

Eötvös Loránd Tudományegyetem

Természettudományi Kar

Környezettudományi Centrum



**Városi talajminták toxikus fémtartalmának vizsgálata
környezetfizikai módszerekkel Budapest XI. kerületében**

Tudományos diákköri dolgozat

Készítette:

Karlik Máté

Környezettudomány MSc. II. éves hallgató

Témavezető:

dr. Angyal Zsuzsanna

Eötvös Loránd Tudományegyetem, környezettudományi centrum

egyetemi tanársegéd

Budapest, 2014.

Lezárás dátuma: 2015.01.06.

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék.....	2
1. Bevezetés, célkitűzés	4
2. Szakirodalmi feldolgozás.....	6
2.1. A városi talaj fogalma	6
2.2. A városi talaj általános tulajdonságai	6
2.3. Talajok toxikus fémtartalmát befolyásoló talajtani tényezők.....	7
2.4. Talajok toxikus fémtartalmának vizsgálata hazai és nemzetközi példákon keresztül.....	7
2.4.1. Lokális vizsgálatok	7
2.4.1.1. Példa ipari létesítmény esetére	8
2.4.2. Város léptékű vizsgálatok.....	8
2.4.2.1. Példa város léptékű esetre	9
2.4.3. Regionális mértékű vizsgálatok	9
2.4.3.1. Példa regionális mértékű vizsgálatra.....	9
2.5. Jogszabályi háttér	10
3. Anyag és módszer	11
3.1. Mintavétel	11
3.2. Röntgenfluoreszcens spektrometria (XRF)	14
3.2.1. Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométer (WDXRF)	15
3.3. Röntgen pordiffraktometria (XRD)	15
3.3.1. Diffraktométer.....	15
3.4. Pásztázó elektromikroszkópia- elektronsugaras mikroanalízis	16
3.4.1. Energiadiszperzív analitikai pásztázó elektromikroszkóp (SEM-EDX)	16
4. Minta előkészítés.....	16
4.1. Bórsavas minta előkészítés XRF méréshez.....	16
4.2. Minta előkészítés XRD méréshez	18
4.3. Minta előkészítés SEM-EDX méréshez.....	18
5. Eredmények és eredmények értelmezése	19
5.1. Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométer adatai és értelmezése.....	19
5.1.1. Toxikus eleme(ke)t tartalmazó szelvények elemzése.	19
5.2 Röntgen por-diffraktometria eredményei és elemzése	19

5.2.1. 14. Mintavételi pont, Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó) Hrsz.: 326/3 1 talajszint	20
5.2.2. 20. Mintavételi pont, Kőérberki utca (felhagyott parcella), Hrsz.:130/6, 1. talajszint	20
5.2.3. 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), Hrsz.: 2638/2,.....	21
1. talajszint	21
5.3. Energiadisziperzív pásztázó elektromikroszkópia eredményei	21
6. Konklúzió, ajánlás	24
7. Irodalomjegyzék.....	26
8. Mellékletek.....	28
1. Számú melléklet - Kínai városok feltalajának (0-20 cm) toxikus fém szennyezettségi értékei (részlet) (CHENG et al., 2014) (módosította: Karlik Máté) Letölthető: http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/	28
2. Számú melléklet - Talajminták összesített oxidos összetétele táblázatos formában. Letölthető: http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/	28
3. Számú melléklet – Toxikus fémet tartalmazó spektrumok és adatsoraik (a spektrumok magasabb felbontásban elérhetők: http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/ oldalon)	29
4. Számú melléklet – Toxikus fémtartalmú mintavételi pontok standard nélküli mérési eredményei toxikus fémtartalom szempontjából, mélység adatokkal és színkódokkal. (letölthető: http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/ oldalról)	72
5. Számú melléklet – Röntgen por-diffrakció eredményei (diffraktogramok) (Letölthető diffraktogramok, nagyobb felbontásban): http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/):.....	72
Köszönetnyilvánítás	76
1. Függelék	77

