

A közúti közlekedés során kibocsátott nehézfémek hatása a környezetre

KÖLES PÉTER

Agrártudományi Egyetem, Vízgazdálkodási és Meliorációs Tanszék, Gödöllő

A közelmúlt és napjaink nélkülözhetetlen közlekedési eszközei a közúti járművek, amik működésükhöz gázolajat, vagy valamilyen benzin típust, folyékony fosszilis anyagot használnak. Az üzemanyag elégetésének következtében, valamint a közlekedésben résztvevő gépjárművek kopásából, csepp-veszteségeiből, korrózióból, és egyebekből adódóan számottevő szennyezés éri a környezetet. A szennyező anyagok egy része eliminálódik a levegőbe - ezek a kipufogógázok közül a NO_x és CO_x -ok -, más részük lerakódik az út és a talaj felszínére, az imisszió helyéhez közelebb vagy távolabb. Az út felületére lerakódó por és a hozzájuk tapadó fémrészecskék, fém-oxidok és egyéb szerves anyagok részben a járművek által okozott légáram miatt ismételtlen a levegőbe kerülhetnek és az úttestre, az út mellé közvetlenül, vagy attól távolabb ülepedhetnek le. Az út felületére tartósan lerakódott részecskék a lehulló csapadék mosó hatásának következtében, a lefolyó szennyezett vízzel jórészt eltávoznak. Az útpályáról lefolyó vizek az utak mentén kiépített árokrendszerekben gyűlnek össze és innen elszállítódnak, vagy elszivárognak. Ha az árok földmedrű, részben vagy teljesen helyben, vagy egy mélyebb fekvésű területen elszikkadnak, esetleg egy befogadóba jutnak. Az útról lefolyó vizek - mint láthatjuk a későbbiekben - igen jelentős koncentrációban tartalmaznak nehézfémeket. Az elszivárgó, vagy a befogadóba jutó legkülönbözőbb szennyező anyagokkal terhelt vizeken keresztül a talajvízbe, illetve valamely élővízbe kerülnek. Ismert tény, hogy a vizes fázisba került nehézfémek mobilitása felgyorsul és vízi ökoszisztémába kerülve hatásuk, mozgásuk, a táplálékláncba való bekapcsolódásuk nehezen kiszámíthatóvá válik. Ezért tartjuk fontosnak, hogy e problémával foglalkozzunk és feltárjuk a valós képet ebből az aspektusból is.

A közúti közlekedésből származó nehézfémek különböző mértékben szennyezik az utak menti talajokat és az ott élő növényállományokat is. Vizsgálatainkban arra is kitértünk, hogy a nagy forgalmú utak mentén megvizsgáljuk a talaj nehézfém - Zn, Pb, Ni, Cd, Cu, Cr, sőt Fe - terheltségét.

Az OTKA F 14486. számú téma keretében folyó kutatásban célul tűztük ki, az alábbi vizsgálatokat, hogy választ kapjunk:

- egy nagy forgalmú közút felületi szennyezésének nagyságáról,
- az eső időtartama alatt a lefolyásminták nehézfém-összetételének változásáról,
- a csapadékmentes időszak hossza és a lemosható szennyeződések mennyisége közötti összefüggés megállapításáról,
- a közlekedés okozta nehézfém szennyező hatásának kimutathatóságáról a termőtalaj felső rétegéből.

A vizsgálat anyagai és módszerei

A lefolyás-vizsgálatokhoz a mintákat a 30-as főút mellől vettük csapadék-hulláskor. A mintavétel helye a főút egy kijelölt szakasza volt Domonyvölgy és Aszód között. A lefolyás teljes időtartama alatt - a lefolyás kezdetétől a lefolyás végéig - az eső intenzitásától függően meghatározott időközönként vettük a vízmintákat.

A talajmintákat az út mentén 1, 5, 10, 25, 50 és 100 m-re vettük szintén Domonyvölgy és Aszód közötti útszakasz mellett. A talajminták a felszínről 0-10 cm-es mélységből kerültek megvételre.

