

Ülepedő és szálló por ásványtani vizsgálata a romániai Kolozs megyéből

*Mineralogical investigation of settled and airborne dust
collected from Cluj County, Romania*

FARKAS Izabella Melinda¹ – WEISZBURG Tamás¹

(9 ábra, 2 táblázat)

Tárgyszavak: szálló por, ülepedő por, Kolozs megye, szennyezés, röntgen poriffrakció, SEM+EDX
Keywords: airborne dust, settled dust, Cluj County, Romania, particle size distribution, powder XRD, SEM+EDX

Abstract

Solid contaminants get into the air as dust, varying widely both in composition and size distribution. Dusts are classified into two groups on the basis of grain size: airborne dust ($< 10 \mu\text{m}$) and settled dust ($> 10 \mu\text{m}$) (Fig. 1). Dust can be of natural or anthropogenic origin. Natural dust originate from soil erosion, forest fires, biogenic materials, sea salts above the sea surface, and volcanic eruptions. Anthropogenic dust arise mainly from industrial activity and transportation.

Phase (mineral) composition and size distribution of dust (Fig. 2) make it possible to establish the effect that dust have on the environment and health.

In Romania, county-level environmental agencies collect settled dust samples monthly. The collected samples are then weighted. Settled dust samples were collected and studied from 18 localities (Fig. 3) in the period March–July 2003 by the Environmental Protection Agency of Cluj County. Our main aim was to determine the phase (mineral) composition of these dust samples.

The collected samples were separated on the basis of grain size fractions $>400 \mu\text{m}$, $400\text{--}250 \mu\text{m}$, $250\text{--}125 \mu\text{m}$, $125\text{--}63 \mu\text{m}$, $63\text{--}32 \mu\text{m}$, $32\text{--}1 \mu\text{m}$ and $<1 \mu\text{m}$. (The first six fractions were obtained by wet sieving, while the last one by settling.) Grain size distributions were then considered. Fractions above $63 \mu\text{m}$ were examined using studied by light microscopy. Routine powder X-ray measurements have been carried out on the samples, while the respective characteristics most typical grains were studied with scanning electron microscopy (SEM equipped with EDX).

Minerals of the settled dust originate predominantly from soil erosion, accompanied by industrial contaminants (Fig. 4, Tables 1–2). There is a strong correlation between grain size and composition: the proportion of mineral constituents increases with decreasing grain size.

Among the identified constituents, the following are of natural origin: quartz, calcite (Fig. 5C), feldspar, dolomite, mica, chlorite, anhydrite (?), goethite, kaolinite-group minerals, amphibole group, rutile (Fig. 5B), kyanite, asbestos (Figs 5A and 9), ilmenite (Fig. 5D), halite and the biogenic materials like insects and plant fragments. Of anthropogenic origin are the silicon-carbide, corundum, cristobalite, tridymite, spinel-structure compounds (?) and plastic materials. On the X-ray powder diffraction patterns micas and kaolinite-group minerals occur mainly in the lower grain size fractions ($63\text{--}1 \mu\text{m}$, $63\text{--}32 \mu\text{m}$). Cristobalite was present in large amounts in some of the samples (Figs. 6 and 7). This material may eventually get enriched in the respirable fraction, too, (Figs. 6B and 7), carrying an increased health risk. Tridymite is subordinate relative to cristobalite, and occurs only in samples that contain silicon-carbide as well.

In salt-rich samples the salt may well originate from a surface-exposed salt dome. However, contamination from the winter salt treatment of the roads cannot be excluded either. In the settlement of

¹ELTE TTK, Ásványtani Tanszék, H-1117 Budapest, Pázmány Péter sétány 1/C,
e-mail: farkasizabella@yahoo.com

Turda, large amounts of calcite originate from local outcrops of limestone. However, the nearby cement factory, which uses limestone as the base material for cement production, should also be taken into consideration.

The composition of asbestos is transitional between that of serpentine and amphibole (Fig. 9).

Összefoglalás

Munkánkban a Kolozs megyei Környezetvédelmi Hivatal által 2003 márciusa és júniusa között, 18 mintavételi helyről begyűjtött leülepedett pormintákat dolgoztuk fel, ezek ásványtani összetételét vizsgáltuk.

A kapott mintákat szemcseméret szerint szeparáltuk. Hét szemcseméret-kategóriát különítettünk el, ezek: $>400 \mu\text{m}$, $400\text{--}250 \mu\text{m}$, $250\text{--}125 \mu\text{m}$, $125\text{--}63 \mu\text{m}$, $63\text{--}32 \mu\text{m}$, $32\text{--}1 \mu\text{m}$ és $<1 \mu\text{m}$ (az első hatot nedves szitálással, az utolsót ülepítéssel nyertünk). Vizsgáltuk a szemcseméret szerinti eloszlásokat is. A $63 \mu\text{m}$ fölötti szemcséket sztereomikroszkóppal elemeztük. A mintákról rutin röntgen pordiffrakciós felvételek, a jellegzetesebb szemcsékről röntgen spektrométerrel felszerelt pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok készültek.

Eredményeink szerint, a levegő üledék ásványai nagyrészt a talaj eróziójából származnak. Ehhez adódnak hozzá az ipari szennyeződések. Összefüggés figyelhető meg a szemcseméret és az összetétel között, a szemcseméret csökkenésével nő az ásványos összetevők aránya. Az azonosított összetevők közül természetes eredetűek a kvarc, kalcit, földpát, dolomit, csillám, klorit, anhidrit (?), goethit, kaolinit csoport, amfibol csoport, rutil, kianit, azbeszt és természetesen a biogén eredetű anyagok. Antropogén eredetűek a szilícium-karbid, korund, cristobalit, tridimit, spinell típusú vegyületek, műanyagok. A röntgen pordiffrakciós felvételeken főképp a finomabb frakciókban ($63\text{--}1 \mu\text{m}$, $63\text{--}32 \mu\text{m}$) jelentkeznek a csillám-félék és a kaolinit csoport. Az egészségre különösen káros lehet a cristobalit feldúsulása a belelegezhető frakciókban. A kősz és kalcit feldúsulása földtani és antropogén okokkal is magyarázható. Az észlelt azbeszt elemi összetétele a szerpentin és az amfibol közé esik.

Bevezetés

Az üledék porok, bár légkörkémiailag szempontból nem igazán fontosak, hiszen a forráshoz közel leülepednek, egészségügyi szempontból azonban nagyon lényegesek. Környezetásványtani vizsgálatuk fontos, mivel e porok ásványos összetétele és méreteloszlása határozza meg a környezetre és egészségre gyakorolt hatásukat. A levegőben lebegő porszemcsék sokszor felerősítik más szennyezőanyagok hatását azért, hogy felületükön adszorpcióval megkötik azokat. Az egyedi porszemcsék kémiai összetétele és a méret között erős korreláció mutatható ki (GRANTZ et al. 2003). A finom frakciók felületükkel, míg a durva frakciók tömegükkel uralják az atmoszférát. A két típusú frakcióra eltérő módon hatnak a légnedvesség változásai, a csapadékviszonyok, a szél változásai valamint a besugárzás mértéke (GRANTZ et al. 2003, VÁKEVÁ et al. 1999).

A szilárd anyagok különféle összetételű és szemcseméretű por formájában kerülnek a levegőbe. Anticiklon esetén, a városok felett szemmel látható porkupola alakul ki. Ennek fő alkotóelemei a szilárd szennyezőanyagok (MĂNESCU et al. 1994), vagyis a szálló és üledék por (1. ábra; ezekről részletesen lásd a függelékét). A porkupola alatti területeken a légrétegek átkeveredése csökken és így minden légszennyező anyag nagyobb mennyiségben halmozódik fel. Munkánkban az üledék és részben a szálló por ásványos összetételét vizsgáljuk. Az ásványtani információk birtokában azonosíthatók a fő szennyező fázisok, valamint az egészségügy is felhasználhatja az adatokat.

A mintavételei helyek döntő többségben ugyan ipari övezetekben helyezkednek el, de általában lakóövezetek is vannak a közelükben.

Az ülepedő porok származhatnak természetes és antropogén forrásokból. Néha nehéz különbséget tenni a természetes és antropogén eredetű por között (MORENO et al. 2004). A természetes eredetűek a talaj eróziójából, erdőtüzekből, biogén anyagokból, a tengerek fölött tengeri sóból, valamint vulkánok kitéréséből származhatnak. A műholdfelvételeken a porfelhőknek gyakran jól körülhatárolható geometriájuk van, melyet a topográfiai jellegzetességek határoznak meg (PROSPERO 1999). Az antropogén ülepedő porok főleg az ipari tevékenységből és a szállításból származnak. Ezek fontosak, mert a keletkezés helyén nagy koncentrációt is elérhetnek a szilárd szennyezők. Gyakorlatilag minden ipari tevékenység porképződéssel jár. E porok gyakran károsak, sőt mérgező anyagokat, nehézfémeket is tartalmaznak. Ugyanakkor a szállítás is nagymennyiségű port juttat a levegőbe. A közúti közlekedés károsanyag-kibocsátása miatt a nagyforgalmú utak mentén megemelkedik az ólom, cink, nikkel, réz, platina mennyisége.

A Kolozs megyei Környezetvédelmi Ügynökség 30 naponként ülepedő pormintákat gyűjt a megye városainak különböző területeiről, főképp az ipari területekről. A mintákat általában 1–2 m magasan elhelyezett műanyagedényekben gyűjtik, melyekben 150–200 ml desztillált vizet töltenek. Télen, a befagyás megelőzésére 25–30%-os alkoholos oldatot használnak a desztillált víz helyett (MÁNESCU et al. 1994). A begyűjtésnél 2 mm-es szűrőn átszűrjük a desztillált vízbe leülepedett porszemcséket ezáltal megakadályozva a nagyobb rovarmaradványok és levél-töredékek bekerülését a végső tömegbe. A kapott mintákat laboratóriumban először gőzfürdőn párologtatják, majd ezután 2 órán át szárítószekrényben, 105 °C-on szárítják. ½–1 óra exszikkátorban való hűlés után a tömegeket analitikai mérleggel lemérik.

Ezen minták anyagi összetételét a romániai környezetvédelmi ügynökségek nem vizsgálják. Ilyen, vagy hasonló módszerekkel gyűjtött ülepedő por ásványtani vizsgálatáról más országokból sincs adatunk. Irodalmi adatok vannak ugyan olyan vizsgálatokról Amerikában, ahol a munkahelyi környezetben, valamint beltérekben található por összetételét elemzik (OSHA 1994), ám ezeknek a mintavételezése eltérő attól, amit e munkában bemutatunk¹.

Skála Scale	Aeroszol meghatározása Aerosol definition	Por meghatározása Dust definition
1000 µm		Ülepedő por
100 µm	Óriás részecskék	Settled dust
10 µm	Coarse mode	Szálló por Airborne dust
1 µm	Nagy részecskék Accumulation mode	
0,1 µm	Aitken-féle részecskék Nucleation mode	
0,01 µm		

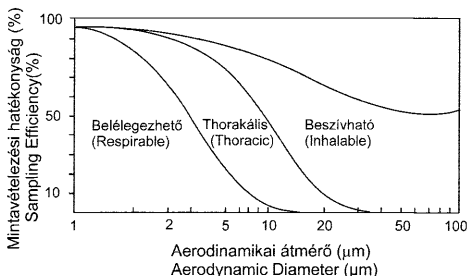
1. ábra. Az aeroszolok és porok méreteinek definíció szerinti összehasonlítása (részleteket a függelék tartalmazza)

Fig. 1. Comparison between aerosol and dust size distribution (for details see the Appendix and its references)

A por egészségre gyakorolt hatásai

A levegőben megtalálható részecskék a belégzés során különböző távolságokra jutnak el a légutakban. Egy részük lerakódik, más részük pedig kiürül a szervezetből a kilégzés során. A károsodás mértékét a lerakódás helye, a lerakódott szemcsék mennyisége illetve toxicitása szabja meg.

