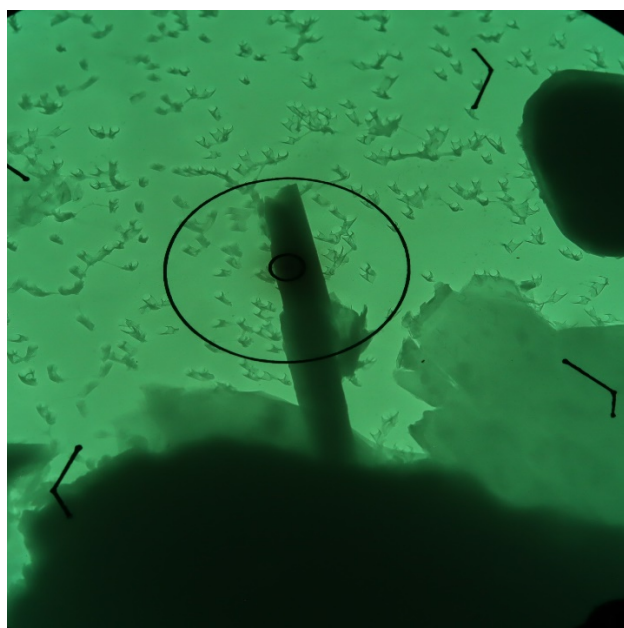
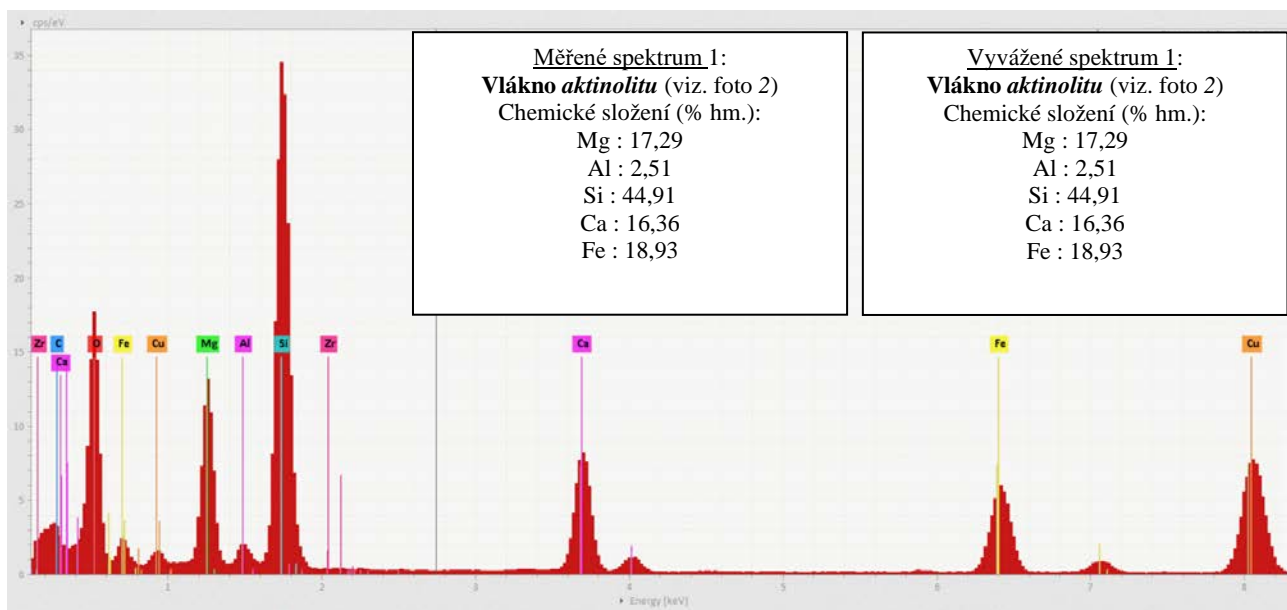
### Analýza OPM:

V preparátech OPM z odebraných dílčích vzorků (relevantní části vzorku vybrané pod stereomikroskopem) nebyla pozorována žádná protažená forma aktinolitu nebo tremolitu prizmatické, jehlicovité nebo vláknité morfologie. Nebyla pozorována žádná chryzotilová vlákna.

### Analýza TEM:

Byla pozorována ojediněle se vyskytující vlákna aktinolitu (viz foto 2 / spektrum 1). Většina pozorovaných vláken má poměry prodloužení mezi 5 a 10.





