

Lebegő útanyag szemcsék

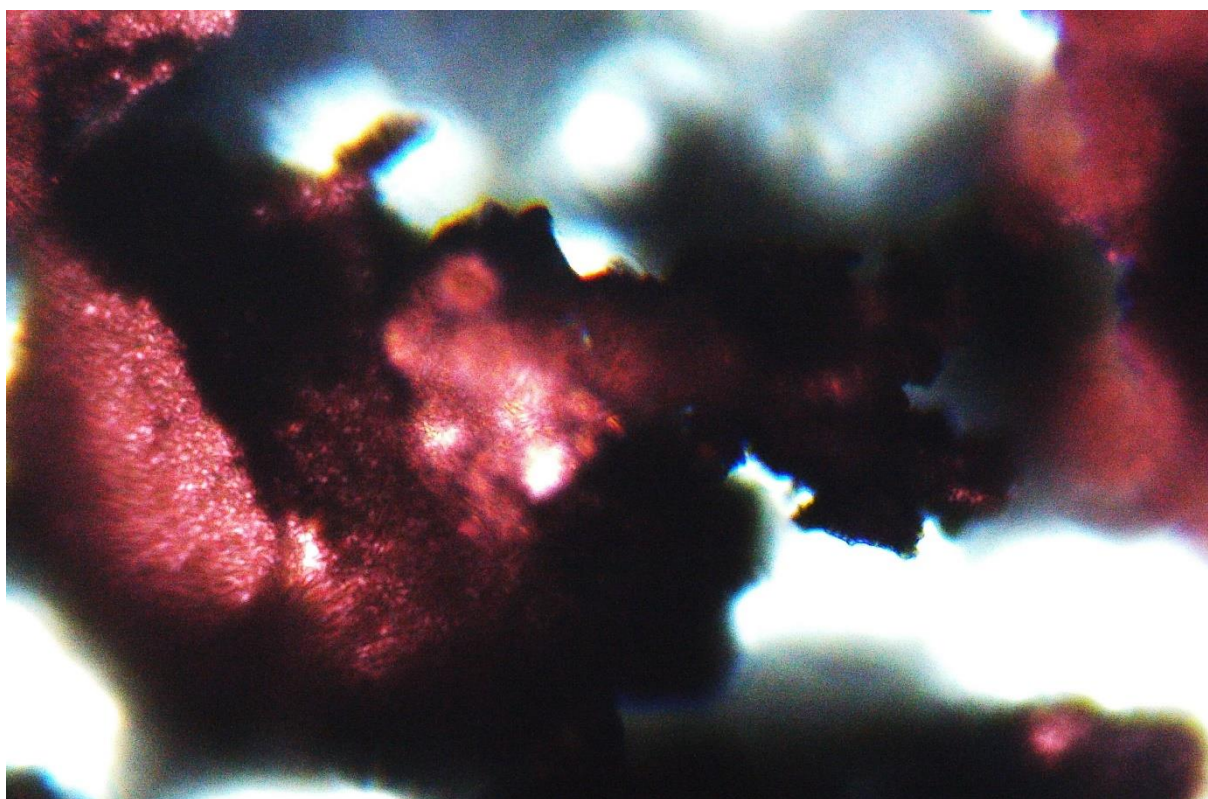
OTDK pályamunka

2022-2023

BMSZC Petrik Lajos Két Tanítási Nyelvű Technikuma

Készítők: Sallai Edina Angéla, Szentesi Péter

Felkészítő tanárok: Gógh Zsolt, Kullai-Papp Andrea



Országos Középiskolai Földtudományi Diákkonferencia

Miskolc, 2022

Eredetiségi nyilatkozat

Alulírott, atanulója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a dolgot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgákat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertetett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Kelt.:

Tanuló aláírása

Alulírott, a tanulója büntetőjogi és fegyelmi felelősségem tudatában kijelentem és aláírással igazolom, hogy ezt a dolgot saját magam készítettem, a benne leírt vizsgákat – ha ezt külön nem jelzem – magam végeztem el, és az ismertetett eredményeket magam értem el. Adatokat, információkat csak az irodalomjegyzékben felsorolt forrásokból használtam fel. Minden olyan részt, melyet szó szerint, vagy azonos értelemben, de átfogalmazva más forrásból átvettem, egyértelműen, a forrás megadásával megjelöltem.

Kelt.:

Tanuló aláírása

Konzulensi nyilatkozat

Alulírott....., a tanára aOTDK dolgot beadásra alkalmasnak ítélem. Egyéb megjegyzések, ajánlás:

Kelt.:

Konzulens aláírása

Absztrakt

Az útfelületeken képződő, a gumiabroncsok kopásából származó mikro méretű gumiszemcsék jelentős környezeti terhelést jelentenek, a szakirodalom legalább 30%-ra becsüli részarányukat a teljes, problémát jelentő mikroműanyagok mennyiségében. Immár negyedik esztendeje tartó projektünk korábbi, szakaszában az útfelületen termelődő aggregátumok, azon szegmensét vizsgáltuk, amelyek közvetlenül az élővizetekbe kerülnek. Ebben a kérdésben már az elhárítás lehetőségeit vizsgáljuk, míg jelenlegi munkánk a levegőbe kerülő részarány alapjait kívánta tisztázni.

A kopásból képződő mikro-halmazoknak tömegarányosan mindössze 2%-a kerül, legalább időlegesen lebegő állapotba, a közvetlen életterünket jelentő legalsó légköri rétegbe. Ha azonban, az aggregátumok összetételére, a gumialapon megtapadó nehézfém, dízelkorom és útanyag elemekre gondolunk, akkor érthető, hogy veszélyességi fokát a fenti tömegaránynál jóval jelentősebbnek gondoljuk. Ennek negatív jelentősége hazánkban még nem közismert, munkánknak ezért tényfeltáró szerepet szántunk és hangsúlyosan szánunk a jövőben is.