A talajmintákat egy képzeletbeli egyenes mentén egymástól mintegy 30 m-re vettük négy ismétlésben az előbbieken megjelölt távolságokból.

A minták előkészítését, bemérését, hő- és egyéb kezelését, "teflon bombás" feltárását, roncsolását, bemérését a Gödöllői Agrártudományi Egyetem Központi Laboratóriumában végezték el. Az minták nehézfém-tartalmát JY-24-es típusú ICP szekvenszpekrométerrel vizsgáltuk.

Az eredmények feldolgozását és megjelenítését Microsoft Excel programmal végeztük el.

Az eredmények értékelése

A lefolyásminták értékelése

Az M3-as autópályáról több esőmintát vettünk, melyek összetételét, nehézfém-tartalmát ismertetjük az alábbiakban.

Az 1. táblázatban az egyik eső hatására megindult útlefolyásból vett minták nehézfém-koncentrációjának eredményeit mutatjuk be. Kezdetben láthatóan nagyobb volt a lemosódott nehézfémek mennyisége az úttestről, ami egy ideig fokozatosan csökkenő tendenciát mutatott. A lefolyásból 10 percenként vettünk mintákat és ezek értékeléséből látható, hogy 30 perccel a lefolyás megindulása után váltakozva hol csökkent, hol nőtt a vizsgált nehézfémek mennyisége. Nem csak egy-egy elemre volt jellemző ez a tendencia, hanem valamennyi nehézfém oldódása és lemosódása igen nagy hasonlóságot mutatott.

A lefolyásokban a vas - mely nem minősül toxikus elemnek - mennyisége

ségben kimutatni, az egyéb nehézfémek viszonylag kis mennyiségben voltak ezekben megtalálhatók. Az egyik igen toxikus nehézfém a kadmium - ha kis mennyiségben is, de - kimutatható a vizsgált hazai közútunk vízlefolyásaiban is. Érdekes megfigyelni, hogy ez az egyetlen olyan nehézfém, amelyik az utolsó néhány lefolyásmintában már nem található. Az ólom - amely másik igen toxikus elem az élő és különösen a vízi környezetben -, szintén jelentős koncentrációban mutatható ki a lefolyó vízmintákból. A csapadékhullás végén már szintén csak igen kis mennyiségben található a lefolyó vízből.

1. táblázat
Lefolyás-vizsgálat (1994. szeptember 17)

Idő	Jele	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Cr	Cu
8.00	E/1	0,481	0,097	0,002	0,0018	12,1	0,013	0,078
8.30	E/2	0,407	0,083	0,001	0,023	17,3	0,027	0,063
9.00	E/3	0,353	0,079	0,001	0,020	14,6	0,020	0,052
9.30	E/4	0,235	0,054	0,001	0,013	11,1	0,014	0,042
10.00	E/5	0,294	0,067	0,001	0,016	12,5	0,016	0,049
10.30	E/6	0,205	0,051	0,001	0,013	10,1	0,014	0,036
11.00	E/7	0,323	0,068	0	0,016	12,4	0,016	0,048
14.30	E/8	0,148	0,031	0	0,006	5,69	0,007	0,027

Megjegyzés: A vizsgálat helye: 30-as főút mellett; 2 nappal előtte is volt eső

A lefolyásokban mért nehézfémek kezdeti mennyisége mintegy a harmadára csökkent az utolsó lefolyásból vett minta koncentrációihoz képest.

Összehasonlítottuk az egyes lefolyásokban kimutatható nehézfémek arányait az azután következőkével és azok között igen szoros összefüggéseket találtunk (2. A,B táblázat). A korreláció $P = 0,01$ %-os szinten kimutatható, ami nagyon szoros kapcsolatot feltételez az egyes minták nehézfém-tartalmának arányai között.