Az hogy a részecske meddig jut el a légzőszervrendszerben, függ attól, hogy mekkora az aerodinamikai átmérője. A munkavédelmi előírásokat tartalmazó EN 481:1993 Európa-szabvány az összes létező porszemcseátmérő függvényében százalékosan definiálja a beszívható (inhalable), thorakális (thoracic) és az alveoláris (respirable) belélegezhető részecskefrakciókat (2. ábra; EUR 20268 EN 2002).



2. ábra. Az EN 481:1993 szabvány szerinti részecskefrakciókra vonatkozó konvenciók

Fig. 2. Particle size definitions according to the norm EN 481:1993

A grafikonból kiderül, hogy a legnagyobb veszélyt a 10 μm -nél kisebb szemcsék jelentik, mivel ezek jutnak be a tüdő alveolusaiba. Már a 30–32 μm -nél kisebb frakciók is lejuthatnak a hörgőkhöz. Ezek képezik a thorakális frakciót. A 30 μm -tól 100 μm -ig terjedő frakciók még belélegezhetőek, de csak a felső légutakba jutnak be, ahonnan rövid idő alatt kiürülnek.

A SiO_2 változatokra vonatkozó kutatások azt mutatják, hogy a tridimit és a cristobalit belélegezése sokkal ártalmasabb, mint a kvarcé, míg az amorf SiO_2 változatoknak gyakorlatilag nincs káros hatásuk (HEANEY & BANFIELD 1993). Súlyos egészségügyi hatásuk miatt határértékek szabályozzák jelenlétüket a levegőben. Romániában a kvarcnak 0,1 mg/m^3 , míg a cristobalitnak és a tridimitnek 0,05 mg/m^3 a határértéke (Általános munkavédelmi előírások 508/2002). Ezek az értékek a belélegezhető frakciókra vonatkoznak. Számos tanulmány kimutatta, hogy a SiO_2 változatok katalizátorként viselkednek olyan reakciókban, melyek szabad gyököket és más DNS károsító hatóanyagokat termelnek (HEANEY & BANFIELD 1993).

A SiO_2 változatok fő hatása mégis a szilikózis, mely a legrégebben ismert foglalkozási betegség. Azoknál alakul ki, akik éveken keresztül lélegzik be a port. Gyakori a bányászok, fémmunkások, öntödei munkások, fazekasok körében. A tünetek általában lassan, 20–30 éven át fennálló porkitettséget követően alakulnak ki, bár ezt számos dolog befolyásolhatja (pl. a részecskék alakja és mérete, az expozíciós idő hosszúsága, az egyén egészségi állapota, szokásai, pl. dohányzás, a porkoncentráció). Számos esetben az is meghatározó, hogy ezek a tényezők hogyan hatnak egymásra. A belélegezést követően a por a tüdőbe kerül, ahol a makrofágok beke-

belezik. A makrofágokból felszabaduló enzimek a tüdőszövet hegesedését okozzák. Ezek a hegesedett részek nem tudnak oxigént szállítani a vérbe. A tüdő rugalmatlanná válik és a légzés nagyobb erőfeszítést igényel. A tüdő megbetegedése megerősíti a szívet, ez szívelégtelenséghez vezethet, amely végzetessé is válhat. Ugyanakkor a tüdőgümőkórt okozó *Mycobacterium tuberculosis* nevű baktériumot gyakrabban találjuk meg szilikózisos betegeknel (DERBYSHIRE 2005). A szilikózis nem gyógyítható. Ha azonban a betegség korai szakaszában a beteg felfüggeszti a további expozíciót, a betegség kifejlődése megállhat.

A másik, egészségügyi szempontból potenciális kockázatot jelentő anyagcsoport az azbesztek. Kezdetben „az abesztek” egészségkárosító tulajdonságai közül legfontosabbnak a morfológiát tartották (STANTON et al. 1981). In vivo állatkísérletekben változtatták a szálak méretét és minőségét és regisztrálták a mezoteliomás megbetegedések számát. Ezek alapján arra a következtetésre jutottak, hogy a szálak morfológiája a döntő, az elemi összetétel és a felületi tulajdonságok csak annyiban számítanak, amennyiben a szál tartósságát meghatározzák a tüdőben uralkodó körülmények között. Ezzel szemben CHURG (1993) állatkísérletek alapján úgy véli, hogy a krizotil a tüdőben kereszben eltörik, így idővel a krizotilszálak felaprózódnak. A rövidülő szálakat könnyebben bekebelezik a falósejtek, így a falósejtekkel együtt a krizotil könnyebben távozik a tüdőből, mint az amfibolabeszte. Az amfibol ugyanis csak hosszirányban hasad, az eredetivel egyenlő hosszúságú, de keskenyebb szálakat eredményezve (BANDLI et al. 2003, GUNTER et al. 2003). Ma már tudjuk, hogy az abesztfajták közül a riebeckitnél volt a legszembetűnőbb a rákkeltő hatás, ezt követte a többi amfibol, és a legkevésbé veszélyes a krizotil (GUNTER et al. 2003).

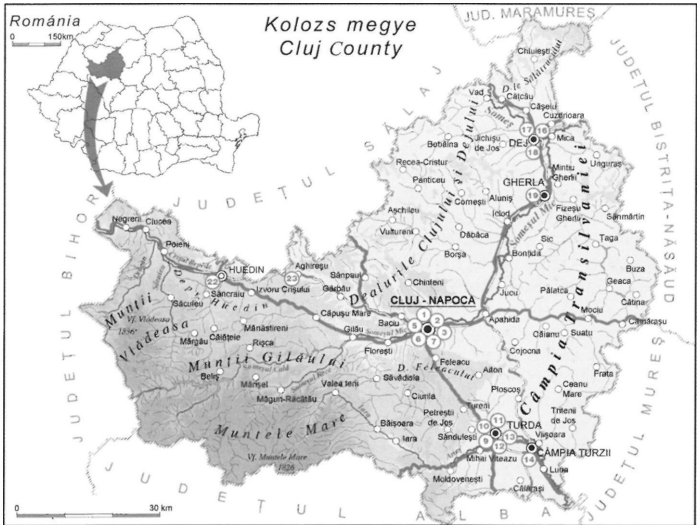
Az egyes abesztekhez kötődő tüdőbetegségeket két csoportba oszthatjuk: nem daganatos és rosszindulatú daganatos betegségekre. Az amfibolabesztek okozta tüdőrák a légutak hámszejteit támadja meg (MOSSMANN 1993) és teljesen azonos azzal, ami a dohányosokat veszélyezteti (KANE 1993). Fontos megjegyezni, hogy a dohányfüst és az abesztet hatása felerősítik egymást, tehát a dohányosok nagyobb eséllyel kapják meg a betegséget (GREEN et al. 1997). A beteg kezdetben tünetmentes, majd ahogy a terjeszkedő tumor csökkenti a hörgők és hörgőcskék térfogatát, tartós köhögés és visszatérő tüdőgyulladás lép fel. A tumor átterjedhet a többi szervekre is. Az abesztet által okozott tüdőráknak nincs speciális szövettani ismertetőjegye, így nem állapítható meg, hogy a daganatot abesztet vagy más anyag váltotta-e ki.

A fibrózis kóros, megváltozott sejtszaporodás eredménye. A kötőszövet szaporodása főként az alsó tüdőlebenszöveteket, a légúti csöveket, hörgőcskéket érinti. A betegség többnyire hosszú ideig tartó (20–40 év), nagy abesztetkoncentrációjú por belélegzésének az eredménye, ami lassan súlyosbodik, még akkor is, ha közben megszűnik a káros behatás (KANE 1993, CENTENO et al. 2005).

A tüdő mellett az abesztet ellenálló szálai, átfúródva a sejteken, képesek egyébe szövetekbe, pl. vesébe, húgyhólyagba is bejutni.

Minták és módszerek

A Környezetvédelmi Ügynökség havonta 20 mintavételi helyről begyűjtött ülepedő pormintáiból 18 helyszínen 4 (tíz esetben), 3 (három esetben) és 2 (öt esetben) hónapon keresztül gyűjtött mintáit elemeztük. Az alábbiakban röviden ismertetjük



3. ábra. Mintavételi helyek és jelöléseik

Fig. 3. Sampling sites and their symbols

a mintavételi helyek városon belüli földrajzi elhelyezkedését. Ipari területekről gyűjtött minták esetében, a gyár tevékenységét is bemutatjuk. A 3. ábra a megye térképén szemlélteti a mintavételi helyeket és azok jelöléseit. A különböző magasságokban vett minták között nem tudunk összefüggést megállapítani a befolyásoló tényezők sokfélesége miatt.

Kolozsvári (Cluj-Napoca) mintavételi helyek:

A *Carbochim nevű gyár* (1-es mintavételi hely) Kolozsvár északi részén, a Kis-Szamos jobb partján, az ipari övezetben helyezkedik el, és csiszolóanyagokat gyárt. A csiszolóanyaghoz használt szemcsék: elektrokorund (fehér, rózsaszínes, barnás színű) és szilícium-karbid (fekete és zöld színű). A gyűjtőedény 1 m-es magasságban van, a gyár udvarán.

A *Bányászati Intézet* (2-es mintavételi hely) Kolozsvár nyugati részén helyezkedik el a vasút mellett. Közeliében más ipari egységek is találhatóak, melyek befolyásolhatják az itteni minták összetételét. A gyűjtőedény 1 m-es magasságban van elhelyezve, az udvaron.

A *kolozsvári Környezetvédelmi Ügynökség* (3-as mintavételi hely) a Dorobanților úton van, tömbházak között, közel az úthoz. A mintavételi edények állványai az intézet első emeleti erkélyére vannak kihelyezve (kb. 3 m magasan). Ipari szennyező nincs a közelben.

A *Sanex* (Kolozsvár – 5-ös mintavételi hely) kerámia és porcelán alapú csempék, mosdókaagylók, fürdőszoba-felszerelések gyártója a város északkeleti részén, a Kis-Szamos jobb partján ipari vállalatokkal van körülvéve. A gyár előtt halad el a vasútvonal. A felhasznált alapanyagok: különböző földpátásványok, kaolinit, montmorillonit stb. A gyűjtőedény elhelyezési magassága 5 m, az épület tetején.

A *CUG (nehézipar)* (6-os mintavételi hely) a város észak-keleti részén, a Kis-Szamos bal partján, az ipari zónában van. Acél- és vasöntőde működik a gyár területén belül. Öntöttvasat, ekefalpakat, kerekeket, hengermalmokat, bányafelszerelést, fúrófejeket, vegyiparban használt felszereléseket stb. gyárt. A mintagyűjtő edény az épület tetején van elhelyezve kb. 6 m-es magasságban.