Mintavételi helyszíneként három, karakteresen eltérő, pontot jelöltünk ki. Átlagos forgalmi leterheltségükben, szeles vagy éppen szélárnyékos elhelyezkedésükben, az útfelülettől mérhető távolságukban adódik lényegi, mikrokörnyezetükben megfigyelhető különbségük. Az M3-as autópálya bevezető szakaszán, a Keleti-pályaudvar előtti Baross téren, valamint iskolánk, a Petrik Technikum udvarán telepített mintavevőink segítségével vett mintasorozat, remélhetőleg sok összefüggésre fényt derít majd, a közeljövőben, hiszen kutatásunkban megkerülhetetlen a több hónapos, esetleg egyéves időtartam.

Mintáinkat a német (VDI 2119:2013) szabványnak megfelelő Sigma-2 passzív pormintavevő segítségével gyűjtjük folyamatosan, két hetes periódusú ülepedési idővel. A fény- és elektronmikroszkópos vizsgálatokra külön-külön előkészített lemezekre ülepedő szemcsék, így megfelelő eső és szél elleni védettséget kapnak. A szabványos eszközzel vett minták értékelésével született eredmények, nemzetközi összehasonlításra is alapot adhatnak majd.

A nagy hangsúlyt kapó mintavételezésen kívül, az egyértelműen komplex aggregátumoknak (TRWP) tekintendő szemcsék, minőségi meghatározását tűztük ki célul. Ebben, az általunk használt módszerek, a fény-, a polarizációs és a pásztázó elektronmikroszkópos felvételek használhatónak bizonyultak, de a részecske morfológia fejlesztése a jövőben, még sok vizsgálatot igényel. A kémiai vizsgálatok terén, a tizedmikron méretben felvilágosítást nyújtó, EDX analitika, a korábbi vizsgálati eredményeink alapján működőképes és számunkra is hozzáférhető eljárás lesz, amelyben a BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszékének munkatársai lesznek segítségünkre. A lebegő szemcsék mennyiségi eloszlásának vonatkozásában, működőképes módszert kell találnunk, hogy az időjárási hatások tekintetében többletinformációt tudjunk nyújtani.

Elindítottuk, a növényesített zajvédő falak pormegkötő hatékonyságának vizsgálatát. Az előnevelt borostyánfalak tekintetében, a kivitelezőkkel való kapcsolatfelvétellel a jövőben, a gyakorlati megvalósítás irányába kívánunk lépéseket tenni.

TARTALOMJEGYZÉK

1.Bevezetés.....	4. oldal
2. A mintavételi helyszínek bemutatása.....	4. oldal
2.1 Általános szempontok.....	4. oldal
2.2 Az M3-as autópálya bevezető szakasza.....	5. oldal
2.3 Baross tér.....	6. oldal
2.4 A Petrik Lajos Technikum udvara.....	6. oldal
3. A mintavételi eszköz.....	7. oldal
4. Az aggregátumok minőségi és mennyiségi meghatározásának lehetőségei	8. oldal
4.1 Fénymikroszkópos szemcsevizsgálatok.....	8. oldal
4.2 A szemcsék vizsgálata polarizált fényben.....	8. oldal
4.3 Elektronmikroszkópos, SEM-EDX vizsgálatok.....	9. oldal
4.4 Mennyiségi meghatározás Bürker-kamra használatával.....	10. oldal
5. Vizsgálati eredmények.....	10. oldal
5.1 A mintavételezéssel kapcsolatos eredmények.....	10. oldal
5.2 A mikroszkópi vizsgálatok eredményei.....	11. oldal
6. A zajvédőfalak növényesítésének lehetőségei.....	13. oldal
7. Összefoglalás, a projekt eredményei, további tervei.....	15. oldal
Köszönetnyilvánítás.....	15. oldal
Szakirodalom.....	16. oldal

1.Bevezetés

Az útfelületeken képződő, a gumiabroncsok kopásából származó mikro méretű gumiszemcsék jelentős környezeti terhelést jelentenek, a szakirodalom legalább 30%-ra becsüli részarányukat, a teljes, problémát jelentő mikroműanyagok mennyiségében. Korábban indult és immáron négy esztendeje tartó projektünkben, az útfelületen termelődő aggregátumok azon szegmensét vizsgáltuk, amelyek közvetlenül az élővizekbe kerülnek. A jelenséget részletesen leíró, a mennyiségi arányokat feltáró, az aggregátumok kémiai vizsgálatait és jellemzését bemutató dolgozatunk a kétéves pályázat anyagát jelentette, további vizsgálataink azóta pedig már az elhárítás lehetőségét kutatják és az eszközfejlesztés stádiumában vannak.

A kopásból képződő mikro-halmazoknak matematikai modellezés alapján tömegarányosan mindössze 2%-a kerül legalább időlegesen lebegő állapotba, a körülöttünk lévő légréteg legalsó, közvetlen életterületet jelentő rétegébe. Ha azonban az aggregátumok összetételére, a gumialapon megtapadó nehézfém, dízeltörz és útanyag elemekre gondolunk, akkor érthető, hogy veszélyességi fokát a fenti tömegarányhoz jóval jelentősebbnek gondoljuk. A jelenlegi kutatás a légminőséget meghatározó un. szállópor (PM₁₀, PM_{2,5}) ilyen eredetű összetevőjének részleteit kívánta feltárni. A lebegő állományba kerülő „útanyag” szemcsék negatív hatása hazánkban még nem közismert, munkánkban ezért elsősorban a tényfeltárás szerepét szántuk.