Jelentősen befolyásolja a lefolyások nehézfém-tartalmát a két csapadékos időszak között eltelt idő hossza, amit a 2. A táblázat adatai is bizonyítanak. A két eső között 10 csapadégmentes nap telt el, és már jelentős szennyező anyag feldúsulást lehet megfigyelni a lefolyásminták összetételéből. Mivel az eső csak rövid ideig tartott kevesebb szennyezés mosódott le az út felületéről. A vizsgált nehézfémek koncentrációja közel a felére csökkent egyes fémeknél - Zn, Fe, Cd - de másoknál harmadára esett a kimutatható mennyiségük.

A lefolyásminták elemarányaiból erős korreláció - $R = 0,87-0,76$ - mutatható ki, ami igen erős kapcsolatot tételez fel, de azért a megelőző eső szennyező anyagainak korrelációjához - $R = 0,98-0,96$ - képest a kapcsolat valamivel gyengébb.

Egy másik időpontban vett eső lefolyásmintáiból (2. B táblázat) szintén hasonló eredményeket kaptunk és megállapításokat tehetünk. Itt feltétlenül meg kell jegyeznünk, hogy az itt kapott nehézfém-mennyiségek azért térnek el ilyen

2. táblázat
Az egymást követő lefolyásminták nehézfémterhelésének arányai közötti statisztikai összefüggés
A. 1994. július 7.

Minta jele	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Cr	Cu
	mg/l						
K.1	0,517	0,095	0,002	0,026	8,6	0,014	0,161
K.2	0,416	0,118	0,001	0,018	10,4	0,015	0,088
K.3	0,178	0,043	0	0,007	1,81	0,007	0,046
K.4	0,443	0,109	0,002	0,02	9,34	0,012	0,108
K.5	0,201	0,135	0,001	0,009	4,85	0,006	0,042

Kereszt korreláció számítás

	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Cr	Cu
Zn	1						
Pb	0,271081	1					
Cd	0,846095	0,520566	1				
Ni	0,989952	0,26191	0,869318	1			
Fe	0,882857	0,588668	0,762871	0,830515	1		
Cr	0,921186	0,207914	0,599579	0,87442	0,893835121	1	
Cu	0,942697	0,087282	0,817146	0,974498	0,685501786	0,796538	1

Regresszió számítás

	r-érték	P %	r-érték	P %
Zn-Pb	0,27	0,66	Zn-Fe	0,88
Zn-Cd	0,84	0,07	Zn-Cr	0,921186
Zn-Ni	0,99	0,001	Zn-Cu	0,942697
				0,016324

B. 1994. július 19.

Minta jele	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Cr	Cu
c.1	0,731	0,146	0,003	0,032	18	0,02	0,167
c.2	1,290	0,245	0,004	0,043	62	0,035	0,180
c.3	0,391	0,092	0,001	0,017	10	0,031	0,079
c.4	0,379	0,098	0,001	0,016	9,57	0,015	0,074
c.5	0,494	0,130	0,002	0,023	15,3	0,084	0,094
c.6	0,343	0,101	0,001	0,018	11	0,015	0,068
c.7	0,292	0,085	0,001	0,013	8,27	0,013	0,059
c.8	0,286	0,085	0,001	0,013	9,67	0,014	0,059
c.9	0,294	0,088	0,001	0,013	9,03	0,013	0,059
c.10	0,187	0,045	0,001	0,007	4,44	0,011	0,034
c.11	0,174	0,064	0,001	0,010	6,15	0,010	0,054

Kereszt korreláció számítás

	Zn	Pb	Cd	Ni	Fe	Cr	Cu
Zn	1						
Pb	0,984297	1					
Cd	0,956292	0,930127	1				
Ni	0,975888	0,977219	0,956231	1			
Fe	0,960501	0,952336	0,889269	0,893839	1		
Cr	0,351397	0,42156	0,387734	0,417255	0,295832683	1	
Cu	0,937731	0,919763	0,954799	0,975973	0,817984806	0,336465	1

Regresszió számítás

	r-érték	P %	r-érték	P %
Zn-Pb	0,984297	4,36E-08	0,960501	2,67E-06
Zn-Cd	0,956292	4,19E-06	0,351397	0,289294
Zn-Ni	0,975888	2,97E-07	0,937731	2,01E-05

nappal volt eső, így addig az út felületére folyamatosan rakódott a por és más szennyeződések.