A *Terapia Gyógyszergyár* (7-es mintavételi hely) Kolozsvár északi részén helyezkedik el, a Kis-Szamos bal partján. Tőle északra van a téglagyár és körülötte szintén ipari létesítmények találhatók. Gyógyszerészeti hatóanyagokat gyárt. A mintavételi edény 1 m magasságban található a gyár udvarán.

Tordai (Turda) mintavételi helyek:

A Torda város déli részén elterülő ipari zónában lévő *Casirom gyár* (9-es és 10-es mintavételi helyek) csiszolóanyagot gyárt és szilícium-karbid szemcséket használ termékei előállításához. Két helyről gyűjtenek mintát, a kapunál, 1 m-es magasságban, és a gyár udvarában, 1,8 m-es magasságban.

A *tordai Katonai Alakulat* (11-es mintavételi hely) a Casirommal szemben helyezkedik el, a város déli részén, az ipari övezetben. A gyűjtőedény 1 m-es magasságban van, az udvaron.

Torda ipari zónájához közel található, a ma már nem működő *sörgyár*, amelyet az E60-as és E81-es országutak találkozásánál levő körforgalom mellett helyeztek el (12-es mintavételi hely). A mintagyűjtő edények 1 m magasságban vannak, a gyárkapu mellett, az udvaron.

A cementet gyártó *Gypsum* (13-as mintavételi hely) gyár, az ipari zóna északi részén található. Itt a mintavételi edények 2 m-es magasságban vannak felállítva a gyár udvarán.

Dési (Dej) mintavételi helyek:

A „*Szamos*” *papírgyár* víztisztító állomása a várostól észak-nyugatra helyezkedik el (16-os mintavételi hely). A gyűjtőedény 6 m-en van, az épület tetején.

A város keleti részén helyezkedik el a dési Refrabaz (17-es mintavételi hely) ahol tűzálló téglákat gyártanak. Több típusú tűzálló terméke van, ezek közül megemlítjük a magnezites tűzálló téglát, magnézium- és króm tartalmú tűzálló téglát, spinell tartalmú tűzálló téglát, magnezit tartalmú meszet, kromitos meszet. A gyűjtőedény elhelyezési magassága 1 m, a gyár udvarán.

A *dési vízkezelő állomás* (18-as mintavételi hely) a várostól észak-nyugatra helyezkedik el. Ipari egység nincs a közelben. A gyűjtőedény elhelyezési magassága 2 m, a gyár udvarán.

Egyéb mintavételi helyek:

Az *Aranyosgyéres* (Câmpia Turzii) északi részén elhelyezkedő *Sodronygyár* (14-es mintavételi hely) sodronyt, huzalt, drótot és L alakú csöveket gyárt. A mintavételi edény az út mellett, egy ház udvarán van felállítva, 1 m-es magasságban.

A *Sortilemn bútorgyár* (Szamosújvár [Gherla] – 19-es mintavételi hely) a város északnyugati részén helyezkedik el a Szamos bal partján. A gyűjtődény 2 m-es magasságban van elhelyezve, a gyár udvarán.

A *Bánffyahunyadon* (Huedin) (22-es mintavételi hely) a mintagyűjtő edény a városközpontban van elhelyezve, a Polgármesteri Hivatal épületének erkélyén, 3 m-es magasságban. Ipari szennyező nincs a közelben.

A *Egeres* (Aghireş) dél-keleti részén helyezkedik el, viszonylag közel a vasúthoz, az út mellett, a cementet gyártó *Romcim* (23-as mintavételi hely). A gyűjtődény elhelyezési magassága 1 m, a gyár udvarán.

Mintaelőkészítés és vizsgálati módszerek

A kapott minták heterogén szemcseeloszlása miatt a vizsgálatok megkezdése előtt szükség volt a szemcseméret szerinti szeparálásra. Hét frakciót különítettünk el, ezek: $> 400 \mu\text{m}$, $400\text{--}250 \mu\text{m}$, $250\text{--}125 \mu\text{m}$, $125\text{--}63 \mu\text{m}$, $63\text{--}32 \mu\text{m}$, $32\text{--}1 \mu\text{m}$ és $< 1 \mu\text{m}$ -es frakciók. Az elkülönítés nedves szitálással történt az első hat esetben, míg az $1 \mu\text{m}$ alatti frakciót ülepítéssel nyertük. Az ülepítésnél a Köhn-féle táblázatot vettük alapul. A kvarc sűrűségét tekintettük átlagos sűrűségnek, hőmérsékletnek pedig 20°C -t. A szárítás szárítószekrényben (max. 100°C -on), illetve szárítólámpa alatt történt.

A szemcseméret eloszlásokat eloszlásgörbék segítségével vizsgáltuk. Ezeket a görbéket kétféle módon nyertük: a frakciónként mért tömegek alapján, illetve lézeres szemcseméret eloszlásmérővel. Utóbbi vizsgálatok az ELTE Kőzettani és Geokémiai Tanszékének lézeres szemcseméret-elemző laboratóriumában készültek Fritsch Laser Particle Sizer Analysette 22-es műszerrel. A műszer mérőegysége egy 5 mW -os He-Ne lézerből, a megfelelő optikai berendezésből és a mérőcellából áll. Minden mérés előtt elvégeztük a háttérmérést. A műszer mérési tartománya $0,16\text{--}1250 \mu\text{m}$.

A durva ($63 \mu\text{m}$ fölötti) frakciók összetételének megfigyeléséhez sztereomikroszkópot használtunk. A szín, fény, keménység, hasadás, törés, termet és sósavban való oldékonyság segítségével állapítottuk meg az ásványtani összetételt. A farost és azbeszt biztos elkülönítésére égetést használtunk. A röntgen pordiffrakciós vizsgálat segítségével a mintákból megbízhatóan azonosíthatók az 5%-nál nagyobb mennyiségben lévő kristályos fázisok (WOGELIUS & VAUGHAN 2000). Egyes agyagásványok és más rétegszilikátok jelenléte csoportszinten még e határ alatt is biztonsággal valószínűsíthető. A röntgen pordiffrakciós felvételek az ELTE Ásványtani Tanszékén készültek SIEMENS 5000 Bragg-Bretano geometriájú, másodlagos, pirolitikus grafitkristály monokromátorral felszerelt pordiffraktométerrel, $\text{Cu-K}\alpha$ sugárzás felhasználásával. A goniométer elfordulási sebessége $2^\circ/\text{perc}$ volt.

A pásztázó elektronmikroszkóp segítségével, a felszíni topográfiáról nyert képek számos információt szolgáltatnak. Ha röntgen spektrométerrel (EDX) van ellátva, roncsolásmentes, gyors és könnyű tájékozódó elemi analízist kapunk a vizsgált mintáról. A legtöbb elemre a kimutatási határ $\sim 0,5$ térfogat% (TOYODA et al. 2004).

A pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok az ELTE Kőzettani és Geokémiai Tanszékén készültek, PV 9800 EDX analizátorral felszerelt, Amray 1830 I/T6 típusú

elektronmikroszkóppal. A ragasztós szénkorongra felhelyezett egyedi szemcsékről szénrel való gőzölés után tájékozódó, standard nélküli elemzések készültek.

A minták vizsgálatának eredményei

Szemcseméret eloszlások elemzése

Mivel a szemcseméret egészségügyi és környezeti szempontból nagyon fontos, ezért elemeztük a szemcseméret-eloszlásokat. A két úton nyert eloszlásgörbét összehasonlítottuk és azt találtuk, hogy a két típus hasonló. Akkor lép fel eltérés, ha kisebb sűrűségű szemcse, pl. szerves anyag, növényi vagy állati maradvány van jelentős tömegben jelen valamelyik frakcióban.

Minden mintavételi hely 32–1 μm -es frakciójáról készült külön eloszlásgörbe lézeres szemcseméret eloszlásmérővel, egyrészt, mert ez volt a legszámottevőbb tömegű frakció, másrészt, ide tartoznak a 10 μm alatti szemcsék, melyek a legkárosabbak az egészségre. Minden esetben kétcsúcúsú görbét kaptunk. Habár szitált volt a minta (32 μm -es szitával), mégis 31 μm fölött is jelentkeznek szemcsék. Feltehetően koagulált szemcséknek tulajdonítható ez.

Sztereomikroszkópos vizsgálatok

A durva (63 μm fölötti) frakciók összetételének jellemzésére sztereomikroszkópot használtunk. Félmennyiségi elemzések készültek a mintákról, kategóriákat különítettünk el, ezek: döntő, sok, kevés és nyomokban. A mennyiségi elemzést a minták nagy száma nem tette lehetővé. Egy mintán belül is nagy az összetevők száma.

A vizsgálatokból kiténik, hogy az esetek nagy többségében a nagyobb szemcseméret tartományokban sok a szerves összetevő. Ahogy csökken a szemcsék mérete, nő az ásványi összetevők aránya. Ugyanakkor a havi minták között is eltérések vannak.

A különböző mintavételi helyeket vizsgálva, a következők állapíthatók meg:

Kolozsvári (Cluj-Napoca) mintavételi helyek

Carbochim gyár Kolozsvár – 1-es mintavételi hely. Megfigyelhető a szilícium-karbid, valamint a korund nagymennyiségű előfordulása a mintákban. Ez egyértelműen tükrözi a gyár tevékenységét, ahol csiszolóanyagokat gyártanak. A szilícium-karbidon kívül jelen vannak természetes a szerves anyagok is, mint a cellulóz és rovarmaradványok, valamint kvarc, földpát, kalcit, csillámok. Található műanyag-szál is a mintákban.

Bányászati Intézet – Kolozsvár – 2-es mintavételi hely. Ebben az esetben az összetétel szintén tükrözi azt, hogy az intézet ipari területen van, hiszen jelentkezik a limonitos salak, szferula, szilícium-karbid, korund (?), salak a mintákban. A májusi hónap 400 μm -nél nagyobb szemcseméret kategóriájában az összekuszálódott cellulózsálakban kisebb szemcsék is jelentkeznek. Rózsaszínes nagyon mállott közet szemcsék is találhatóak a mintában. Nyomokban azbesztet is azonosítottunk.

Környezetvédelmi Ügynökség Kolozsvár – 3-as mintavételi hely. A legnagyobb (>400 μm) szemcseméret-tartomány vizsgálatánál a kalcit sokszor döntő mennyiségben van jelen a mintákban. Bár az intézet nem ipari terület közelében helyezkedik el, megjelenik a minták összetételében a salak, szilícium-karbid, szferula.

Sanex Kolozsvár – 5-ös mintavételi hely. Ennek a mintavételi helynek az érdekessége a röntgenpordiffrakciósan is igazolt, zöld, lemezes, táblás megjelenésű klorit. A márciusi hónap kivételével, a másik két hónapban (május, június) a klorit jelentkezik döntő mennyiségben a mintákban. Valószínűleg egyes csempék gyártására kloritos palát használnak. A 125–63 μm -es szemcseméret-tartomány esetében a kvarc uralkodik. Itt is találunk limonitos salakot, szilícium-karbidot. Az említetteknek kívül jelen van a kalcit, földpát, virágpor, cellulózsálak, rovarmaradványok, csillám.

CUG (nehézipari gyár) Kolozsvár – 6-os mintavételi hely. Ezen a mintavételi helyen a limonitos salak és salak, szilícium-karbid, korund és szferula származik a gyár tevékenységéből. Nyomokban kloritot is azonosítottunk.