Alapvető célkitűzésünk volt tehát a szakszerű, később nemzetközi összehasonlításra is alkalmas mintavételezés biztosítása, a mintavételi helyek több szempont szerinti kijelölése, a leülepedő szemcsék minőségi meghatározása, a mennyiségi arányszámok becslésének tekintetében pedig új, esetlegesen eddig nem használt módszer tesztelése, eredmények összehasonlítása, vizsgálata.

Az elhárítás tekintetében speciális helyen, a sűrűn lakott területeken áthaladó autópálya szakaszok tekintetében, a zajvédő falak növényesítésének hatékonysági elemzését kívántuk elindítani.

2. A mintavételi helyszínek bemutatása

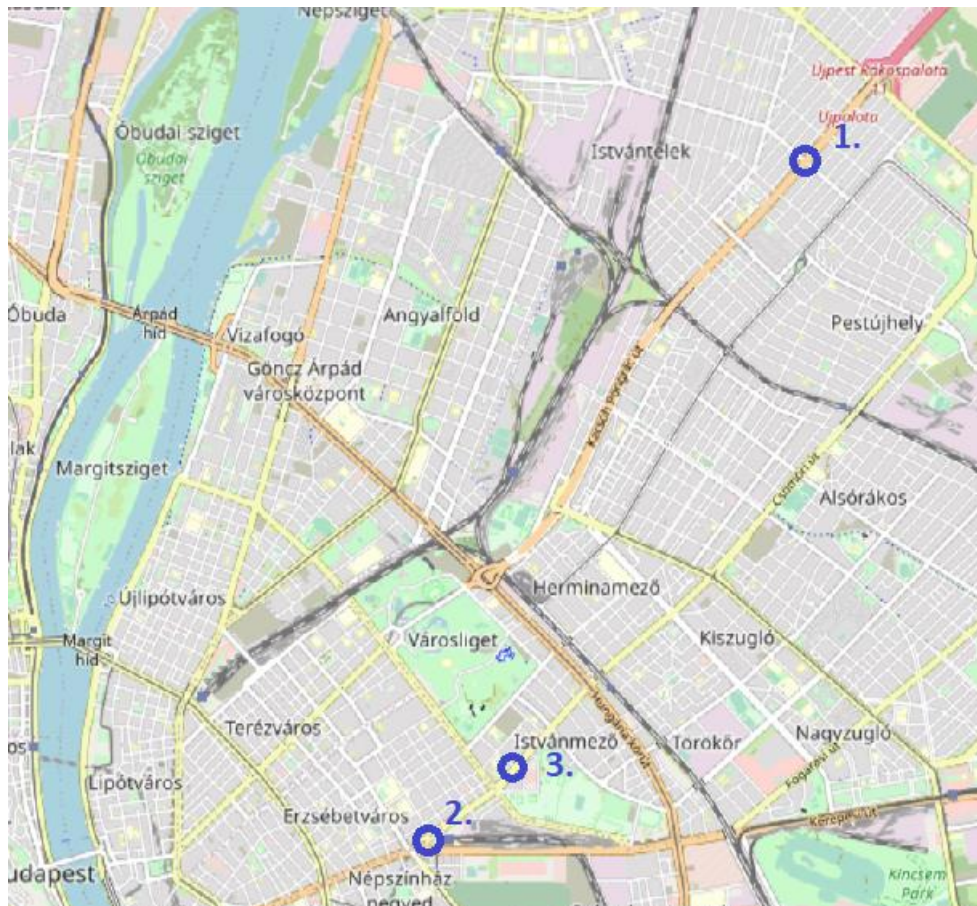
2.1 Általános szempontok

A mintavételi helyszínek kiválasztásában néhány általános szempont is szerepet játszott. Ezek, a jó megközelíthetőség, a biztonságos és meghatározott ciklusokban történő folyamatos mintavételi lehetőségek voltak. Alap elvárásunk az volt, hogy ne legyen túl távol a Petrik Lajos Technikumtól valamint, hogy karakteresen különböző helyszínek legyenek. Figyelembe vettük a jellemző vezetési stílust, a megengedett sebességhatárt és a közlekedési jelzőlámpák darabszámát a választáskor. Erre amiatt volt szükség, mert ezek a tényezők befolyásolják a lebegő útanyag szemcse termelődést, mert fékezéskor az autó mozgásra tervezett elemei összeérnek, ezáltal kopnak, ezzel megnövelve az aggregátumok számát. Emellett egy olyan helyszínen is folyt a kutatás, amely nyitott élettérként működik, így ezzel az útanyag szemcsék élettani hatását is vizsgáltuk.

A mintavételi eszközök kihelyezése un. közútkezelői engedélyhez kötött, amelyben egyrészt forgalomtechnikai kritériumoknak kell megfelelni, mellette területhasználati, objektumkezelői

(pl. egy közlekedési lámpa oszlopára) engedélyt is kell tartalmaznia. Helyszínenként ezt külön-külön meg kell kérni, egyszerű műszaki jellemzőket megadva.

Eddig beszerzett engedélyeink Budapest három helyszínére érvényesek. Az eszközöket a VIII. kerületi Baross térre, az M3-as bevezető szakaszának Szerencs utcai kereszteződéséhez, valamint iskolánk udvarán helyeztük el.