**Foto 2 : Vlákno aktinolitu, v TEM**  
 Délka (L) = 5,08  $\mu\text{m}$   
 Šířka (d) = 0,67  $\mu\text{m}$   
 L/d = 7,6  
 (Velká kružnice 3,1  $\mu\text{m}$ , malá kružnice 0,4  $\mu\text{m}$ )

**Odlíšení azbestiformních vláken od jejich neazbestiformních ekvivalentů:**

	Morfologická kritéria pozorovaná v TEM	
	ano	ne
Alespoň jedno vlákno delší než 5 $\mu\text{m}$ má poměr L/l $\geq 20$		x
Alespoň jedno vlákno o šířce < 0,5 $\mu\text{m}$		x
Více než 50 % vláken > 5 $\mu\text{m}$ má poměr L/l > 5		x

**Tabulka 2:** Kritéria podle ISO 22262-1. „ano“ znamená, že kritérium bylo splněno alespoň jednou. Vzhledem k velmi nízké zrnitosti vzorku nebylo možné provést pozorování vláken v OPM. Z tohoto důvodu nejsou v tabulce uvedena kritéria pro pozorování v OPM.

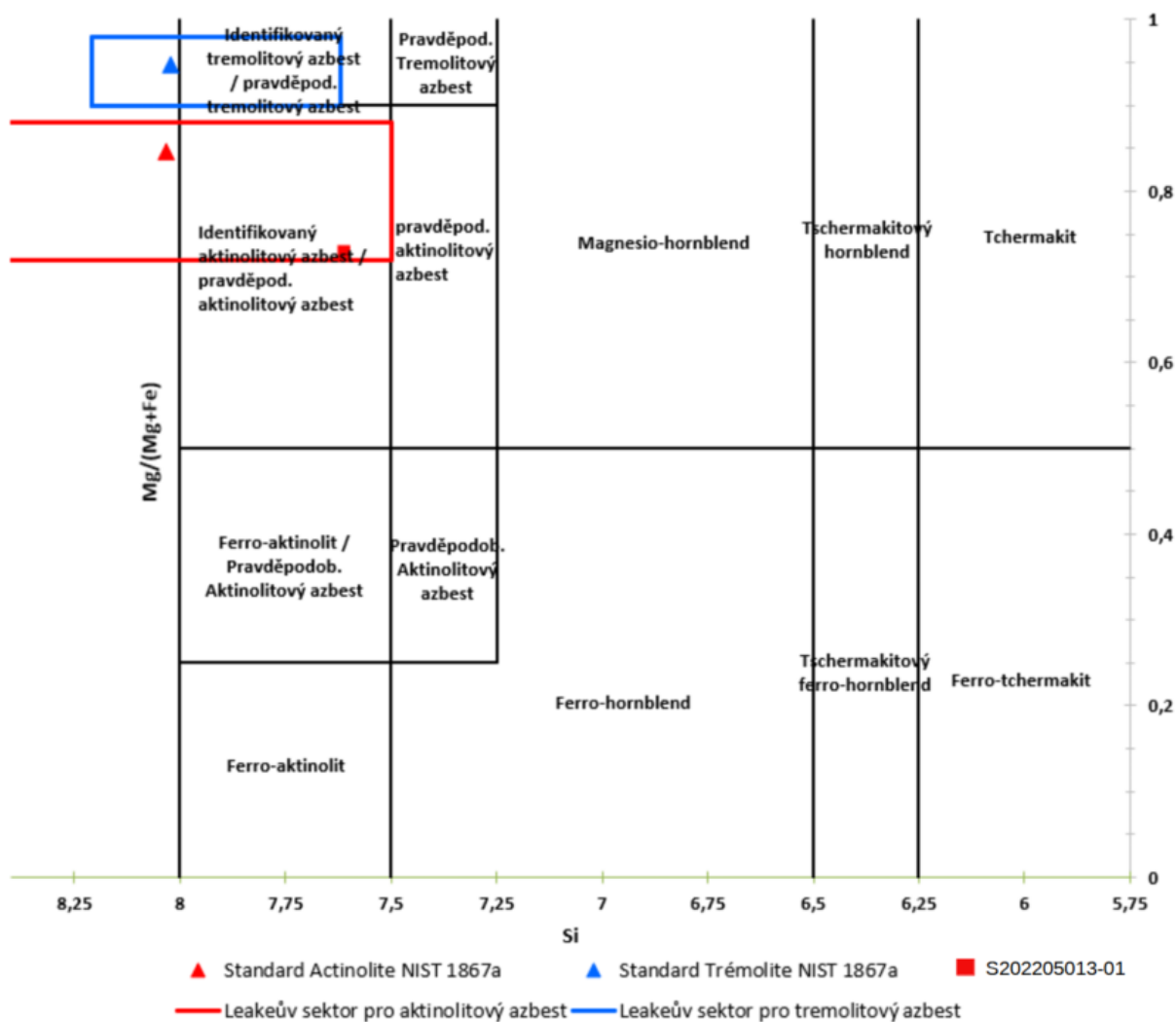
	Doplňková kritéria TEM *Van Orden D.R. ; ** Langer A.M.	
	ano	ne
Obě zakončení jsou kolmá*		x
Difrakční obrazec ukazuje dvojčatění*		x
Vlákna mají velmi čisté a pravidelné okraje *		x
Vlákna mají šikmé podstruktury neprůhledné pro elektrony**		x