Terapia Kolozsvár – 7-es mintavételi hely. A márciusi hónap döntő mennyiségét a salak és limonitos salak teszi ki. Itt is megtalálható a klorit (?). Az áprilisi hónaptól a növényi és esetenként a rovarmaradványok vannak döntő módon jelen a mintákban. Áprilisban és májusban bizonyos frakcióknál a kvarc van jelen döntő mennyiségben.

Tordai (Turda) mintavételi helyek:

Casirom Torda – 1. minta és 2. minta – 9-es és 10-es mintavételi helyek. Mindkét mintavételi helyen a szilícium-karbid a döntő mennyiségű, a gyár tevékenységéből adódóan. A környékről vett mintákban mindenhol találunk szilícium-karbidot, ami arra utal, hogy egy fontos szennyezővel állunk szemben. Az említett szennyezőanyagok közül megtaláljuk a limonitos salakot, a kvarcot, kalcitot, csillámot, üveget, szerves anyagokat. Nyomokban azbeszetet is azonosítottunk.

Tordai Katonai Alakulat – 11-es mintavételi hely. Mivel a mintavételi hely szemben található a Casirommal, emiatt a szilícium-karbid jelentős mennyiségben megtalálható ezekben a mintákban is. Az áprilisi hónapban megjelenik a klorit (?). Ezen kívül megtalálható a kvarc, szerves anyagok, kalcit, földpát, csillám, szferulák, limonitos salak, üveg, korund (?).

Sörgyár Torda – 12-es mintavételi hely. Ezekben a mintákban a kvarc és szerves összetevők döntő mennyiségben vannak jelen. Mivel út mellől gyűjtik a mintákat, a korom is jelentős mennyiséget képvisel. A szilícium-karbid jelenléte a Casirom mintavételi hely kis távolságának (~700 m) tulajdonítható. Márciusban a farost jelentkezik nagy mennyiségben.

Gypsum Torda – 13-as mintavételi hely. A döntő tömegmennyiséget a kalcit és karbonátok teszik ki. A Torda város ipari zónájában található Gypsum vállalat kb. 1 km-re helyezkedik el a Casiromtól, és a szilícium-karbid itt is megtalálható a mintákban. A többi összetevő nem tér el az előző mintákétól: kvarc, földpát, szerves összetevők, salak, korom, csillám stb.

Dési (Dej) mintavételi helyek

„Szamos” papírgyár víztisztító állomása Dés – 16-os mintavételi hely. Ebben az esetben, döntő mennyiségben farost van jelen. A korom mennyisége elég jelentős.

Refrabaz Dés – 17-es mintavételi hely. A májusi minták esetében döntő mennyiségben kvarc van. A többi azonosított összetevő: rovarmaradványok, farost, földpát, kalcit, szilícium-karbid, csillám, limonitos salak, szferula, azbeszt.

Vízkezelő állomás Dés – 18-as mintavételi hely. A farost jelen van minden mintában. Ugyanakkor jelentkezik az elszenesedett fa is (mint szinte minden olyan mintában, amelyben farost van). Az áprilisi minták esetében a döntő többséget a limonitos salak teszi ki, a szerves összetevők csak nyomokban jelentkeznek. A korom szintén jelentős mennyiségben megtalálható és valószínűleg a közlekedésből származik. Nyomokban találtunk kloritot (?) és azbesztet is. A többi összetevő: kvarc, kalcit, csillám, üveg, limonitos salak, műanyagszálak, szferula, festékszemcsék.

Egyéb mintavételi helyek

Sodronygyár Aranyosgyéres (Câmpia Turzii) – 14-es mintavételi hely. A mintákat döntő módon szerves összetevők, és kvarc teszi ki, míg salak csak nyomokban található.

Sortilemn Szamosújvárra (Gherla) – 19-es mintavételi hely. Ez a mintavételi hely abból a szempontból érdekes, hogy a 400 μm -es szemcsék tömege meghaladja a 32–1 μm -es szemcsékét. Ugyanakkor a minták legnagyobb részét cellulóz és elszenesedett fa teszi ki. Az elszenesedett fa a darabolás közben keletkezhetett. Az ásványi összetevők legtöbb esetben csak nyomokban vannak jelen. A ragasztószemcsék jelenléte csak ezekben a mintákban észlelhető. Nyomokban azbesztet is találtunk a mintákban.

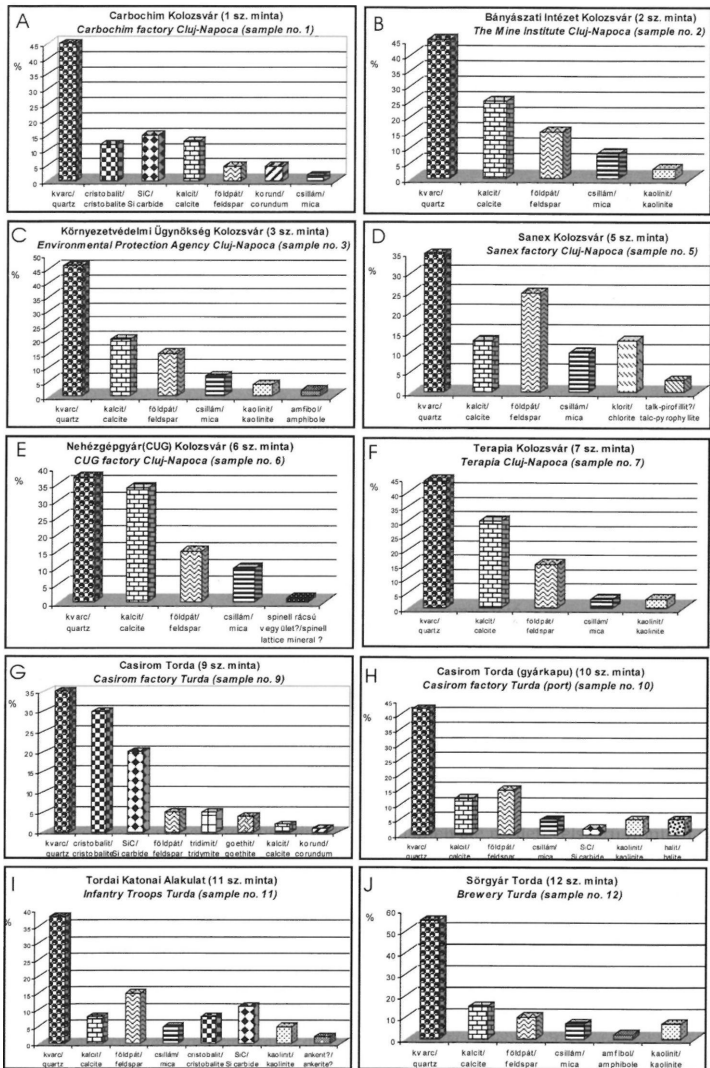
Bánffyuhunyád (Huedin) városközpontja – 22-es mintavételi hely. Ezekben a mintákban a korom nagy mennyiségben van jelen. Az áprilisi minták első két (>400 μm , 400–250 μm) szemcseméret-tartományában a kvarc van döntő mennyiségben.

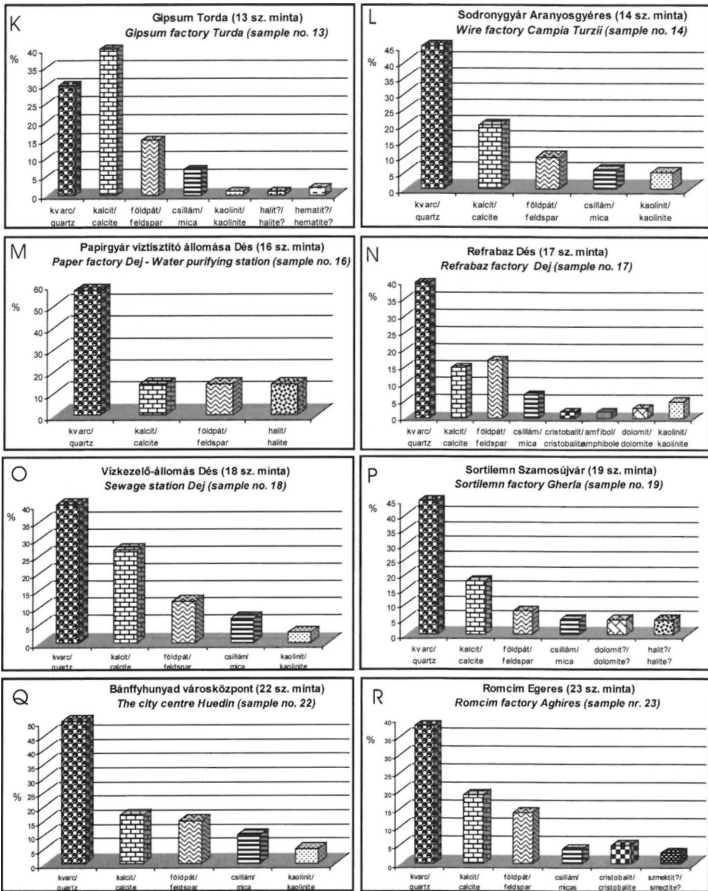
Romcim Egeres (Aghireş) – 23-as mintavételi hely. Ennél a mintavételi helynél az érdekességet az azbeszt képezi annak ellenére, hogy legtöbb esetben a korom van döntő mennyiségben. A többi összetevő: kvarc, szerves anyagok, salak, kalcit, csillámok, szferula, üveg, festékszemcsék.

Röntgen pordiffrakciós vizsgálatok

A röntgen pordiffrakciós felvételek kiértékelésénél a legnagyobb gondot a sok fázis, és az ipari termelésből származó szintetikus anyagok jelenléte jelentette. A 18 mintavételi hely különböző frakciójú mintáiról 78 rutin felvétel készült. A csúcsok pontos helyének megállapításához a PowderX programot használtuk.

Az alábbi grafikonok (4. ábra A–R) az összetevők arányát szemléltetik az egyes mintákon belül a röntgen pordiffrakciós felvételek alapján durván becsült értékek szerint. A különböző frakciókról külön felvételek készültek mintavételi helyenként, valamint a begyűjtési hónap is változik. A bemutatott diagramok összesített értékeket ábrázolnak, frakciónkénti és havi lebontás nélkül, mivel a havi össze-





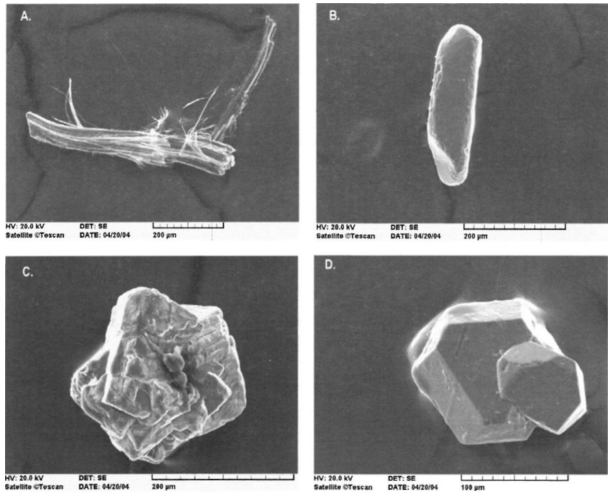
4. ábra. A kristályos vegyületek durván becsült mennyiségi megoszlása röntgen pordiffrakciós eredmények alapján (A–R)

Fig. 4. Distribution of crystalline phases. (Rough estimates from powder X-ray diffraction measurements)

tételek között nem voltak jelentős eltérések. Azokban az esetekben ahol a frakciók összetételénél eltérések jelentkeztek, ott külön tárgyaljuk ezeket.

Pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatok

A vizsgálatra kiválasztott szemcsék több mintából származnak. A vizsgált szemcsék között találtunk műanyagot, salakot, kalcium-karbonátot (5C ábra), rutilt (5B ábra), kianitot, ilmenitet (5D ábra).



5. ábra. Egyes kiválasztott szemcsék SEM felvételei (A–D): aszbeszt (23IV minta >400 µm frakció), rutil (2V minta 125–63 µm frakció), CaCO_3 (19V minta 250–125 µm frakció), ilmenit (9V minta 250–125 µm frakció)

Fig. 5. SEM photos (SEI) of selected grains (A–D): asbestos (sample 23IV >400 µm frakcion), rutile (sample 2V 125–63 µm frakcion), CaCO_3 (sample 19V 250–125 µm frakcion), ilmenite (sample 9V 250–125 µm frakcion)

Külön vizsgáltuk az egészségügyi szempontból fontos aszbeszt szálakat (5A ábra), hogy elkülönítsük a karcinogén amfibolt és a csekély veszélyt jelentő szerpentin aszbeszket.

Az eredmények tárgyalása

Az ásványtani vizsgálatok során elemeztük a szemcseméret eloszlást, sztereomikroszkópos vizsgálatokat végeztünk, készültek röntgen pordiffrakciós elemzések és az egyedi szemcséket az erre alkalmas pásztázó elektronmikroszkóppal tanulmányoztuk.

Sztereomikroszkópos vizsgálatokat a 63 µm-nél nagyobb szemcséken végeztünk. Ezek a szemcsék ugyan nem jutnak mélyen a légzőszervrendszerbe, elemzésük azonban fontos, mert így is fejthetnek ki káros hatást. Felületükön toxikus vegyü-

leteket és radionuklidokat köthetnek meg (KIM et al. 2000), melyek bőrgyógyászati bántalmakat (bőrpír, viszketés, fájdalom) eredményezhetnek. A por ingerelheti a nyálkahártyát, valamint a szem kötőhártyáját is (DERBYSHIRE 2005).

A mintákban összefüggés figyelhető meg a szemcsenagyság és az összetétel között. Ahogy csökken a szemcseméret, úgy nő az ásványos összetevők aránya. A havi minták között is eltérések figyelhetők meg, pl. májusban nagy mennyiségű virágpor található a mintákban, míg márciusban alig találunk biogén eredetű anyagot. Ez azzal magyarázható, hogy a 2003-as év márciusa szokatlanul hűvös volt (Kolozsváron a havi átlaghőmérséklet 2,88 °C volt). A minták összetétele nagymértékben tükrözi az egyes ipari egységek tevékenységi területét. Ahol csiszolóanyagot gyártanak, vagy használnak, ott nagymennyiségben van jelen a szilícium-karbid és a korund. Ezenkívül nem elhanyagolható a salak mennyisége sem a mintákban. A természetes eredetű kvarc, kalcit, földpát és csillám minden mintában azonosítható.

A farost gyakori a mintákban. Habár azt hinnénk, hogy ezek ártalmatlanok, néhány fajfaj rostja (pl. dió, cédrus) bőrbetegségeket is eredményezhet. A Romániában alkalmazott általános munkavédelmi előírások külön tárgyalják a kemény-, valamint a puhafa rostjainak levegőben megengedett határértékét (mindkét esetben 5 mg/m³) (Általános munkavédelmi előírások 508/2002).

Az antropogén eredetű anyagok közül gyakran találunk még a mintákban szferulát, műanyagszálakat, üveget, kormot. Egyéb természetes eredetű anyagok az azbeszt, klorit, gipsz. Az utóbbi feltehetően másodlagosan képződött.

A röntgen pordiffrakciós vizsgálat sok esetben alátámasztotta a sztereomikroszkóppal azonosított ásványok jelenlétét, de számos új fázist is azonosítottunk segítségével.

A szilícium-karbid főképp a 125–63 µm és 250–125 µm-es frakciókban dúsul.

Jellemző, hogy a csillám és a kaolinit csoport a finom frakciókról készült felvételeken (63–32 µm, 63–1 µm) jelenik meg intenzívebb csúcsokkal. Mindkét összetevő megjelenik mind az ipari területekről, mind a forgalmas utak mellől gyűjtött mintákban.

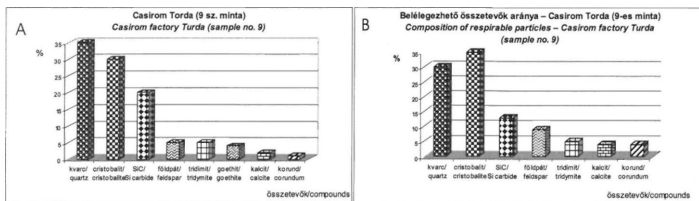
A klorit jelenléte egy mintavételi hely (5-ös minta, egy kerámiákat gyártó vállalat mintái) esetében számottevő, bár sztereomikroszkóppal más helyen is azonosítottuk.

A halit egy esetben jelentkezik nagy mennyiségben. Legtöbb esetben kis intenzitású a 100-as csúcs, de jelenléte nem zárható ki, mivel a levegő egyik közösleges ásványa. Mivel minden esetben a feldolgozás során használt ioncserélt víz teljes mennyiségét elpárologtattuk, ezért visszanyerhettük a vízben oldódó összetevőket is. Ezzel magyarázható a halit megjelenése a mintákban. Ott, ahol egyértelműen bizonyítható a jelenléte (10-es mintavételi hely), a mintavételi helytől ÉK-re 2 km távolságban kősz található a felszínen. Egy másik feltételezés szerint ez az utak téli sózásából maradhatott vissza.

Egy kisebb, de markáns csúcs több mintában is jelentkezett 2,52 Å-nél, ahol több spinell-rácsú fázis legintenzívebb reflexiója is várható. Más határozó értékű reflexió hiányában azonban e fázis(ok) jelenléte csak feltételezhető.

SiO₂ változatok

Ezeket a változatokat külön tárgyaljuk, mivel egészségügyi szempontból veszélyes anyagoknak számítanak.



6. ábra. (A–B) A kristályos vegyületek becsült mennyiségi megoszlása a teljes mintában (frakciók összesítése) és a 63–1 μm -es frakcióban – 9. sz. mintavételi hely, tordai Casirom gyár

Fig. 6. Estimated distribution of crystalline phases in the bulk sample (fractions summed, A) and the 63–1 μm fraction (B). Sampling site 9, Casirom factory Turda

1. táblázat. A tordai Casirom gyár (9. sz. mintavételi hely) kristályos vegyületeinek durván becsült mennyiségi megoszlása röntgen pordfrakciók eredmények alapján

Table 1. Distribution of crystalline phases in the bulk sample (fractions summed) and the respirable fraction. (Rough estimates from powder X-ray diffraction measurements). Sampling site 9, Casirom factory Turda

Döntő/Dominant	Sok/Much	Kevés/Few	Nyomokban/Trace
25–50%	~10%	~5%	1–3%
A teljes mintát alkotó fázisok /Phase composition of the whole sample			
kvarc/quartz crystalalit/cristobalite SiC/silicon carbide	–	földpát/feldspar tridimit/tridymite goetit/goethite	calcit/calcite korund/corundum
A 63–1 μm-es frakciók összetevői/The phase composition of the 63–1 μm fractions			
crystalalit/cristobalite kvarc/quartz	SiC/ silicon carbide földpát/feldspar	calcit/ calcite tridimit/ tridymite korund/ corundum	–

A minták döntő többségében a legintenzívebb csúcsa a kvarcnak volt. A SiO_2 módosulatok közül egyes mintákban nagy mennyiségben van jelen a cristobalit (magas hőmérsékletű módosulat). A tridimit a cristobalithoz képest csak alárendelt mennyiségben jelentkezik és csak azokban a mintákban található meg, melyekben szilícium-karbid is van. Együttes jelenlétük szinte minden esetben összeköthető. Ez a cristobalit és a tridimit ipari eredetére utal. A cristobalit a szilícium-karbid gyártása során keletkezik (MORE et al. 2000, CHEN et al. 2000)

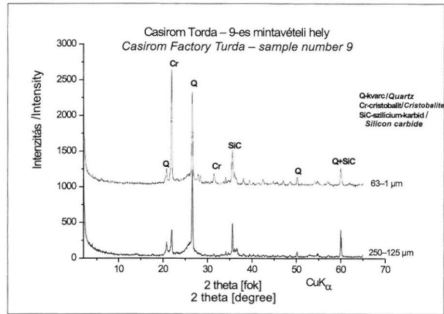
A kolozsvári Carbochim gyár (1. számú minta) elemzett mintáiban csak a 63 μm -nél nagyobb frakciókban található nagy mennyiségű cristobalit, míg a tordai Casirom gyár mintáiban a 63 μm alatti frakciókban is találtunk. A 6. ábra (A–B) és 1. táblázat az utóbbi (9. számú) mintavételi hely összetevőit szemlélteti.

Ha elemezzük a belélegezhető frakció (63–1 μm) összetevőit (6B ábra), az eredmények azt mutatják, hogy a legnagyobb mennyiséget a cristobalit teszi ki, amiről tudjuk azt, hogy veszélyesebb, mint maga a kvarc (HEANEY & BANFIELD 1993). Ha a különböző frakciókról készült diffraktogramokat hasonlítjuk össze, akkor látható a cristobalitnak finom frakciókban való dúsulása (7. ábra).

Az 1-es mintavételi helyen szintén magas az ipari tevékenységből származó összetevők aránya. A mintákban megjelenik a szilícium-karbid, cristobalit és korund. A 8. ábra és 2. táblázat az összetevők arányát mutatja be ezen a mintavételi helyen.

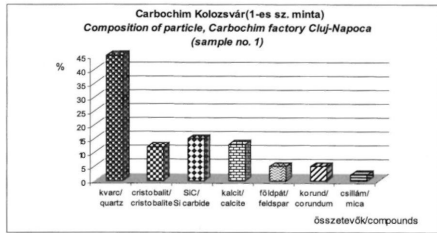
7. ábra. Kiugró cristobalitmennyiség a részben belélegezhető (63–1 µm) frakcióban – 9. sz. mintavételi hely, tordai Casirom gyár

Fig. 7. Cristobalite is the predominant phase in the partly respirable (63–1 µm) fraction – sampling site 9, Casirom factory Turda



8. ábra. A kristályos vegyületek (részben ásványok) durván becült mennyiségi megoszlása röntgen pordiffrakciós eredmények alapján – 1. sz. mintavételi hely, kolozsvári Carbochim gyár

Fig. 8. Distribution of crystalline phases (partly minerals). (Rough estimates from powder X-ray diffraction measurements). Sampling site 1, Carbochim factory, Cluj-Napoca



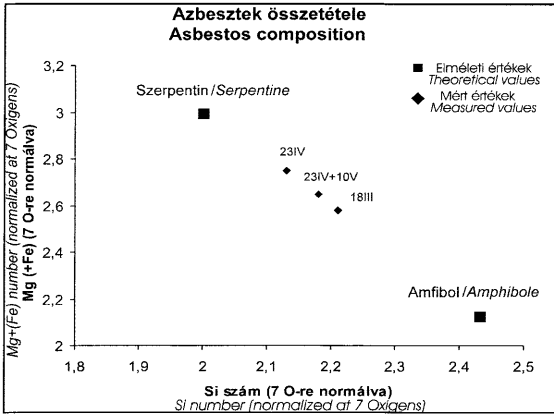
2. táblázat. A kolozsvári Carbochim gyár (1. sz. mintavételi hely) kristályos vegyületeinek durván becült mennyiségi megoszlása röntgen pordiffrakciós eredmények alapján
 Table 2 Distribution of crystalline phases in the bulk sample (fractions summed). (Rough estimates from powder X-ray diffraction measurements). Sampling site 1, Carbochim factory, Cluj-Napoca

Döntő/ Dominant	Sok/ Much	Kevés/ Few	Nyomokban/Trace
25–50%	~10%	~5%	1–3%
A teljes mintát alkotó fázisok /Phase composition of the whole sample			
kvarc/ quartz	SiC/ silicon carbide cristobalit/ cristobalite	földpát/ feldspar korund/corundum	csillám/mica
	kalcit/ calcite		

Ezen a mintavételi helyen a belélegezhető frakción belül is ugyanaz a fázisok megoszlása.