Mintavételi pontjaink elhelyezkedése

2.2 Az M3-as autópálya bevezető szakasza (1. számú mintavételi pont)

Az M3-as bevezető szakaszán magas útanyag szemcse termelődésre számítottunk amiatt, hogy az utak használatba vétele nagy a kiválasztott területen. Emellett itt megvalósul egy kanyonhatás nevű jelenség, melynek lényege az, hogy a szemcsék az útfelület fölül nem, vagy csak nehezen tudnak kijutni a körülzárttság miatt. Ebben az útmenti részsük, a zajvédő falak, esetlegesen épületek is közrejátszanak. A falakon túlra csak erősebb széláramlatok tudják kifűjni a lebegő, lerakódó szemcséket. Az M3-as autópálya mellett sűrű beépítettségű lakóövezet húzódik, így kiemelt kutatási területként kezeltük ezeket a helyeket. A Szerencs utcai kereszteződésben az autópálya közepére telepített Sigma-2 mintavevő eszközt a sávválasztó kerítésre szereltük, így forgalomtechnikai, balesetveszély és megközelíthetőség szempontjából sem okoz problémát.

2.3 Baross tér (2. számú mintavételi pont)

A Baross téren (ami a város egy központi pontja) is magas útanyag szemcse termelődésre számítottunk, a fent már említett kanyonhatás és turbolencia, az épületek és a Rottenbiller utcai felüljáró általi zárt tér és a megannyi autó és autóbusz áthaladása miatt. A Baross téren a magas épülethomlokzatok és az autók sokirányú kereszteződése miatt, nem tud hatékonyan cserélődni a levegő. A mintavevőt az autók közötti járdaszigetre helyeztük el, egy közlekedési lámpa oszlopára.



Kihelyezett mintavevő a VIII. kerületi Baross téren

2.4 A Petrik Lajos Technikum udvara (3. számú mintavételi pont)

A harmadik mintavevő a Petrik Lajos Technikum udvarán kapott helyet, a forgalmas Thököly úttól mintegy 50 m távolságra. Egy olyan területre telepítettük, ahol nyomon követhető a lebegőanyag élettani hatása. Az eszközt iskolánk B épületének oldalára tettük, a nyitott udvarra, a sportpályák övezte terület közvetlen közelébe. A terület a Thököly út felől nagy részben zárt, így pontos képet kaphatunk arról, hogy ilyen szeparált területre mennyi lebegőanyag jut be.

3. A mintavételi eszköz

Sigma-2 passzív pormintavevő

Az eszköz egy passzív pormintavételi készülék, amelyet a Német Mérnöki Kamara szabványa szerint készítettek el (VDI2119: Blatt 4). Felvettük a kapcsolatot és a Sigma-2 mintavevő eszközöket elkészítő és forgalmazó, svájci Particle Vision céggel, akik révén 4 darabot sikerült megvásárolnunk. Ezekből 3 folyamatosan használatban van. Fontosnak tartottuk ezeknek a mintavevőknek a beszerzését, a szakirodalom alapján. Az e témakörrel foglalkozó kutatók nagy többsége ezt az eszköz használja, mi is a minőségi kutatás irányába kívántunk elindulni, a minél pontosabb mérések érdekében.

A mintavevő egyszerű felépítésű, 50 cm hosszú, 16 cm átmérőjű PVC cső, tetején az esőtől, szélétől védő, négy nagy légréssel ellátott „sapka”. Elfordítható alsó résszel rendelkezik, ahova méretre vágott üveglapok és szén-szalaggal bevont rézkorongok kerültek. Az eszköz képes a 80 µm alatti szemcsék felfogására és megtartására. A levegő az eszköz belső részén lelassul, időt hagyva a szemcsék üveglapra történő kiülepedésére.

A mintavevőt mi két eszköz tárgylemezével használjuk: ezek a fénymikroszkóp használatához való tárgylemez, valamint a SEM-EDX vizsgálati eszköz mintáinak előkészítéséhez szükséges rézkorong, tetején kétoldalas, speciális szénszalaggal. Ezeket minden megtekintési ciklus után cseréljük.

A mintavevőt az ajánlás szerint a tartó objektumtól (fal, oszlop), legalább 30 cm-nyi elállással, 2-3 m közötti magasságba kell felerősíteni, hogy a szálló szemcséket minél könnyebben és hatékonyabban tudja felfogni.

A mintavételezést, a tárgylemezek cseréjét döntés szerint 7-14 napos periódusban érdemes elvégezni.



A mintavételi „felületek” elhelyezkedése a tubus aljában

4. Az aggregátumok minőségi és mennyiségi meghatározásának lehetőségei

4.1 Fénymikroszkópos szemcsevizsgálatok

A kérdéssel foglalkozó szakirodalomban is csak nagyon kevés morfológiai jellemzővel látják el a néhányszor tíz mikron méretű, gumi alapú útanyag aggregátumokat (Tire and Road Wear Particles-TWRP). Általánosan elfogadott, hogy átvilágító mikroszkópban a szemcséket 5-8/1 hosszúság-szélességi arányukról, egyenes, vagy enyhén kifliszerű, barázdált, igen tagolt, rojtos megjelenésükről ismerhetők fel. Alapjaiban nem rossz ez a megközelítés, de néha csalóka, hogy pl. reflexiós fényben az addig egy hosszú szálas szemcsének tűnő alakzat, több esetben két-három kisebb szemcse együtteseként látszik.

Reflexiós fényviszonyok között még összetettebb a kép. Ilyen körülmények között tűnik leginkább alkalmasnak az aggregátum megfogalmazás, mert a különböző ásványi, fém, aszfalt eredetű mikroszemcse teljesen elfedi az eredeti fekete színű gumianyagot. Az aggregátum itt térben látszódik, ezért sokszor még inkább nehezíti az egyedi beazonosítást. A hosszú, elnyúlt alak a kisebb, 20 mikron alatti tartományban egyre kevésbé jellemző, inkább kerekdedebbek lesznek az aggregátumok. Összességében tehát igen komplex és változékony a morfológia és a felületi reflexió, de még mindig a fejezet elején említett megközelítés a leginkább használható jelenleg.