NP = neprůkazné

**Tabulka 3** : Další kritéria. „ano“ znamená, že kritérium bylo splněno alespoň jednou.

Podle tabulky 1 doporučení ANSES 2014-SA-0196 „cleavage fragments“ a podle interní metody AD-LAB akreditované Cofrac (viz. *interní pracovní postup „PŘÍRODNÍ HORNINY / Analýza TEM horniny*), na základě kritérií normy ISO 22262-1 (tabulka 2), příslušných kritérií Van Orden D. R. a Langer A.M. (tabulka 3) a vývojového diagramu Misseri M., Prieur J. et Bontemps P. (« *Flowchart : discrimination between cleavage fragment and asbestos fibers* ». *Communication presented to the workshop of geologists specialised in natural occurring asbestos in Saint Clément des Places, on June 8, 2015*), byly pozorovány **pouze štěpné úlomky** (dcM, viz schéma 1).

**PŘÍLOHA :**



**Diagram 1:** Diagram chemické klasifikace amfibolů, kde Si je funkcí Mg/(Mg+Fe), podle normy NFX 43 050.

Sektory v modré a červené barvě byly určeny z měření provedených na standardu NIST SRM 1867 pro aktinolitový azbest a standardu NIST SRM 1867 pro tremolitový azbest analyzovaných na příslušném transmisím elektronovém mikroskopu.

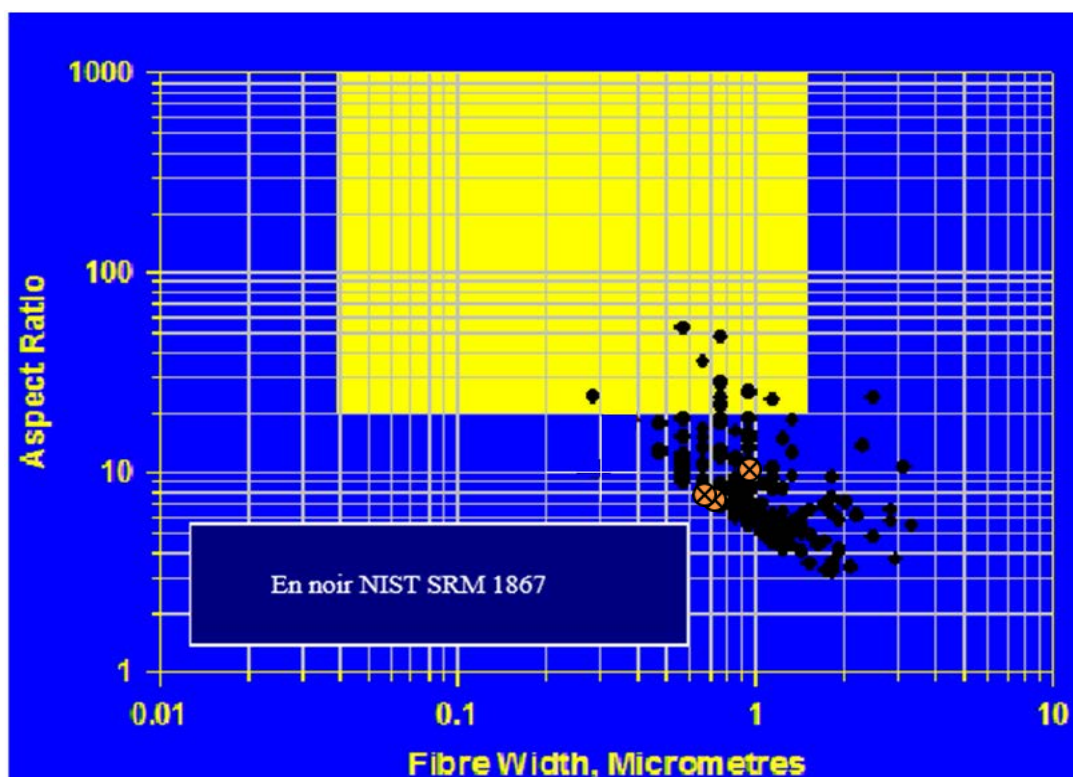
Byla uvedena pouze vlákna jejichž výsledky chemické analýzy odpovídají tremolitu/aktinolitu.

## E / Umístění v Chatfieldově diagramu

Ve vzorku **S202205013-01** byla pozorována vlákna určená jako aktinolit podle normy NF X 43 050. Šírka a poměr délka/šírka pozorovaných azbestových vláken jsou uvedeny v Chatfieldově diagramu (2008, viz obrázek 3 níže).