Azbesztek

A sztereomikroszkópos vizsgálatok során néhány mintában azbesztet azonosítottunk. CHURG (1993) kísérletei is arra utalnak, hogy a tüdőben a krizotil és az amfibol szálak eltérően viselkednek, ezért fontos volt az összetétel megállapítása. Az elemzett szemcsék a 18III-as minta 250–125 µm, a 10V minta 250–125 µm és a 23IV minta >400 µm-es frakciójából (2 db szemcse) származnak.



9. ábra. A mintákban található azbesztszálak kémiai jellege (standard nélküli EDX mérés) összehasonlítva a tipikus azbesztmegjelenésű ásványok (szerpentin-félék, amfibolok) elméleti értékeivel. Az X tengely a szilícium számot, az Y tengely a Mg(+Fe) szám értékeit ábrázolja. A számolt szerpentin elméleti képlete $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, az amfibolé $Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$. Elemzett minták: 10V 250–125 μm , 18III 250–125 μm , 23IV >400 μm (2 szemcse)

Fig. 9. Composition of the asbestiform particles (standardless semi-quantitative EDX measurements), compared to the theoretical values of the most typical asbestiform minerals (serpentine-group, amphiboles). The horizontal axis represents the silicon number (a.p.f.u.), the vertical axis the total of magnesium and iron number. The theoretical serpentine formula is $Mg_3Si_2O_5(OH)_4$, while that of the amphibole is $Mg_7Si_8O_{22}(OH)_2$. Analyzed samples: 10V 250–125 μm , 18III 250–125 μm , 23IV >400 μm (2 particles)

Az amfibolazbesztek súlyos egészségkárosító hatását igazolták (CENTENO et al. 2005, CHURG 1993), mégis az általános munkavédelmi előírásokban a kétféle azbeszttípust nem különítik el. A megengedett határérték a levegőben, belélegezhető frakciók esetében 0,3 szál/cm³ (Általános munkavédelmi előírások 508/2002). A 83/477/EEC (1983) irányelv rögzítette, hogy a levegő egészségre ártalmas azbesztszál-koncentrációjának meghatározásához az azbesztszálnak az a részecske minősül, amely legalább 5 μm hosszú, átmérője 3 μm , és hosszúság-átmérő aránya nagyobb, mint 3:1. Az általunk vizsgált azbesztszálak teljesítették ezeket a feltételeket.

A félkvantitatív elemzés megengedte elemarányok alapján megállapítottuk, hogy a mért elemarányok mind a négy vizsgált esetben a két elméleti érték között helyezkednek el, három esetben a szerpentin-azbeszt elemarányához állnak közelebb, míg egy esetben az arány pontosan a szerpentin és az amfibol közé esik (9. ábra).

Következtetések

Munkánkban az ülepedő por és részlegesen a szálló por ásványtani összetételét vizsgáltuk. A munka és a kapott eredmények jelentősége abban rejlik, hogy a vizsgált szemcseméreték szempontjából egy határterületen adunk új információt. Ezzel

a mérettartománnyal a meteorológusok már nem foglalkoznak, az ásványtani vizsgálatok pedig még nem foglalkoztak vele. Éppen emiatt a nevezéktan is nagyon tisztázatlan, ezért munkánkhoz egy nevezéktani függelék is készítettünk.

A vizsgálatokhoz alapos szemcseméret szerinti elválasztást kellett végezni. A leválasztott minták tömegeinek lemérése után elkészültek az eloszlásgörbék a frakciók mintán belüli arányáról. Ellenőrzési céllal néhány szeparátlan mintáról is készült eloszlásgörbe lézeres szemcseméret-eloszlásmérővel. A minták döntő többségében a 32–1 μm -es frakció van jelen a legnagyobb mennyiségben.

A vizsgálatok eredményei azt mutatják, hogy a szemcseméret és az ásványos összetevők mennyisége fordítottan arányosak. A levegő portartalma nagyrészt a talaj eróziójából, az ipari szennyeződésekéből és a közlekedésből származik. Minden minta esetében jelen vannak a természetes eredetű kristályos vegyületek (ásványok), de egy kivétellel (a tordai sörgyár – 12-es mintavételi hely) ezek mellett ott vannak az antropogén eredetű anyagok is. Azonosított természetes eredetű anyagok: kvarc, kalcit, földpát, dolomit, csillám, kaolinit csoport, klorit, anhidrit (?), amfibol csoport, halit, azbeszt, rutil, goethit, kianit és természetesen a biogén eredetű anyagok. Antropogén eredetűek: a szilícium-karbid, cristobalit, tridimit, korund, műanyagok. Az eredmények alapján kijelenthető, hogy az ipari tevékenységből származó anyagok a levegőből ülepedő pornak jelentős részét teszik ki. Egyes ipari egységek szennyező anyagai a tőlük több száz méterre gyűjtött mintákban is megtalálhatók.

A kaolinit és a csillám csoport tagjai a finomabb frakciókban jelennek meg. A szilícium-karbid, amely néhány mintavételi helyen jelentős mennyiséget tesz ki, a 125–63 μm és 250–125 μm -es frakciókban dúsul. Szinte minden esetben a szilícium-karbidhoz kapcsolódva jelenik meg a cristobalit. A vizsgálatok során bebizonyosodott, hogy a cristobalit azokon a mintavételi helyeken, ahol nagy mennyiségben jelentkezik, dúsulhat a belélegezhető frakcióban, ami fokozott egészségügyi veszélyt jelent.

Az ülepedő porok esetében nagyon óvatosan kell bánnunk a földtani környezetre utaló következtetésekkel. Elképzelhető mégis az, hogy pl. a nagy mennyiségű kősó a felszínen található sótörmzsből ered, de származhat az utak sózásából is. Másik példa Tordán a 12-es mintavételi hely nagymennyiségű kalcitja, amely visszavezethető lenne esetleg a környéken található mészkövekre, viszont azt is figyelembe kell vennünk, hogy a mintavételi hely közvetlen közelében egy cementgyár működik (13. sz. mintavételi hely), amely alapanyagul mészkövet használ, és itt a minták nagy mennyiségét a kalcit teszi ki.

A munka befejezése távolról sem jelenti a felvetett problémák megoldását. A 32–1 μm -es és 1 μm -nél kisebb frakciók részletes elemzése még hiányzik (bár az 1 μm alatti frakció mennyisége nagyon csekély). Ezek vizsgálata, döntően transzmissziós elektronmikroszkóppal, még számos új ásványfázist is feltárhat.

Köszönetnyilvánítás

Köszönetünket fejezzük ki a műszeres vizsgálatokat elvégző szakembereknek: LOVAS Györgynek és TÓTHNÉ KIRÁLY Juditnak a röntgen porfrakciós felvételek elkészítéséért, SZABÓ Csabának és BAROSSNÉ SZÓNYI Angélnak a lézeres szemcse-

méret eloszlásmérő műszerrel való mérésért, GÁLNÉ SÓLYMOS Kamillának a pásztázó elektronmikroszkópos vizsgálatokért. Köszönet Marinela SIMIHAIANNAK, a Kolozs megyei Környezetvédelmi Ügynökségtől a mintákért, valamint TÓTH Erzsébetnek, Dana POPNAK és Marcel BENEANAK a sok segítségért. Köszönet illeti MOLNÁR Ferencet, LOVAS Györgyöt, KLEB Bélát és PÓKA Terézt, akik a tudományos diákköri konferenciára elkészített dolgozatot bírálták és javaslataikkal segítették munkánkat.

Az első szerző köszönetet mond a Magyar Köztársaság Oktatási Minisztériumának az ösztöndíjért, ami lehetővé tette, hogy munkánk az ELTE Ásványtani Tanszékén készülhessen. Ugyanakkor köszönet BUDA Györgynek, aki lehetőséget biztosított a tanszéken való munkához. Köszönjük lektorainknak, VICZIÁN Istvánnak és RAUCSIK Bélának a kézirat javításához nyújtott hasznos észrevételeket és tanácsokat.

Végjegyzet:

¹Egy erre a célra kidolgozott mintavételezővel gyűjtik a mintákat, amelyen a levegő átáramoltatásával és speciális szűrők segítségével különválasztják a szemcséket. Az aeroszolok gyűjtése is hasonlóképpen történik. Ezzel a mintavételi eljárással kiküszöbölik a szeparálás hosszú folyamatát, hiszen a nyert frakciókat rögtön a mintavételezés után elemezni lehet.

Irodalom – References

- 508/2002 XII.06 Román kormányrendelet. Általános munkavédelmi előírások. Hivatalos Közlöny, vol. 880. (ORDINUL nr. 508/2002 al Ministrului muncii și solidarității sociale și Ministrului sănătății și familiei. Normele generale de protecție a muncii. Monitorul Oficial. nr. 880/06.12.2002).
- 83/477/EEC 1983.09.19 Official Journal of the European Communities, L263, 24/09/1983, 25–32.
- BANDLI, B. R., GUNTHER, M. E., TWAMLEY, B., FOIT, F. F. & CORNELIUS, S. B. 2003: Optical, compositional, morphological, and X-ray data on eleven particles of amphibole from Libby, Montana, USA. – *Canadian Mineralogist* 41/5, 1241–1253.
- CENTENO, J. A., MULLICK, F. G., ISHAK, K. G., FRANKS, T. J., BURKE, A. P., KOSS, M. N., PERL, D. P., TCHOUNWOU, P. B. & PESTANER, J. P. 2005: Environmental pathology. In: SELINUS, O. (ed.): *Essentials of Medical Geology* – Elsevier Academic Press Oxford, 563–594.
- CHEN, C. Y., LIN, C. I. & CHEN, S. H. 2000: Kinetics of synthesis of silicon carbide by carbothermal reduction of silicon dioxide. – *British Ceramic Transactions* 99/2, 57–62.
- CHURCH, A. 1993: Asbestos lung burden and disease patterns in man. – In: GUTHRIE G. D., MOSSMAN B. T. (eds): *Health Effects of Mineral Dusts*, Vol. 28, Mineralogical Society of America, Washington D.C., 410–426.
- DERBYSHIRE, E. 2005: Natural aerosolic mineral dusts and human health. – In: SELINUS, O. (ed.): *Essentials of Medical Geology* – Elsevier Academic Press Oxford, 459–480.
- EUR 20268 EN 2002: Guidance document of the determination of particle size distribution, fibre length and diameter distribution of chemical substances. European Commission, Institute for Health and Consumer Protection.
- GRANTZ, D. A., GARNER, J. H. B. & JOHNSON, D. W. 2003: Ecological effects of particulate matter. – *Environment International* 29, 213–239.
- GREEN, F. H. Y., HARLEY, R., VALLYATHAN, V., ALTHOUSE, R., FICK, G., DEMENT, J., MITHA, R. & POOLEY, F. 1997: Exposure and mineralogical correlates of pulmonary fibrosis in chrysotile asbestos workers. – *Occupational and Environmental Medicine* 54, 549–559.
- GUTHRIE, G. D. & MOSSMAN, B. T. (eds) 1993: *Health Effects of Mineral Dusts*, Reviews in Mineralogy vol. 28, Mineralogical Society of America, Washington D.C., 584 p.
- GUNTHER, M. E., DYAR, M. D., TWAMLEY, B., FRANKLIN, F. F. & SCOTT, C. 2003: Composition, Fe³⁺/Sigma Fe, and crystal structure of non-asbestiform and asbestiform amphiboles from Libby, Montana, USA. – *American Mineralogist* 88/2, 1970–1978.
- HEANEY, P. J., & BANFIELD, J. A. 1993: Structure and chemistry of silica, metal oxides, and phosphates. – In: GUTHRIE G. D., MOSSMAN B. T. (eds): *Health Effects of Mineral Dusts*, Vol. 28, Mineralogical Society of America, Washington D.C., 185–233.