A 2. B táblázatból látható az is, hogy itt is a vas mennyisége a legnagyobb, amit a cink, réz és ólom követ. A króm és kadmium csak csekély mennyiségben mutatható ki.

A nehézfémek mennyisége általában harmadára csökken le a lefolyás végére, de a cink koncentrációja valamivel nagyobb mennyiségben - kb. negyedére - csökken. Ez esetben a kadmium is végig kimutatható mennyiségben volt megtalálható a lefolyásmintákban.

A lefolyások nehézfém tartalmának arányai között ez esetben is igen szoros statisztikai összefüggéseket lehet kimutatni. $P = 0,01$ hibaszázalék mellett szignifikáns a lefolyások nehézfém tartalma és ezzel együtt igen szoros összefüggés mutatkozik - $R = 0,98-0,96$ - a nehézfémek mennyiségének változása között. A kereszt korreláció számítások értékei is azt mutatják, hogy igen szoros kapcsolat van a lefolyásokban vizsgált nehézfémek koncentráció értékei között.

A talajminták értékelése

A talaj felső rétegeből vett mintákat egy lucernatáblából vettük. A nehézfémek mennyiségi eloszlását grafikusán ábrázoltuk. A 1. ábrából látható, hogy legnagyobb mennyiségben a Fe, Zn és a Cu volt kimutatható a talajból, míg legkisebb mennyiségben a Cd-ot találtuk.

A nehézfémek koncentrációjának változásából láthatjuk, hogy kisebb-nagyobb csúcspontok, hullámzások jellemzők. 5 és 100m között elemtől függően számottevően változhatott mennyiségük. Ez magyarázható a növényfaj és a környezeti tényezők sajátosságaiival, - a növényfaj évelő, nagy levélfelület-indexű, az uralkodó széliránnyal, stb. -, függhet össze. A talajvizsgálatokat is tovább folytatjuk a biztonsággal megadható magyarázat érdekében.

Következtetések, megállapítások

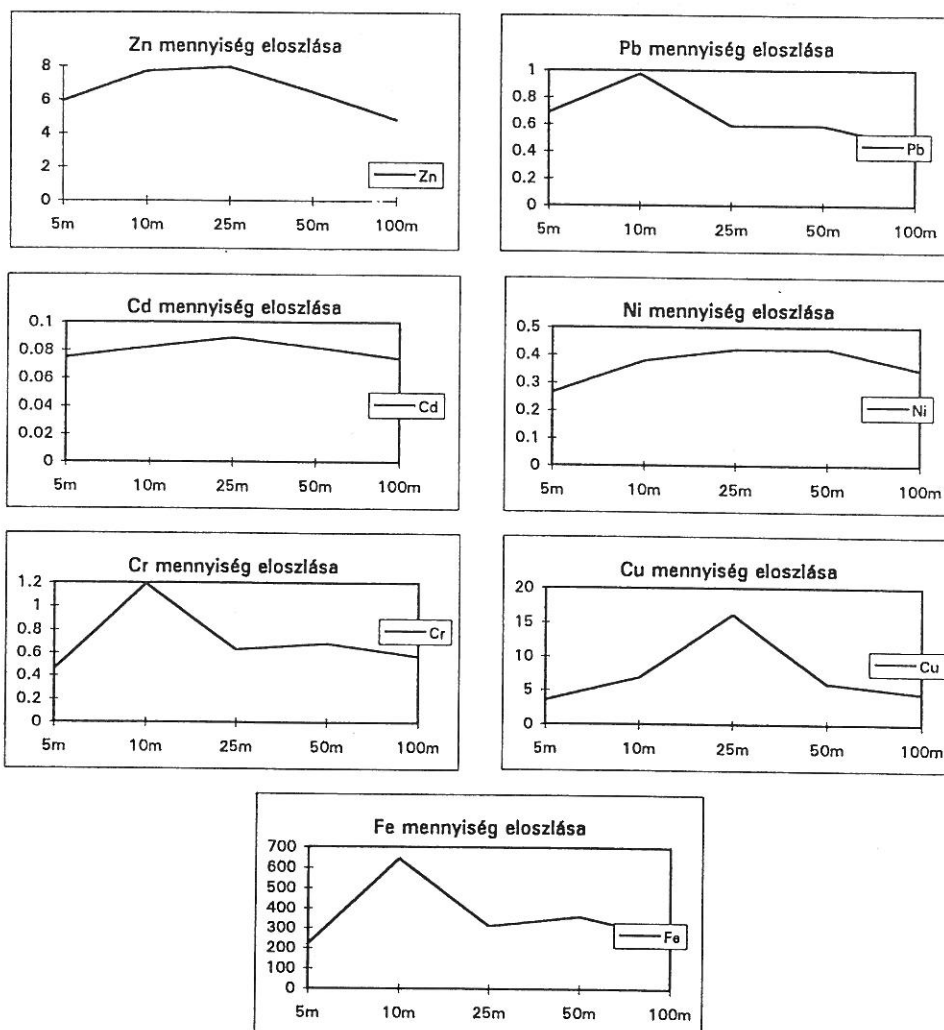
Az eddigi kevés számú vizsgálatból is megállapíthatjuk, hogy a közutak felületéről lemosható szennyeződések mennyiségét több tényező befolyásolja. Ezek között az eddigi vizsgálatok szerint legfontosabb az utolsó eső óta eltelt idő hossza, ha a járművek számát állandónak tekintjük.