1/ Vzorek S202205013-01 obsahuje vlákna aktinolitu, která spadají do pole pokrytého černými tečkami pro standard NIST aktinolitový azbest SRM 1867.

2/ Žádné aktinolitové vlákno pozorované ve vzorku S202205013-01 nespadá do žluté zóny charakteristické pro nejnebezpečnější vlákna.



**Obrázek 3:** Chatfieldův diagram (2008), černé body odpovídají měření na standardu aktinolitového azbestu NIST SRM 1867

⊗ Vzorek S202205013-01

## F. Závěr

Vzorek drceného kameniva S202205013-01 obsahuje ojedinělá aktinolitová vlákna klasifikovaná jako neazbestová podle francouzské vyhlášky 88-466 ze dne 28. dubna 1988, podle článku 1 francouzské vyhlášky z 1. října 2019, podle tabulky 1 dokumentu ANSES 2014-SA-0196 a podle interní metody společnosti AD-LAB.

Vzhledem ke skutečnosti, že pomocí optické mikroskopie nebylo pozorováno žádné vlákno, jedná se o submikroskopické struktury v širším slova smyslu.

S ohledem na vzhled vzorku drceného kameniva a pozorování provedená v TEM, se pravděpodobně jedná o vlákna uvedená v případě (e) tabulky 1, to znamená o štěpné úlomky.

Analytik OPM: [REDACTED]

Analytik TEM: [REDACTED]

[REDACTED]

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	serpentinit - kamenivo 0-2
Identifikační číslo vzorku	17029/24/0-2
Datum odběru vzorku	9. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Bernartice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, černý, zelený	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	detekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

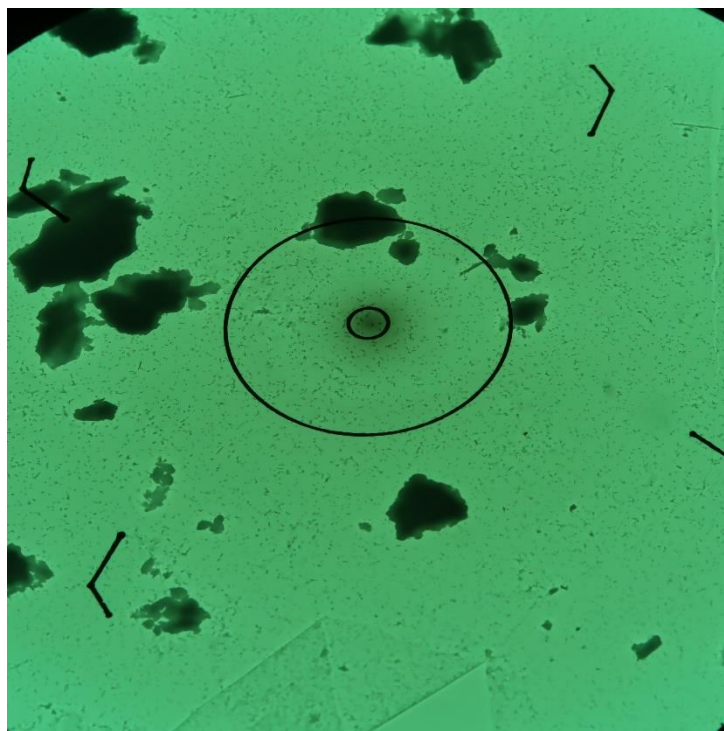
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

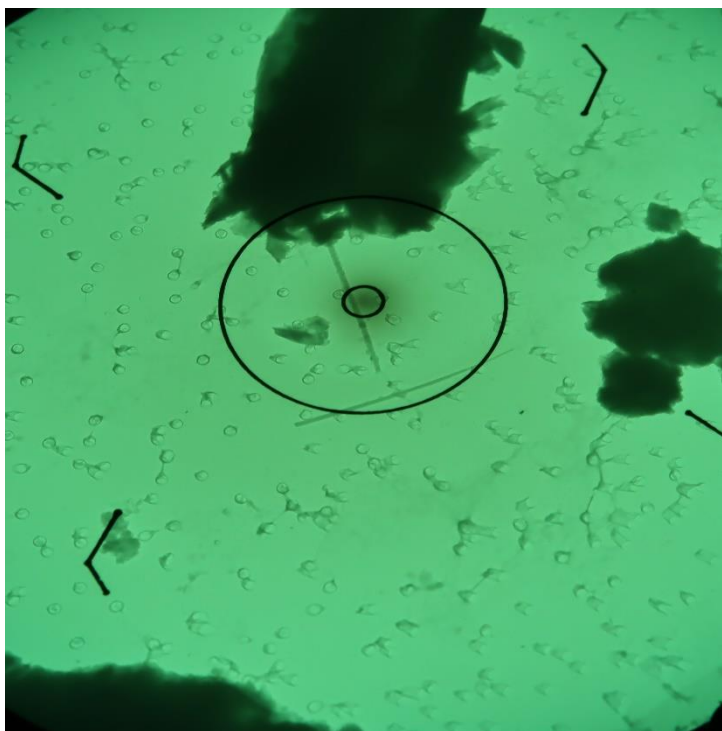
- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