4.2 A szemcsék vizsgálata polarizált fényben

Az útanyag eredetű szemcsék polarizált fényben való vizsgálatának elsődleges értelme, hogy a tárgyasztal elforgatásával az ásványi szemcsék negyed fordulatanként kioltanak, illetve átlátszóvá-áttetszővé válnak főként a vékonyabb, lemezes szerkezetűek. Felismerésükben további segítséget jelent a kristálymorfológia vagy a jellegzetes hasadási síkok megléte. Ily módon jól elkülöníthetők az átlátszatlan (opak) gumi, illetve fém szemcséktől. Továbbá egy nagyobb szemcse vizsgálata esetén elkülöníthetővé válnak az átlátszatlan és átlátszó felületrészek, tehát a gumialap peremén megmutatkozó ásványi feltapadások is.

A jóval összetettebb feladatként jellemezhető mennyiségi elemzés lehetőségeit tekintve esély nyílik legalább arra, hogy a polarizált fényben való vizsgálatokkal újabb jellemzőket találjunk arra, hogy az opak és az átlátszó szemcsék arányát jó közelítéssel tudjuk megbecsülni, elválasztva ezáltal a gumi és fém alapú aggregátumokat, az ásványos halmaztól. Relatív kevés szemcse esetében, mint ahogy a kihelyezett tárgylemezeinken ez várható, előrelépést jelenthet ez a vizsgálati módszer. A vizsgálatokat az ELKH Természettudományi Kutatóintézetében végezhattuk el. Dr. Holczbauer Tamás segítségével végezhattuk el a vizsgálatokat.

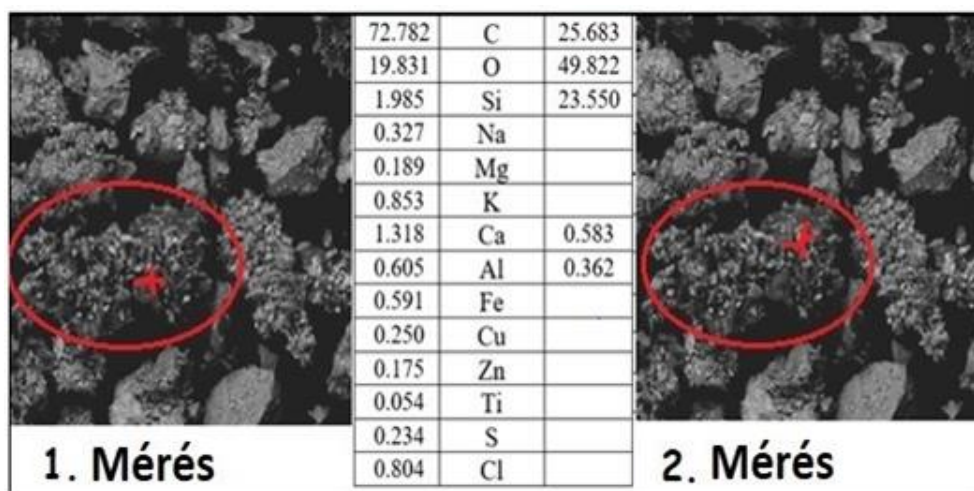
Az egyik vizsgálat során készítettünk képeket, melyből egyen szeretnénk ideiglenesen bemutatni, mi található rajta.



Útanyag szemcsék polarizált fényben
(a léptéken a kis osztásközök 10 μm -t jelentenek)

4.3 Elektronmikroszkópos, SEM-EDX vizsgálatok

A vizsgálat célja, az általunk morfológiailag felismert gumiszemcsék felületén lévő apró szemcsés szennyezők azonosítása, illetve az aggregátumok összetételének vizsgálata hasonlóan Frank Sommer és társai [1] által használt vizsgálati módszerekkel. Mintáinkat a Budapesti Műszaki Egyetemen Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszék munkatársainak (Dr. Szilágyi Imre Miklós, egyetemi docens, illetve Karajz Dániel, PhD hallgató) segítségével tudtuk beméretezni. A mérések SEM-EDX módszerrel készültek. A SEM (Scanning Electron Microscopy) és az EDX (Energy Dispersive X-ray analysis) felvételek egy JEOL JSM-5500LV típusú pásztázó elektronmikroszkóppal készültek. A mintákat bármiféle módosítás, kezelés nélkül vizsgáltuk, kis vákuum (LV – low vacuum) üzemmódban 50 Pa nyomáson. Ez az előfeltétel azért kedvező, mert nem volt szükség a minták bearanyozására vagy szenezésére, mivel a mintatérben lévő gáz gondoskodott arról, hogy a minták ne töltődjenek. A mintákról visszaszórt elektron detektort (BSE – Back-Scattered Electron) használva készítettünk felvételeket. A BSE detektornál a jelintenzitás arányos a vizsgált terület átlagos rendszámával – minél világosabb a kép, annál nagyobb az átlagos rendszám. A SEM képeken több, kisebb területen vagy ponton végeztek EDX elemzést. Az EDX spektrumokban a karakterisztikus röntgensugárzásuk segítségével azonosították az elemeket, majd kiszámították a vizsgált területen az észlelt elemek atom- és tömegszázalékos koncentrációját.



Az un. „egyszemcsés” vizsgálat- egyazon szemcse két különböző pontján mért eredmények
(részlet a gumiprojekt korábbi méréseiből)

4.4 Mennyiségi meghatározás Bürker-kamra használatával

Az un. „gépi tanuláson” alapuló szoftveres mennyiségi kép, ill. szemcseanalízis egy hosszabbtávú kutatómunka eredményeként válik majd használhatóvá. A mennyiségi meghatározás terén addig manuális módszerekre hagyatkozhatunk. A felületegységre vonatkoztatott szemcse analízishez viszont ki kellett alakítanunk egy megfelelő mintavételezési és mikroszkópos vizsgálati eljárást.