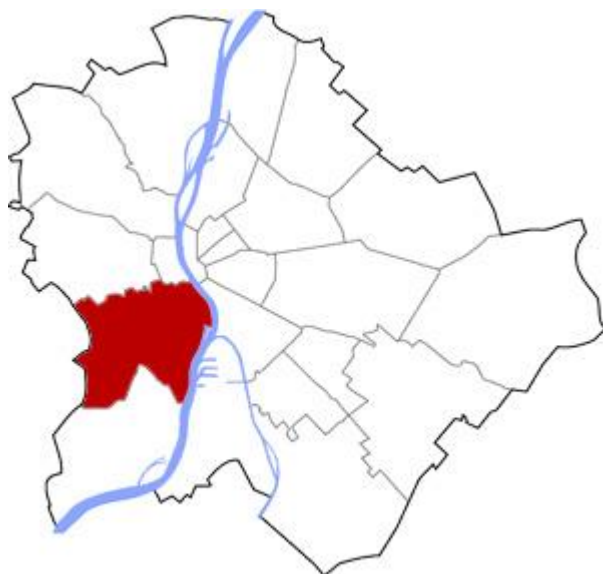
1. Bevezetés, célkitűzés

Környezetünk komplex rendszert alkot, mely számos szférát foglal magában. A különböző szférák között aktív és passzív folyamatok, anyagtranszportok zajlanak. A szférák között kiemelt szerepet kap a pedoszféra, amely az összes többi szférával kölcsönhatásban áll és alapvetően meghatározza az élővilág és az ember életfeltételeit. Emiatt ezzel a szférával kiemelten kell foglalkozni, és nem csak a természetes környezetben, hanem az ember által erősen befolyásolt települési környezetben is. Mindezt az magyarázza, hogy ma a világ népességének több mint a fele (51-52%) városi környezetben él, ahol az ezzel járó infrastruktúra és a fenntartáshoz szükséges rendszerek folyamatos szennyező forrást jelentenek a városi környezetre. Ennek hatására nem csak a szennyezés mértéke nőtt, hanem a nagy népsűrűség miatt a potenciálisan veszélyeztetett népesség száma is. Jelenleg hazánk népességének 17,6%-a Budapesten, 51,8%-a egyéb városokban él (ANDREJCSIK *et al.*, 2014).

Budapest területe számos olyan potenciális szennyező forrással rendelkezik, melyek hathatnak a talajra. Közösségi szempontból idesorolható a közlekedés, kommunális hulladék, utak jégtelenítéséből származó anyagok, egyéni fűtés és aeroszol kibocsátás. Ipari szempontból a különböző üzemek, csatornák, ipari létesítmények.

A városi talajok vizsgálatát kiemelt feladattá teszi egy Budapesten mostanában elterjedő, új tevékenységforma, a városi kertészkedés, a közösségi kertek megjelenése és elterjedése. A városi talajok ebben az esetben mezőgazdasági szempontból, kiskerti növények termesztésekor kerülnek hasznosításra. Maga a törekvés segít a városi embereknek közelebb kerülni a természethez, és ezáltal segíti világnézetük, a természethez való viszonyuk fejlődését. Nem szabad megfeledkeznünk azonban arról, hogy például a toxikus fémekkel szennyezett talaj esetén az itt termesztett növények fajtól és anyagcserétől függően bioakkumuláció miatt komoly egészségre ártalmas hatással lehetnek (MOLNÁR, 2013). Magyarországon jelenleg legalább 28 aktív közösségi kert található, ebből 15 Budapesten (www.kozossegekertek.hu).

Dolgozatomban Budapest XI. kerületéből származó városi talajmintákat vizsgálók (**1. ábra**), elsősorban toxikus fémtartalom alapján. Célom az, hogy általános képet nyújtsak a főváros legnépesebb kerületének talajszennyezettségéről, és felhívjam a döntéshozók figyelmét azokra a helyszínekre, ahol beavatkozás szükséges.



1. ábra: Budapest kerülettérképe a XI. kerület kiemelésével

(Forrás: www.budapestinfo.eu)

2. Szakirodalmi feldolgozás

2.1. *A városi talaj fogalma*

Magyarországon széles körben Stefanovits Pál talajtani definíciója elfogadott, mely szerint „A talaj a Föld legkülső szilárd burka, amely a növények termőhelyéül szolgál” (STEFANOVITS *et al.*, 1999). A talajok szűkebb csoportját képviselik a városi talajok. Ebbe a csoportba tartoznak mindazon városi és külvárosi talajok melyek nem mezőgazdasági jellegű tevékenység hatására változtak, alakultak át és legalább 50 cm mélységű felszíni réteggel rendelkeznek melyet feltöltődés, szennyeződés, átkeveredés vagy ezek együttes hatása eredményezett. (BOCKHEIM, 1974)

2.2. *A városi talaj általános tulajdonságai*

A városi talajok tulajdonságait legtöbb esetben a rájuk ható mesterséges és természetes hatások befolyásolják, alakítják. Városi környezetben általában jellemző, hogy nagy felületek mesterséges anyaggal például betonnal, aszfalttal fedettek és sűrűn beépítettek. Ebből kifolyólag a talaj tömörebbé válik így szerkezetük leromlik a természetes eredeti talajhoz képest, mely során csökken a szemcsék közötti pórustér. A csökkent pórustér következtében módosul a talaj vízháztartása és szellőzése.

A városi talajokra jellemző a kis szerves anyag tartalom, s számos esetben a talaj pH értéke is ingadozik. Ezt a hatást a talajban élő mikroorganizmusokon keresztül figyelhetjük meg, a holt szerves anyag lebontásához a talajban az ideális tartomány pH = 6-7 érték és 25-50 °C. (SZALAI – JAKAB, 2012). A megváltozott városi talaj eltartó-képessége is módosul, ezáltal csupán kisebb mértékű, főleg gyomokban bővelkedő vegetációt figyelhetünk meg. Elmondhatjuk, hogy a városi talajokra rendkívüli módon jellemző a nagy műtermék tartalom, mely első-sorban az építkezésekből és feltöltésekből származik.

Mindezen hatásokból következik, hogy a városi talajok változékonysága sokkal nagyobb mértékű, mint a természetes talajok esetén. Számos esetben különböző talajtani paraméterek, szennyezőanyag koncentrációk intenzív változékonysága figyelhető, meg mind vertikális mind horizontális kiterjedésben.