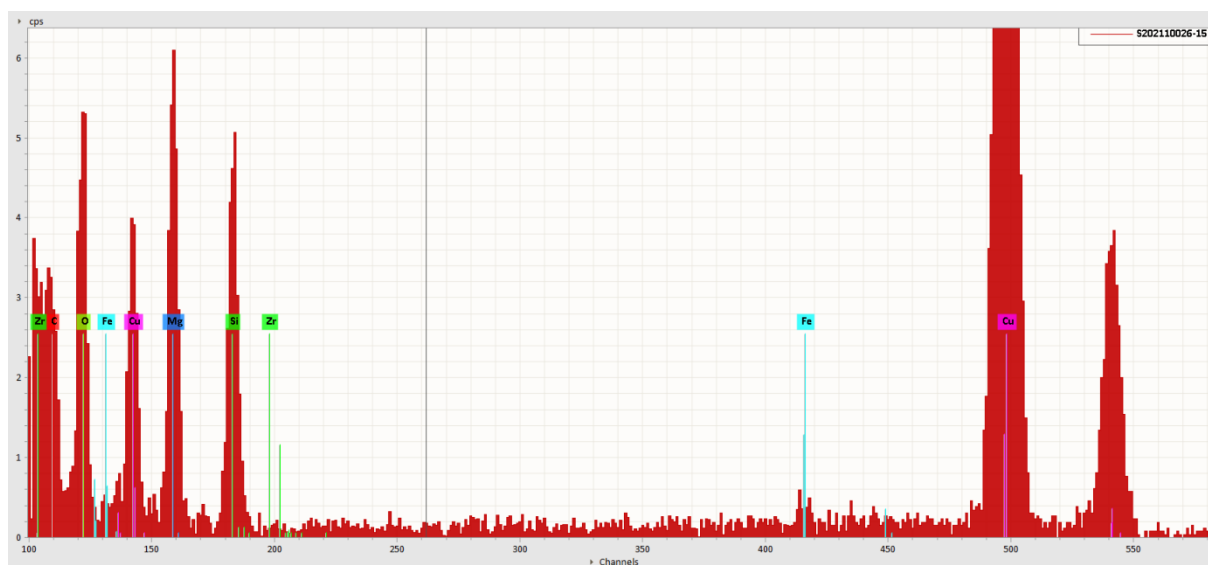
## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17029/24/0-2, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 17029/24/0-2, azbestová vlákna. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4 μm.



**Obr. 3** EDS spektrum chryzotilového azbestového vlákna, vz. 17029/24/0-2.



## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	serpentinit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	17029/24/0-4
Datum odběru vzorku	9. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Bernartice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, černý, zelený	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	detekována (stopy)
chryzotilový azbest	OPM + TEM	detekován (stopy)
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranicí garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

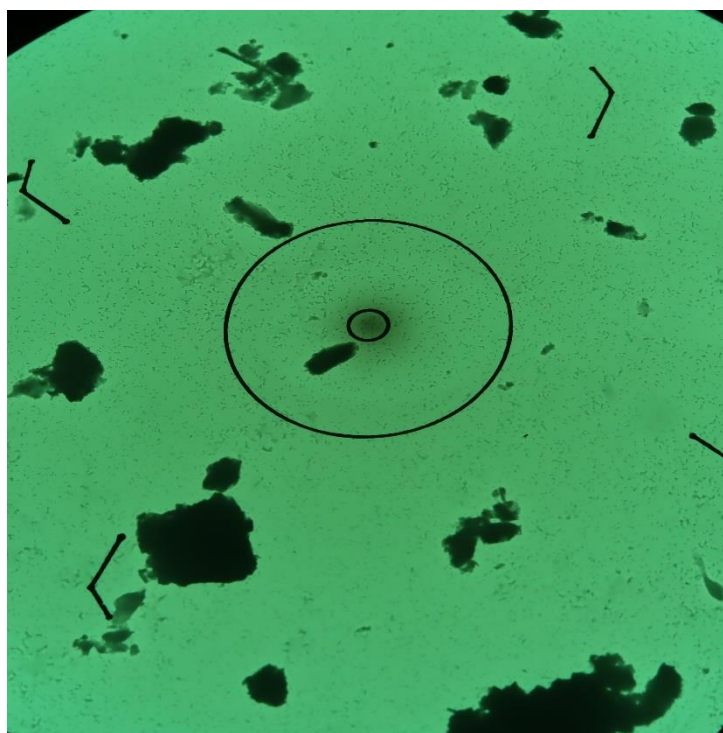
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