A biológiai vizsgálatokhoz használatos Bürker-kamra alapfelülete meghatározott mikrométeres osztásközü raszterrel rendelkezik, így ezt kihasználva az egyes mennyiségeket felületegységre vonatkoztatva tudjuk meghatározni a fénymikroszkópban. Fókuszálási problémák miatt azonban a Sigma-2 pormintavevőben eddig alapvetően használt, 1.0-1.2 mm vastag normál tárgylemezek nem jöhetnek szóba. Ennek megoldására 0,13mm vastagságú speciális üveg fedőlemezt alkalmazunk. A műmintákkal (gumi és ásványi szemcséket tartalmaz) való előzetes mikroszkópi vizsgálatok így használhatónak bizonyultak, az elindított mintavételezésnél már az ilyen nagyméretű (25x25mm-es) fedőlemezeket helyeztük ki a mintavevőinkbe!

5. Vizsgálati eredmények

5.1 A mintavételezéssel kapcsolatos eredmények

Kutatási témánknak igen fontos része a szakszerű, pontos, sok alapadatot rögzítő mintavételezés. Erre az előzetes tervezés során is igen nagy hangsúlyt fektettünk.. A rendszer sarokpontjai a következők:

- Sikert a nemzetközi kutatásban használatos, szabványos passzív pormintavevőt beszerezni, valamint ezeket a későbbi műszeres analitikai vizsgálatok szerint előkészíteni. Érdekes egyedi helyzet, hogy az eszköz készítője és forgalmazója egy svájci kutatócsoport (Particle Vision), akinek közétett kutatási eredményeit több módon figyelembe vettük a saját

munkánkban. A közvetlen kapcsolat alapján visszajelzést, esetlegesen eredményeket is várnak tőlünk a közeljövőben, hogy a nemzetközi adatokat frissíteni vagy épp regisztrálni tudják.

- Eszközeink kihelyezése hivatalos formában történt meg, hosszadalmas adminisztráció árán. Több hónapos, esetlegesen egy esztendőn keresztüli mintavételezést tervezünk, az engedély nélküliség esetlegesen a projekt felszámolását is jelenthetné.
 - A manuális mennyiségi meghatározás érdekében egy gyakorlatban használható mintavételi és mikroszkópi eljárást dolgoztunk ki az un. Bürker-kamra és egy speciális üveg fedőlemez alkalmazásával.
 - Két hetes ülepedési időszakokkal számolunk, az első tíz napos próbaidőszakunk alapján erre az időtartamra a vizsgálandó pormennyiség miatt szükség is van.
 - Kalibráltuk, működésre kész állapotba hoztuk, valamint „távoli asztal” funkcióban kezelni tudjuk az iskolai épület tetején elhelyezett meteorológiai mérőállomásunkat, amelyre a hosszabb észlelési időszak alatt a csapadék és a szél adatok miatt szükségünk lesz.
- A meteorológiai alapadatok változását más forrásokból is rögzíteni kívánjuk.
- A budapesti levegőminőséget óránkénti lebontásban közvetítő automata mérőállomások közül figyelemmel követjük majd a XV. kerületi Kőrakás parkban, valamint a VIII. kerületi Telki téren elhelyezett észlelők PM10 és PM2,5 adatsorait, hogy az általános változásokat is figyelemmel tudjuk kísérni. A 2022.március 18-28 közötti észlelési időszakunkban több napon keresztül, a napi átlag kismértékben meghaladta az első határértékként megjelölt 50 µg/m³ mennyiséget.

5.2 A mikroszkópi vizsgálatok eredményei

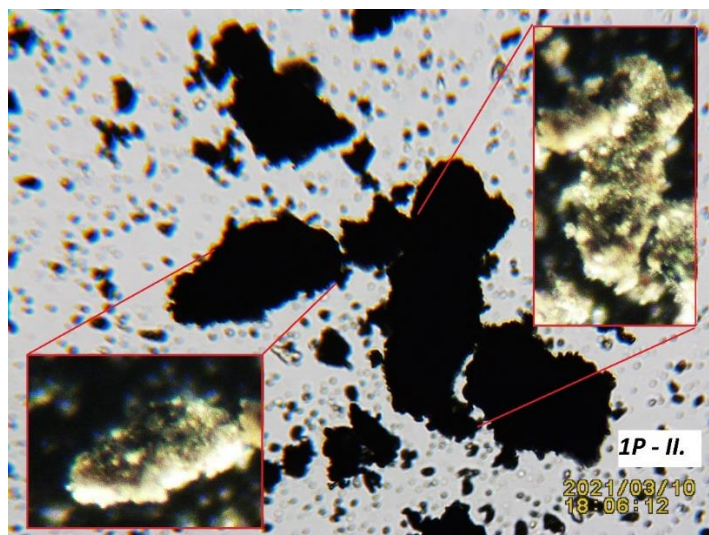
A polarizációs mikroszkópban történt megfigyelések

A vizsgálatok Nikon SMZ 800 típusú eszközzel történtek. A három mintával kapcsolatban az alábbiakat állapítottuk meg:

- A fentebb már részletesen közölt morfológiai bélyegek alapján a sok opak, elnyúlt gumiszemcse jól elkülöníthető a méretben hasonló, némileg szögletességet mutató, hosszát – szélességét tekintve egyforma méretű fekete szemcsétől. Ez utóbbiak lehetnek vastagabb ásványi szemcsék, de fém vagy bitumen szilánkok is. Lemezes, vékony változatban pedig jól elkülöníthetők az ásványi szemcsék. Mindezen jellemzők az 50-100 mikron közötti tartományban eléggé egyértelműek, az 50 mikron alattiakban, viszont kevésbé jó az elkülönítési lehetőség.
- Az autópályáról származó mintában a gumiszemcsék mérete a 100-120 mikron közötti hosszúságot is elérheti, a Baross tér mintájában a 100, az iskolai mintában az 50 mikrométer tűnik a maximális méretnek minden átlátszatlan, fekete szemcsét tekintve. A legutóbbi helyszínen nagyobb az ásványi eredetűek részaránya.
- Polarizációs mikroszkópban a borostyán levelek felszínéről készített nyúzat vizsgálatában a körömlakk bevonó réteg használata zavarónak tűnik.