Az egymást követő lefolyások nehézfém-koncentrációira általában jellemző a csökkenő mennyiségi tendencia. A lefolyások nehézfém tartalmának változása között igen erős korrelációs összefüggések mutathatók ki.

A nehézfémek mennyisége a csapadékhullás lemosó hatására nem csökken egyenletesen a lefolyásmintákban.

A vízi és szárazföldi ökoszisztémára egyaránt valóban erősen toxikus nehézfémek kimutathatóak az útlefolyások vizéből, melyek mennyisége nagyban függ a környezeti tényezők hatásától.

	Zn	Pb	Cd	Ni	Cr	Cu	Fe
5m	5.91	0.684	0.075	0.264	0.46	3.53	223
10m	7.69	0.975	0.082	0.38	1.19	6.83	645
25m	7.95	0.59	0.089	0.42	0.627	16.2	314
50m	6.47	0.589	0.082	0.422	0.684	5.97	360
100m	4.81	0.44	0.074	0.346	0.57	4.5	261



1. ábra

A megfigyelt nehézfémek (Zn, Pb, Cd, Ni, Cr, Cu, Fe) koncentráció (mg/kg száraz anyag) változása a kibocsátás helyétől távolodva

A talajmintákban nem csökkentek olyan mértékben a nehézfémkoncentrációk, mint ahogy várni lehetett, de ennek oka az is, hogy az uralkodó szélirány éves szinten több mint 60 %-ot meghaladó gyakorisággal átfúj az úttesten és a mellette lévő táblákon rakja le a közlekedésből származó szennyezőanyag-tartalom nagy részét.

Összefoglalás

Az utak felszínéről csapadékhulláskor nagy mennyiségű szennyező anyag kerül lemosásra. Ezek az eltávozó anyagok vizes közegbe kerülve mobilakká válnak és toxikus hatásaikat ebben a fázisban könnyebben fejthetik ki.

Kutatásunkban arra kerestük a választ, hogy az útlefolyásokból származó nehézfémek koncentrációja mekkora a lefolyás megkezdődésekor és hogyan változik azok mennyisége a lefolyás teljes időtartamán belül. Mindezt egy viszonylag nagy forgalmú főúton - a 30-as főúton - vizsgáltuk meg.

Összefüggést kerestünk a csapadékmentes időszak hossza és az ezt követő csapadékhulláskor lemosott nehézfém-mennyiségek között. Megállapíthattuk, hogy nagymértékben meghatározza a csapadékmentes időszak hossza az úttest szennyezését és a lefolyások terheltségét.