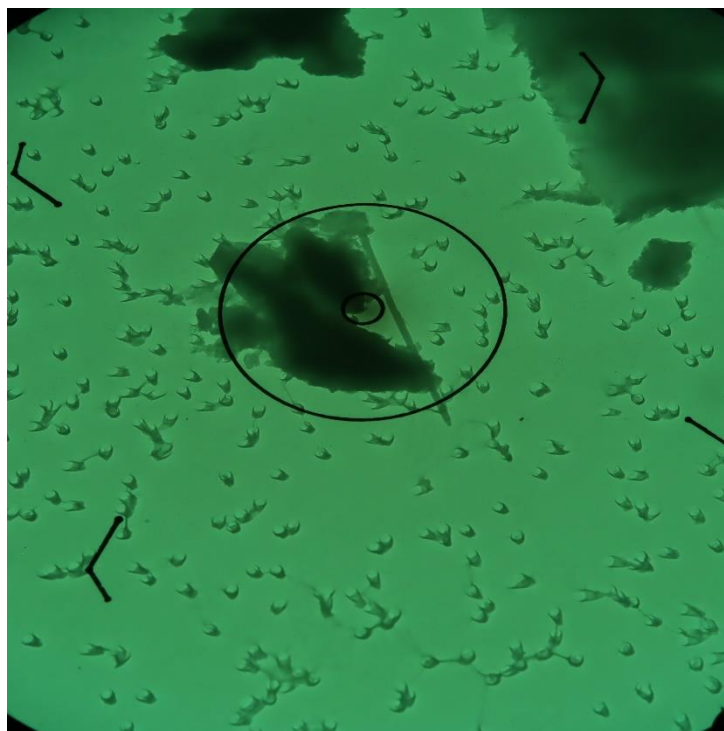
- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

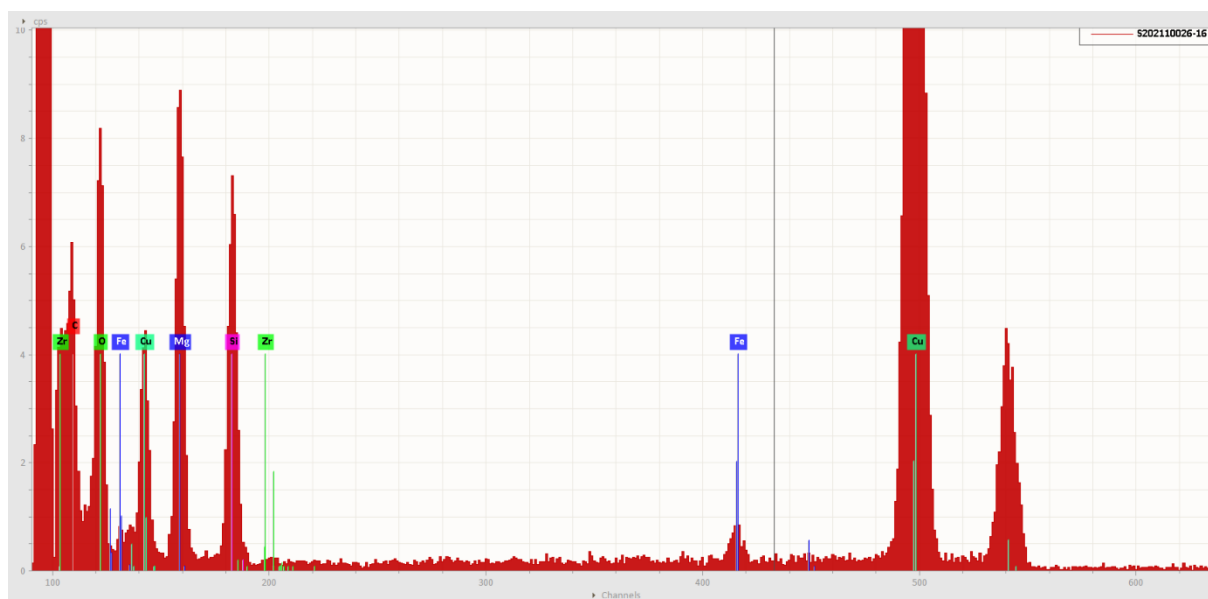
## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17029/24/0-4, úlomky horniny. Zvětřeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 2** Mikrofoto TEM vz. 17029/24/0-4, azbestové vlákno. Zvětšeno 13500x, průměr vnitřního terče je 0,4  $\mu\text{m}$ .