A minták megfigyelése fénymikroszkópban

Átvilágító üzemmódban (transmitted light) a tipikus gumi morfológia még a levélnyúzat esetében is jól használható, míg a reflexiós fényben (reflected light) jól kivehetők a gumifelületen megtapadó és becsillanó ásványi szemcsék.



Útanyag szemcsék átvilágító és reflexiós üzemmódban készült mikroszkópi képe

(a nagy szemcsék hossza kb.100 μm)

Pásztázó elektronmikroszkópos felvételek

Az alábbi képen egy gumi műmintából származó szemcse scanning felvétele látható. A nagyméretű, középszürke gumiszemcsék mellett világos színű sókristályok láthatók. A kép a kevés jelenlévő szemcsetípus mellett is azt sugallja, hogy a valós mintában jelenlévő aggregátumok sokszorosán összetett anyagi minőségű, morfológiailag nehezen leírható szemcsék. Minőségi, ebből következően mennyiségi arányuk meghatározása a további kutatásunk kihívása. Jelenleg a szakirodalmi adatok is csak részbeni megoldásokat mutatnak.

A BME Szervetlen és Analitikai Kémia Tanszékével a megfelelő kapcsolatot kiépítettük, a szükséges eszközöket (megfelelő számú acélkorong, speciális szénszalag) beszereztük, ennek alapján kívánunk az útanyag szemcsék minőségi analízisében a továbbiakban előre lépni.



Pásztázó elektronmikroszkópi (SEM) felvétel gumi műmintából

6. A zajvédőfalak növényesítésének lehetőségei

Ismert tény, a növényzet hatékony pormegkötő képessége, illetve a légminőséget más egyéb módon javító szerepe. Az M3-as autópálya bevezető szakasza, gyakorlatilag teljes hosszában, 5 méter magas zajvédő falakkal szegélyezett. Praktikus gyakorlati ötletünk, a falak tudatos növényesítésére, ebből az alaphelyzetből született.

Távlati célunk, hogy Magyarországon a fent jellemzett környezetben az új zajvédő falak megépítésével egyidőben szükségszerűen valósuljon a növényesítés is, illetve régi védfalak esetében, ahol ez műszakilag megvalósítható, pótlólag kerüljön ez kialakításra. Mindezek okán kerestük meg a zajvédő falakat is tervező Unitef83 Zrt. környezetvédelmi csoportját, akik a megfelelő műszaki feltételek kialakításában nyújtanak majd háttér támogatást.

Középtávú célunk egy vizsgálati célú növényesített referencia felület kialakítása az M3-as autópálya budapesti bevezető szakaszának mentén, a lakótelepek övezte terület tözsomszédságában. Az üzleti stratégiát is érintő tájékoztató kapcsolatfelvétel egy kivitelező céggel már megtörtént. A COMPACT NATURE Kft. egy előnevelt borostyán kerítéselemeket országosan forgalmazó cég, de nagyobb növényesített felületeket is sikeresen kialakítottak már (Debreceni Aquaticum Élményfürdő, Széllapu Park Budapesten). Az általuk ismerttetett szükséges műszaki feltételek megléte, vagy kialakítása alapján, a telepítendő növények szükségleteinek megfelelően, a beszerzendő engedélyek (Budapest Közút) birtokában ígéretük szerint a telepítés 2023 március első heteiben elindítható lesz, a kifejlett növényi felület kialakulása pedig a jövő év szeptemberére várható.

Előzetes tájékoztatásuk alapján az általuk nagytömegben előnevelt, holland licence alapján nemesített borostyán felület több szempontból is alkalmas lesz a növényesített zajvédő falak kialakítására. Az erdei borostyántól (*Hedera helix*) eltérően ez a növény több szempontból is már „ipari növény”-nek tekinthető. Nem virágozik, ezért a madarak, rovarok, élelem szempontjából nem keresik. „Kontroll alatt” fejlődő növény, amely a rendelkezésre álló rácsos panel befutása után nem növekedik túl és a kezdeti fejlődési életszakasz után szélsőséges körülmények között is életképes tud maradni.

A kialakítandó referencia felületen a hatékonysági vizsgálatok mellett, a megtelepedési arányok, a gondozási szükségletek vizsgálata is feladatunk lesz majd. A fal hossz méretének és magasságának kialakítását a valós, már nem „laboratóriumi” körülményeknek megfelelő elvek, a műszaki feltételek, és a pénzügyi lehetőségek fogják meghatározni.

Amíg a fentebb ismerttetett lehetőség nem áll rendelkezésünkre, néhány alapvizsgálat okán egy már meglévő, a vizsgálati céloknak megfelelő helyen létrejött borostyán felületet választottunk ki. Modellezési lehetőségként a Thököly út 90. szám alatti társasház gondozott borostyánnal futtatott, 20 méter hosszú, 2 méter magas kerítését találtuk alkalmasnak. A kétszer két sávos főútvonal jelenléte is jó alapot adott a helyválasztásra.