- KANE, A. B. 1993: Epidemiology and pathology of asbestos-related diseases. – In: GUTHRIE G. D., MOSSMAN B. T. (eds.): *Health Effects of Mineral Dusts*, Vol. 28, Mineralogical Society of America, Washington D.C., 348–359.
- KIM, E., KALMAN, D. & LARSON, T. 2000: Dry deposition of large, airborne particles onto a surrogate surface. – *Atmospheric Environment* 34, 2387–2397.
- LÁNG I. (szerk.) 2002: Környezet- és Természetvédelmi lexikon II. kötet. – Akadémiai Kiadó Budapest, 588 p.
- MĂNESCU, S., CUCU, M. & DIACONESCU, M. L. 1994: *Chimia sanitară a mediului*. – Editura Medicală București, 355 p.
- MORE, K. L., TORTORELLI, P. E., FERBER, M. K. & KEISER J. R. 2000: Observation of accelerated silicon carbide recession by oxidation at high water-vapour pressures. – *J. Am. Ceramic Societies* 83/1, 211–213.
- MORENO, T., JONES, T. P. & RICHARDS, R. J. 2004: Characterisation of aerosol particulate matter from urban and industrial environments: examples from Cardiff and Port Talbot, South Wales, UK. – *Science of the Total Environment* 334–335, 337–346.
- MOSSMAN, B. T. 1993: Cellular and molecular mechanisms of disease. – In: GUTHRIE G. D., MOSSMAN B. T. (eds.): *Health Effects of Mineral Dusts*, Vol. 28, Mineralogical Society of America, Washington D.C., 513–521.
- Occupational Safety & Health Administration U.S.A (OSHA) 1994: Indoor air quality, Federal Registers, 04. 05. 1994, available at http://www.osha.gov/pls/oshaweb/owadisp.show_document?p_table=FEDERAL_REGISTER&p_id=13369
- PROSPERO, M. J. 1999: Long-range transport of mineral dust in the global atmosphere: Impact of African dust on the environment of the southeastern United States. – *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 96, 3396–3403.
- STANTON, M. E., LAYARD, M., TEGERIS, A., MILLER, E., MAY, M., MORGAN, A. & SMITH, A. 1981: Relation of particle dimension to carcinogenicity of amphibole asbestos and other fibrous minerals. – *Journal of National Cancer Institute* 67, 965–975.
- TOYODA, M., KAIBUCHI, K., NAGASONO, M., TERADA, Y., TANABE, T., HAYAKAWA, S. & KAWAI, J. 2004: X-ray analysis of a single aerosol particle with combination of scanning electron microscope and synchrotron radiation X-ray microscope. – *Spectrochimica Acta, Part B* 59, 1311–1315.
- VÁKEVÁ, M., HAMERI, K., PUHAKKA, T., HOHTI, H., MÄKELÄ, J. M. & NILSSON, D. 1999: The effect of precipitation and other weather parameters on aerosol particles in urban background area. – *Journal of Aerosol Science* 30, suppl. 1, 649–650.
- WOGELIUS, R. A. & VAUGHAN, D. J. 2000: Analytical, experimental and computational methods in environmental mineralogy. – *Environmental Mineralogy/EMU Notes in Mineralogy* 2, Eötvös University Press Budapest, 7–87.

Függelék

A jelen függelékében a por és az aeroszolok definíciója körüli, mind a hazai, mind a nemzetközi szakirodalomban meglévő nevezéktani bizonytalanságokat mutatjuk be. Az Egészségügyi Világszervezet szabványától egészen a fontosabb cikkekben megjelent definíciókig, a határterületet több oldalról közelítő reprezentativitással, de a teljesség igénye nélkül próbáljuk áttekinteni e határterület nevezéktanát. Hogy elkerüljük a(z önkényes) fordításokból adódó esetleges téves magyarázatokat, megtartottuk az eredeti nyelvet, ezért a függelék vegyes, angol és magyar nyelvű. Nem vállaljuk fel a határterületen, a magyar szaknyelvi szókincs egységesítését, de rámutatunk, hogy jelentős ellentmondások vannak a fogalmak tartalmában, a különböző kapcsolódó szakterületek között. Azt várjuk, hogy e fogalomtisztázási folyamat, megfelelő határterületi együttműködés esetén, néhány év alatt természetesen, konszenzussal le fog folyni.

A por meghatározását néhány nemzetközi szabvány alapján adjuk meg. Az Egészségügyi Világszervezet 1999-ben Genfben kiadott szabványában a következő meghatározást találjuk (WHO/SDE/OEH/99.14):

„Dusts are solid particles ranging in size from below 1 μm up to around 100 μm , which may be or become airborne, depending on their origin, physical characteristics and ambient conditions. This document does not deal specifically with other aerosols (such as fumes and mists), with very fine particles resulting from chemical reactions in the air, or with air pollution outside the workplace. However, in many cases similar principles of control apply to these as to dusts.

Examples of hazardous dusts in the workplace include:

- mineral dusts from the extraction and processing of minerals (these often contain silica, which is particularly dangerous);
- metallic dusts, such as lead and cadmium and their compounds;
- other chemical dusts, such as bulk chemicals and pesticides;
- vegetable dusts, such as wood, flour, cotton and tea, and pollens;
- moulds and spores.

Asbestos is a mineral fibre, which is particularly dangerous, and is found, for example, in maintenance and demolition of buildings where it had been used as insulation material.

In occupational hygiene, particle size is usually described in terms of the aerodynamic diameter, which is a measure of the particle's aerodynamic properties. Whether or not an airborne particle is inhaled depends on its aerodynamic diameter, the velocity of the surrounding air, and the persons' breathing rate. How particles then proceed through the respiratory tract to the different regions of the lungs, and where they are likely to deposit, depend on the particle aerodynamic diameter, the airway dimensions and the breathing pattern. If a particle is soluble, it may dissolve wherever it deposits, and its components may then reach the blood stream and other organs and cause disease. This is the case, for example, of certain systemic poisons such as lead. There are particles which do not dissolve, but cause local reactions leading to disease; in this instance, the site of deposition makes a difference. When a relatively large particle (say 30 μm) is inhaled, it is usually deposited in the nose or upper airways. Finer particles may reach the gas-exchange region in the depths of the lungs, where removal mechanisms are less efficient. Certain substances, if deposited in this region, can cause serious disease, for example, free crystalline silica dust can cause silicosis. The smaller the aerodynamic diameter, the greater the probability that a particle will penetrate deep into the respiratory tract. Particles with an aerodynamic diameter $> 10 \mu\text{m}$ are very unlikely to reach the gas-exchange region of the lung, but below that size, the proportion reaching the gas exchange region increases down to about 2 mm. The depth of penetration of a fibre into the lung depends mainly on its diameter, not its length. As a consequence, fibres as long as 100 μm , have been found in the pulmonary spaces of the respiratory system".

A Nemzetközi Szabványosító Szervezet (International Standardization Organization) definíciója (ISO 4225 - ISO, 1994):

"Dust: small solid particles, conventionally taken as those particles below 75 μm in diameter, which settle out under their own weight but which may remain suspended for some time".

A Nemzetközi Elméleti és Alkalmazott Kémiai Egyesület (IUPAC) a Légekörkémiai kifejezések szójegyzékében (Glossary of Atmospheric Chemistry Terms, 1990) a port a következőképpen definiálja:

"Dust: Small, dry, solid particles projected into the air by natural forces, such as wind, volcanic eruption, and by mechanical or man-made processes such as crushing, grinding, milling, drilling, demolition, shovelling, conveying, screening, bagging, and sweeping. Dust particles are usually in the size range from about 1 to 100 μm in diameter, and they settle slowly under the influence of gravity."

Az ausztráliai kormányzat környezeti osztályának porokkal foglalkozó kiadványában a következőket találjuk összefoglalva (Department of the Environment – Australian Government 2005):

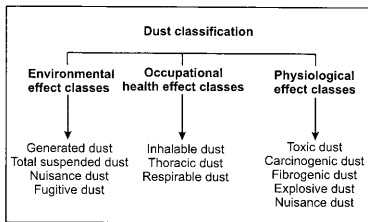
In aerosol science, it is generally accepted that particles with aerodynamic diameter $> 50 \mu\text{m}$ do not usually remain airborne very long: they have a terminal velocity $> 7 \text{cm/sec}$. However, depending on the conditions, particles even $> 100 \mu\text{m}$ may become (but hardly remain) airborne. Furthermore, dust particles are frequently found with dimensions considerably $< 1 \text{mm}$ and, for these, settling due to gravity is negligible for all practical purposes. The terminal velocity of a 1 μm particle is about 0.03 mm/sec, so movement with the air is more important than sedimentation through it. Therefore, summarizing in the present context, it is considered that dusts are solid particles, ranging in size from below 1 μm up to at least 100 μm , which may be or become airborne, depending on their origin, physical characteristics and ambient conditions.

Dusts are generated not only by work processes, but may also occur naturally, e.g., pollens, volcanic ashes, and sandstorms. In relation to health, particles with diameter $< 3 \mu\text{m}$, length $> 5 \mu\text{m}$, and aspect ratio (length to width) greater than or equal to 3 to 1, are classified as "fibres" (WHO, 1997). Examples of fibres include dusts asbestos (comprising two groups of minerals: the serpentines, e.g., chrysotile, and the amphiboles, e.g., crocidolite - "blue asbestos"). Other examples include synthetic fibrous materials such as rockwool (or stonewool) and glass wool, as well as ceramic, aramid, nylon, and carbon and silicon carbide fibres.

Although in occupational hygiene, the term "airborne dust" is used, in the related field of environmental hygiene, concerned with pollution of the general atmospheric environment, the term "suspended particulate matter" is often preferred.