**Obr. 3** EDS spektrum chryzotilového azbestového vlákna, vz. 17029/24/0-4.

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-2
Identifikační číslo vzorku	17026/25/0-2
Datum odběru vzorku	8. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Markovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, tmavý, černý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábnutí skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

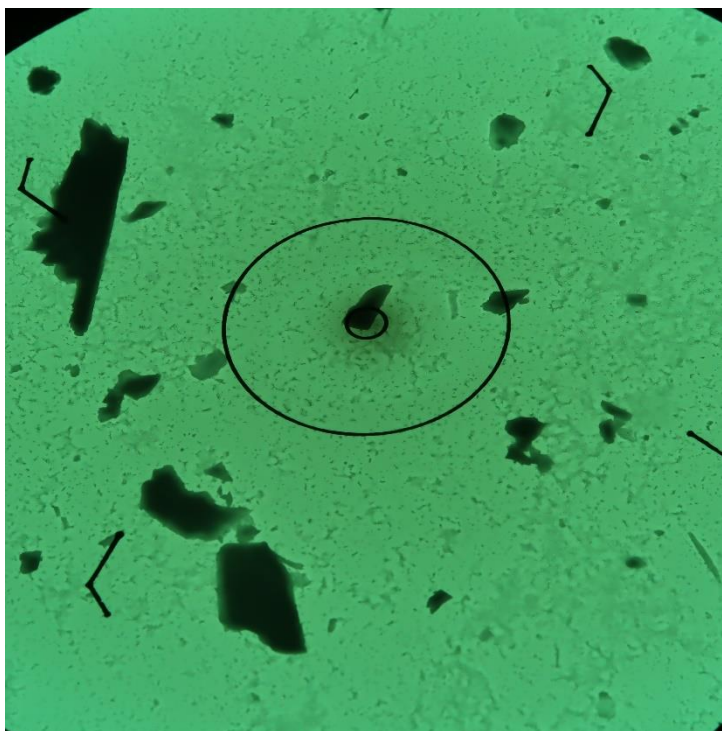
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obř. 1** Mikrofoto TEM vz. 17026/25/0-2, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .

## Výsledky zkoušky na přítomnost azbestových vláken v horninové matici

Výsledky kvalitativních analýz optickou polarizační mikroskopií (OPM) a elektronovou transmisní mikroskopií (TEM) byly převzaty z protokolů o zkoušce na přítomnost azbestových vláken vydaných akreditovanou zkušební laboratoří AD-LAB Environment, odštěpný závod Ostrava. Kvantitativní analýza azbestových vláken nebyla prováděna.

<b>Identifikace vzorku</b>	
Název vzorku	amfibolit - kamenivo 0-4
Identifikační číslo vzorku	17026/25/0-4
Datum odběru vzorku	8. 9. 2021
Lokalita odběru vzorku	Markovice

<b>Technické informace</b>				
Analytický popis materiálu	Typ drcení použitý při přípravě vzorků	Počet preparátů OPM	Počet preparátů TEM	Počet mřížek TEM
materiál sypký, tmavý, černý	hmoždíř	6	3	6

Typ azbestu	Analytická metoda	Výsledek zkoušky
azbestová vlákna	OPM + TEM	nedetekována
chryzotilový azbest	OPM + TEM	nedetekován
aktinolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
amositový azbest	OPM + TEM	nedetekován
antofylitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
krokydolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován
tremolitový azbest	OPM + TEM	nedetekován

### Přehled a popis zkušebních metod

#### Vyhledávání azbestu pomocí OPM

Provádí se v souladu s návodem HSG 248 (příloha 2) a normou NF ISO 22262-1 (relevantní části).

Vizuální a stereomikroskopické pozorování umožňují popsat vzorek. Analýza OPM dovoluje detekovat pouze opticky pozorovatelná vlákna, to jsou ta, která mají průměr větší než 0,2  $\mu\text{m}$ .

Negativní výsledek při analýze OPM, tedy bez detekovaných azbestových vláken, znamená, že vzorek neobsahuje opticky rozpoznatelná vlákna s obsahem vyšším, než je hranice detekovatelnosti. Negativní výsledek z OPM musí být potvrzen analýzou TEM. Příprava na analýzu OPM je povinná. Negativní výsledek je uzavřen po minimálně třech přípravách OPM na odlišitelnou složku.

#### Metoda přípravy vzorků pro analýzu TEM

Příprava vzorků se provádí podle pracovního postupu „HORNINY/Příprava pro analýzu TEM“. Hlavními etapami přípravy jsou: mechanické drcení (škrábaní skalpelem, drcení špachtlí nebo drcení v hmoždíři), ultrazvuková

lázeň, nakapání a schnutí na mikroskopických mřížkách pro analýzu TEM. Pro každou oddělitelnou vrstvu se provádějí nejméně tři přípravy na odlišitelnou složku.