Március 18.-a és 28.-a közötti időszakaszban (10 napos ülepedési idő), letisztított és jelölt levelekkel készítettük elő, a mintavételezést. Az időszak végeztével, ún. nyúzat leválasztásával biztosítottuk a mikroszkópi vizsgálatokhoz szükséges átlátszó felületet. A fénymikroszkópos vizsgálatok esetében, megfelelőnek bizonyult a mintavételi módszer, az ismerttetett morfológia alapján találtunk 50-100 µm körüli gumi aggregátumokat. A nyúzat készítésénél használt

körömlakk réteg használata a polarizált fényben akadályozó tényezőnek bizonyult. A mintavételi módszer továbbfejlesztését tervezzük.



Mintavételi felületek előkészítése a modellként használt kerítésszakaszon

Számítást végeztünk a „borostyánfal” felületnövelő hatásával kapcsolatban. A becslés alapján, a plexi zajvédő fallal szemben, a legegyszerűbb, nem túlburjánzott borostyán futtatással is legalább háromszoros felületnövelést tudnánk elérni!

A zajvédő falakkal kapcsolatban felmerülő felhasználói igény, hogy a kialakított védelmi objektum amennyire tud, tájba illeszkedő legyen. Ezzel kapcsolatban, a nem plexi anyagú elemek tudatos növényesítése több pozitív hatása mellett ezért is előnyös lenne. Lakókörnyezetben áthaladó, városi autópálya szakaszokon, megfontolandó lehetne a zajvédő falak ilyen típusú kialakítása, amely a borostyán, mint igen stressztűrő növény alkalmazásával kevés gondozási feladattal járna.

7. Összefoglalás, a projekt eredményei, további tervei

A közutakon termelődő, autógumi alapú mikro-aggregátumokkal foglalkozó, negyedik éve zajló projektünkben, 2021 ősze óta, a levegőbe kerülő, mintegy 2 %-os részarány alapkutatásával kezdtünk el foglalkozni. Azt feltételezzük, hogy anyagi összetételükben és nagy felületi megkötő képességükkel, közvetlenül jelentenek veszélyt az emberi környezetre.

Kutatásunkban nagy hangsúlyt helyeztünk a szakszerű mintavételezés kérdésére, ezt a részfeladatot a projekt hosszútávú sorsára vonatkozóan is, a terveknek megfelelően sikerült megoldanunk.

Feladatunk következő fázisában, az egyértelműen komplex aggregátumoknak (TRWP) tekintendő szemcsék minőségi meghatározását tűztük ki célul. Ebben az általunk használt módszerek, a fény-, a polarizációs és a pásztázó elektronmikroszkópos felvételek használhatónak bizonyultak, de a részecskék morfológiai jellemzőinek fejlesztése a jövőben még sok vizsgálatot igényel. A kémiai vizsgálatok terén, a tizedmikron méretben felvilágosítást nyújtó EDX analitika, a korábbi eredményeink alapján működőképes és számunkra is hozzáférhető eljárás lesz majd.

A mintavételezést kéthetes periódussal, több hónapon keresztül kívánjuk végrehajtani, hogy az időjárás változás függvényében, többlet információt tudjunk szerezni. Ehhez azonban a lebegő szemcsék mennyiségi eloszlásának vonatkozásában működőképes módszert kell találnunk, esetleg több különbözőt is. Jelenleg a manuális leszámlálás lehetőségének gyakorlati feltételeit alakítottuk ki sikeresen.

A növényesített zajvédő falak pormegkötő tulajdonságának további vizsgálatával, a tervezőkkel, kivitelezőkkel és hivatalokkal való kapcsolatfelvétellel, a jövőben a probléma csökkentésének gyakorlati megvalósítása irányába kívánunk lépéseket tenni.

Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozunk Karajz Dániel Ph.D hallgatónak (BME) és Dr. Holczbauer Tamásnak (ELKH-TTK), hogy a megfelelő méréseket elvégezték, az eszközöket biztosították, illetve szakmai tanácsokkal láttak el bennünket.

Az Unitef83 Zrt. környezetmérnöki csoportjának, valamint a Heidler Zoltánnak, a COMPACT NATURE Kft. ügyvezetőjének szakmai tanácsai előre vitték a zajvédő falak növényesítésével kapcsolatos megvalósítási terveinket. Jövőbeni támogatásukra is számítunk, köszönettel.

Szakirodalom

Zhaoxue Tian, Volker Dietze, Frank Sommer, Anja Baum, Uwe Kaminski, Jan Sauer, Christoph Maschowski, Peter Stille, Kuang Cen, Reto Gieré(2017) Coarse-Particle Passive-Sampler Measurements and Single-Particle Analysis by Transmitted Light Microscopy at Highly Frequented Motorways. *Aerosol and Air Quality Research*, 17: 1939–1953

Frank Sommer, Volker Dietze, Anja Baum, Jan Sauer, Stefan Gilge, Christoph Maschowski, Reto Gieré(2018) - Tire Abrasion as a Major Source of Microplastics in the Environment. *Aerosol and Air Quality Research*, 18: 2014–2028

Urbán,B.Gy.,Kassai,Cs.M.,Mészáros, N.(2019) Blurred tire tracks, Quantitative data on microparticles from tire wear on road surface washing into surface water. International Joint Conference on Environmental and Light Industry Technologies. 21-22 November 2019 Budapest, Óbuda University, 276-285

Juanita Rausch, David Jaramillo-Vogel , Sébastien Perseguers , Nicolas Schnidrig , Bernard Grobéty, Phattadon Yajan (2022) Automated identification and quantification of tire wear particles (TWP) in airborne dust: SEM/EDX single particle analysis coupled to a machine learning classifier. Elsevier,2-16