1.ábra. A por osztályozása (SIMRAC 2003)

Fig. 1. Dust classification (SIMRAC 2003)



Dust may be sub classified with regard to its environmental, occupational health and physiological effects (Fig. 1). The environmental impacts of dust are generally due to both airborne and non-airborne particulate matter. Generated dust is produced by mechanical processes in which solid material is broken into smaller fragments, not all of which becomes airborne although most is capable of being entrained into the atmosphere. Total suspended dust is the generated dust that is entrained in the air. The nominal size of this fraction has particles with a diameter of up to 50 μm (Department of the Environment – Australian Government 2005). Nuisance dust mostly describes coarse particles that can result in the reduction of environmental amenity or may damage machinery, diminish visibility or become an irritant substance in the atmosphere (SIMRAC 2003). Fugitive dust refers to dust derived from not easily defined sources or from more than one source (Department of the Environment – Australian Government 2005). This type of dust is also one of the larger problems in mines as it often generates from unconfirmed sources and avoids capture. Fugitive dust is often found deposited outside the mine boundaries or far away from major dust generation sources. Potential occupational health hazards have established a classification of airborne particulate matter. The inhalable, thoracic and respirable fractions are determined by the European Committee for Standardization (CEN) and British Standard Institution on the BS EN 481:1993 (CEN 1993). The total inhalable dust is the fraction of airborne material, which enters the nose and mouth during breathing and is therefore available for deposition anywhere in the respiratory tract (CEN, 1993), (ISO 1995). Thoracic dust is defined as the fraction of inhaled particles that penetrate beyond the larynx. This fraction varies from individual to individual as well as with breathing pattern. Respirable dust represents the fraction, which penetrates to the gas exchange region of the lung. Similar to the thoracic fraction, the respirable fraction varies according to individual characteristics and breathing pattern (Health and Safety Executive 1993). The physiological effect of dust on human health is another major issue for any mining operation. Certain types of dust can negatively affect working conditions. For example toxic dusts can cause chemical reactions with the respiratory system or allow toxic compounds to be absorbed into the bloodstream through the alveolar walls. Examples of such hazardous dusts are lead, arsenic, uranium and other radioactive minerals, tungsten, silver and nickel (SIMRAC 2003). Carcinogenic dusts, like uranium, asbestos, arsenic or quartz dust can cause cancer. Many other dusts cause microscopic scarring of lung tissue (fibrogenic dust). Over long periods this can produce a fibrous growth of tissue resulting in loss of lung elasticity and a greatly reduced area for gas exchange. Silica, asbestos, mica, talc are some of the most hazardous of the fibrogenic dusts and may also produce toxic and carcinogenic reactions (SIMRAC 2003).

SZTANYIK B. László (2001) a pornak az alábbi meghatározását adja:

„a por szilárd halmazállapotú részecskékből és gázból (levegőből) álló keverékrendszer, amelyben a részecskék méreteloszlása tág határok között változhat, de túlnyomórészt a kolloid tartományba esik. Ha a szilárd részecskék mellett folyékony részecskék is keverednek a levegőhöz, akkor füstől beszélünk. A szilárd részecskék méreteik alapján két csoportra oszthatók: a 0,1–10 μm közötti átmérőjű részecskéket, amelyek a levegővel kolloidális keveréket alkotnak és csak soká ülepednek le, aeroszolnak (a hazai szóhasználatban lebegő vagy szálló pornak) nevezik, míg a 10 μm -nél nagyobb átmérőjű, többé-kevésbé gyorsan ülepedő részt aeroszeszottnak vagy ülepedő pornak. A porok lehetnek szervesen és szerves, természetes és mesterséges, ásványi és nem ásványi eredetűek, kristályos és nem kristályos (amorf) szerkezetűek, szemcsés és rostos formájúak. A szilárd részecskék méret szerinti felosztása biológiai szempontból is jelentős. Az 5 mikrométernél nagyobb szemcsék már a felső és középső légutakban leválasztódnak és előbb-utóbb kiürülnek, míg a tüdő szövetébe, különösen a légólyogocskába csak az ennél kisebb méretű szemcsék jutnak. Ebből következik, hogy az aeroszeszton legfeljebb a bőrt, a szem kötőhártyáját és a légutak nyálkahártyáját izgatja, az orvosi szempontból legsúlyosabb következményekkel, a tüdő olyan kóros elváltozásával, mint a portüdő, elsősorban a finom szemcsésjű porok tartós munkahelyi vagy lakossági belégzése esetén kell számolnunk.”

Az ülepedő por csak az egyik oka a légszennyeződésnek. Számos forrásból származhat és széles mérettartományt ölel fel. SHILLITO (1993) egy egyszerű osztályozást javasolt mely tükrözi a por forrását, méretét, a szállítás mechanizmusát és a tapasztalható hatásokat:

„Macro deposits are large individual obtrusive deposits that are clearly visible to the naked eye at about 1 m distance. They include smuts and blobs from chimneys and rain modified dust films that cause complaints when they

deposit on cars and drying washing. Acid smuts can vary in size from about 0,5 mm to 10 mm diameter and are the result of incomplete combustion in oil-fired boilers. They are usually agglomerates of smaller coke particles with some absorbed sulfuric acid. The larger smuts do not travel far from the emitting chimney; 200 to 300 m from short (20–50 m high) chimneys and 1 km or more from high (over 70 m) chimneys. Gritty deposits comprise large dust particles in the diameter range 200–1000 μm dispersed mainly from unpaved or dirty paved roads. With ground level sources, particles of this size do not travel more than 200 m. Films of dust are formed from deposits of smaller particles (diameters in the range 10–50 μm) which combine together to cause the depositing surface to become dingy. Particle of this size are easily dispersed and transported by the wind and so constitute a nuisance at significant distances from the source.

Az aeroszolok főleg levegőkémiai szempontból fontosak. Ezért a meteorológiának egy fontos kutatási területét képezik. Egészségügyi szempontból is fontos szerepük van, hiszen lejutnak a tüdő alveolusaiba. Mészáros Ernő (1977) az alábbi definícióját adja az aeroszoloknak:

„aeroszolnak nevezzük valamely gázhalmazállapotú közeg s a benne finoman elosztott szilárd vagy cseppfolyós részecskék együttes rendszerét. A gáz esetünkben a levegő, míg a finoman elosztott anyagokat azok a részecskék jelentik, amelyek különböző folyamatok eredményeként kerülnek a légkörbe.

Aeroszról vagy aerokolloidális rendszerről akkor beszélünk, ha

- a) a részecskék ülepedési sebessége kicsi,
- b) a részecskék mozgása következtében fellépő tehetetlenségi hatások elhanyagolhatók, azaz ha a tehetetlenségi és viszkózus erők aránya kicsi,
- c) a részecskék Brown-féle hőmozgása viszonylag nagy,
- d) a részecskék felülete összehasonlíthatatlanul nagy a térfogatukhoz képest.

Az első három, egymástól nem teljesen független kritériumot dinamikus, míg az utolsót fizikai-kémiai feltételnek nevezzük.”

WHITBY (1978) szerint a légköri aeroszolok mérete megközelítően a következő három mérettartományba sorolható:

The nucleation (or ultrafine) mode contains particles with diameters less than about 0,01 μm ; these particles result from the condensation of gaseous precursors. Small droplets in the nucleation mode coagulate to create particles in the 0,1–1,0 μm size range, termed the accumulation mode. Nucleation-mode particles can also grow into the accumulation mode by direct vapour condensation onto their surfaces. Owing to these processes, the chemical composition of particles in the nucleation and accumulation modes are, in general similar. The particles in these two modes constitute the class of fine particles. The coarse mode consists of particles formed by the desintegration of Earth's surface and vegetation. Particles from combustion sources also contribute to this size range. It follows from the different formation processes that the compositions of fine and coarse particles are different (WHITBY 1978 in PÓSEAI & MOLNÁR 2000).

Booker et al. (1998) más mérettartományokba sorolja az aeroszolokat:

Aerosol particles in the ambient atmosphere arise from a whole range of sources: wind-raised dust from soil heaps, construction sites and open fields, sea spray, industrial activity, emissions from animals and plants (microbial and fungal spores), traffic, volcanoes, forest fires and combustion processes, residues from the evaporation of sprays, mists and fogs, and photochemical conversion of gas to particles (mainly sulfates and nitrates). They can range in size from 0,05 to 1000 μm with at least three modes within the size distribution, each mode varying significantly in origin, chemical composition and residence time in the atmosphere. The finest mode is the nuclei mode, consisting of particles with diameters less than 0,1 μm , most of which are formed by combustion processes or by gas-to-particle conversions. The accumulation mode, consisting of particles between 0,1 and 2 μm , is formed by the coagulation of the smaller nuclei particles. The third coarse mode contains particles with diameters from 2 to greater than 100 μm , generated by a wide range of both naturally occurring and man-made processes such as wind blown dust dispersal and soil erosion, grinding and crushing, etc. Such particles are less long-lived in the atmosphere than those in the to finer modes, and as result the coarse mode is more variable from one location to another.

Irodalom a függelékhez– References to the Appendix

- BOOKER, D. R., GRIFFITHS, W. D., LYONS C. P., MARK D. & UPTON S. L. 1998: Aerosol sampling guidelines. AEA Technology – The Royal Society of Chemistry – Valid Analytical Measurement, Bodmin, Cornwall, UK.

- CEN 1993: Workplace atmospheres – size fraction definitions for measurement of airborne particles. – European Committee for Standardization, British Standard Institute, Great Britain, BS EN 481:1993/BS 6069-3.5:1993.
- Department of the Environment – Australian Government 2005: Sustainable Minerals–Dust Control. Department of Environment. Available at: <http://www.deh.gov.au/industry/industry-performance/minerals/booklets/dust/index.html> (accessed 7.3.2005).
- Health and Safety Executive 1993: General methods for the gravimetric determination of respirable and total inhalable dust. Health and Safety Executive, Occupational Medicine and Hygiene Laboratory, UK, MDHS 14.
- ISO 1995: Air quality – particle size fraction definitions for health related sampling. International Organization for Standardization (ISO), Geneva, ISO 7708.
- MÉSZÁROS E. 1977: A levegőkémia alapjai. – Akadémiai Kiadó Budapest.
- PÓSFAL, M. & MOLNÁR, Á. 2000: Aerosol particles in the troposphere: A mineralogical introduction. In: VAUGHAN, D. J., WOGELIUS, R. A. (eds.): *EMU Notes in Mineralogy* 2, , Eötvös University Press Budapest, 197–252.
- SHILLITO, D. 1993: Dust nuisance, identification, measurement and control. – *Environmental Protection Bulletin* 023.
- SIMRAC 2003: Handbook to reduce the exposure of workers to dust. – Members of the Special Interest Group on Dust and Ventilation, Safety in Mines Research Advisory Committee (SIMRAC), South Africa, COL 027.
- SZTANYIK, B. L. 2001: Az energetikai környezetszennyezés élettani hatásai. – *Magyar Tudomány* 11, 1348–1354.
- WHITBY, K. T 1978: The physical characteristics of sulfur aerosols. – *Atmospheric Environment* 12, 135–159.
- World Health Organization 1999: Hazard prevention and control in the work environment: Airborne dust. World Health Organization, Switzerland, WHO/SDE/OEH/99.14. Available at: <http://www.who.int/occupational-health/publications/airdust/en>
- Kézirat beérkezett: 2005. 04. 27.