#### *Pozorování azbestu pomocí TEM*

K identifikaci azbestových vláken dochází analýzou TEM (morfologie, chemické složení, difrakce) podle normy NF X 43-050 (relevantní části). Analýza TEM se dle potřeby opírá rovněž o petrografické zásady a mineralogickou klasifikaci IMA (Hawthorne et al. 2012), a to pokud jde o chemické složení amfibolů.

Podlouhlé minerální částice, které jsou během analýzy zohledňovány, odpovídají definici vlákna dle normy NFX 43-050, to znamená „všechny částice, jejichž okraje jsou částečně rovnoběžné nebo stupňovité, a jejichž délka je minimálně 0,5  $\mu\text{m}$  a poměr délka/šířka minimálně 3“. Při analýze TEM nelze měřit odolnost vůči tažnosti a ohebnosti vláken, tyto vlastnosti tedy nejsou zohledňovány.

Analýza TEM bere v úvahu všechna vlákna klasifikovaná nebo identifikovaná jako azbest podle normy NF X 43-050 (chryzotil, amosit, krokydolit, tremolitový azbest, aktinolitový azbest, antofylitový azbest).

Negativní výsledek analýzy TEM, tedy takový, který nedeklaruje přítomnost azbestu, může znamenat, že vzorek obsahuje množství pod hranici garantované detekovatelnosti. Negativní výsledek TEM je uzavřen po pozorování alespoň dvou mřížek na přípravek TEM a po vyhodnocení výsledků všech provedených příprav, pokud je to možné.

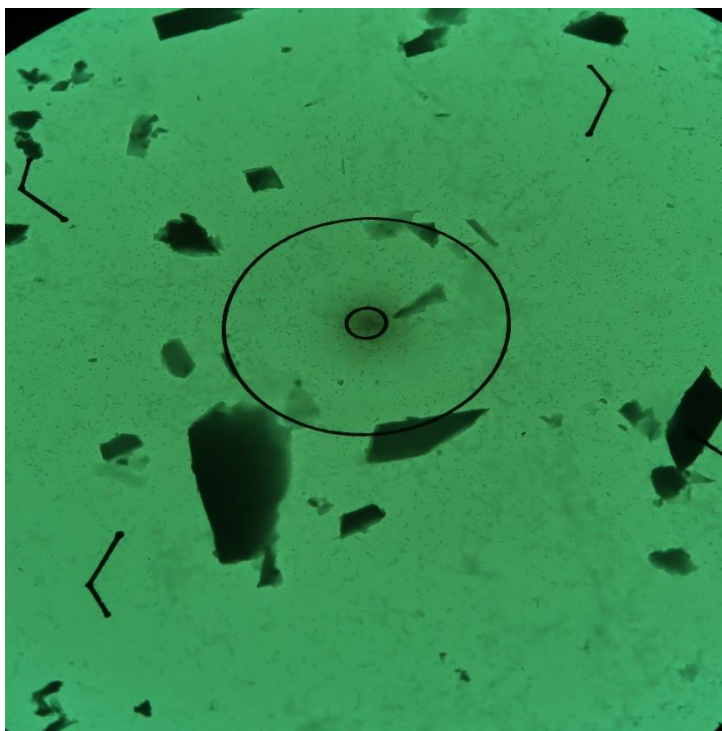
Laboratoř garantuje pozitivní výsledek pro pozorovaná vlákna, pokud je jejich množství ve vzorku vyšší nebo rovno 0,1 % celkové hmotnosti, dle intervalu spolehlivosti 95 %. V případě, že ve vzorku byla identifikována přítomnost vláken, ale jejich množství nepřesahuje 0,1% celkové hmotnosti, jde o stopové množství.

#### *Citovaná literatura*

- Hawthorne FC, Oberti R, Harlow GE, Maresch WV, Martin RF, Schumacher JC, Welch MD. 2012. Nomenclature of the amphibole supergroup. *American Mineralogist*, 97 (11-12): 2031-2048.
- NF ISO 22262-1:2012(fr) Qualité de l'air — Matériaux solides — Partie 1: Échantillonnage et dosage qualitatif de l'amianté dans les matériaux solides d'origine commerciale; Air quality — Bulk materials — Part 1: Sampling and qualitative determination of asbestos in commercial bulk materials, Afnor, France.
- NF X 43-050:2021 Détermination de la concentration en fibres d'amianté par microscopie électronique à transmission, Afnor, France.
- HSG 248:2021 Asbestos, The analysts' guide for sampling, analysis and clearance procedures, HSE, UK.

---

## Fotodokumentace vzorku



**Obr. 1** Mikrofoto TEM vz. 17026/25/0-4, úlomky horniny. Zvětšeno 2500x, průměr vnitřního terče je 1,9  $\mu\text{m}$ .