2.3. Talajok toxikus fémtartalmát befolyásoló talajtani tényezők

A talajok különböző tulajdonságai befolyásolják a toxikus fémek oldhatóságát és ez által egyes rétegekben, talajokban való mozgékonyágukat. A befolyásoló fő tulajdonságok a következők (SZABÓ, 2000):

Talajok kémhatása: A toxikus fémek oldhatósága nő a talajok kémhatásának csökkenésével (ALLOWAY, 1995).

Talajok szerves anyag tartalma: A szerves anyag mennyiségének növekedésével különös tekintetben a humusz mennyiségére növeli a talaj toxikus fém visszatartó képességét, ugyanis talajok adszorpciós képessége nő a szerves anyagok mennyiségével együtt (ALLOWAY, 1995).

Talajok agyagásvány tartalma: Agyagásványok kőzetek mállástermékeiként kerülnek a talajba, nagyban befolyásolják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságát. Elsősorban valamely komplex alkotórészeként fordul elő, önállóan ritkán megfigyelhető. Az agyagásványok nagy felülettel rendelkeznek, mellyel párosul, a rétegek közötti tér negatív töltése, ez által komoly befolyással rendelkeznek a talaj anion és kation tartalmának szabályozásában (ALLOWAY, 1995).

Vas-, alumínium- és mangán-oxidok jelenléte: A vas-, alumínium- és mangán-oxidok száraz talaj esetén kicsapódnak, talajoldatból való kicsapódásuk egy időben következik be számos toxikus fém kationjával, anionjával, így a kicsapódás folyamán abszorbeálják azokat (ALLOWAY, 1995).

2.4. Talajok toxikus fémtartalmának vizsgálata hazai és nemzetközi példákon keresztül.

Számos hazai és nemzetközi vizsgálat, tanulmány született már talajok toxikus fémtartalmának vizsgálatáról, hatásairól. A téma aktualitását jelzi, hogy minduntalan újabb és újabb tanulmányok látnak napvilágot, melyek lokális szinttől regionális szintig vizsgálják, összegzik a városi talajok toxikus fémtartalmát.

2.4.1. Lokális vizsgálatok

Lokális vizsgálatok nagy valószínűséggel két esetben történhetnek, lehetséges ipari szennyezés lehetősége esetén, olyan területeken ahol fokozottan védett fajok élnek, illetve ahol a fémakkumuláció szempontjából veszélyeztetett korosztály sokat tartózkodik (pl. játszóterek).

2.4.1.1. Példa ipari létesítmény esetére

Ipari létesítmény területén történt szennyezés esetén kiugró értékeket is kaphatunk vizsgálatunk eredményeül. Horváth *et al.*, (1980) vizsgálata jó példája ennek az esetnek. Ólomkohó környezetében található talajok 2 mm-nél kisebb szemcseméretű tartományának toxikus fém-szennyezettségét vizsgálták atomabszorpciós spektrométer segítségével, a mintázandó területet a kohó körül egyre nagyobb átmérőjű körökre osztották fel, s a körök mentén történtek a mintavételek. Az egyes mintavételi ponton pedig mélység alapján több tartományt különítettek el ezzel biztosítva a vertikális és horizontális lehatárolást. A kapott értékeket átlagolták oly módon, hogy egy adott távolságtartományban vett minták átlagát képezték, mely kapott eredményeik az alábbi **1. táblázat**ban láthatóak (HORVÁTH *et al.*, 1980).

1. táblázat: A felszíni 50 cm-es talajréteg szennyezettsége az ólomkohó 1000 m-es környezetében (HORVÁTH *et al.*, 1980)

	Pb		Zn		Cd		Cu		As	
Talajréteg, cm	Xmedián	Xszórás	Xmedián	Xszórás	Xmedián	Xszórás	Xmedián	Xszórás	Xmedián	Xszórás
	mg/kg									
	Az üzem 300-500 m-es környezetében (9 mérés átlaga)									
0-5	1299	232	2272	493	4,8	0,9	446	94	69	17
20-25	1036	247	1828	123	4,1	0,7	442	79	56	15
50-55	873	215	2161	372	3,6	0,6	423	74	59	14
	Az üzem 500-1000m-es környezetében (13 mérés átlaga)									
0-5	162	16	693	179	1,2	0,2	121	33	13	2
20-25	138	22	646	201	1	0,2	126	31		
50-55	104	24	609	202	0,9	0,2	102	30		

2.4.2. Város léptékű vizsgálatok

A városi léptékű vizsgálatok elsődleges hajtómotorja a nagy népsűrűség, ez által a potenciálisan veszélyeztetettek köre. Célja a lakosság védelme. A toxikus fémek városi talajokban lévő viselkedése is számos kutatót vonz erre a területre. Városok esetén számos pontforrás (ipari üzemek; gyárak, lerakók; erőművek) és diffúz források (közlekedés; lakossági kibocsátás) fordul elő.

2.4.2.1. Példa város léptékű esetre

Szegedi (1999) Debrecen toxikus fém-szennyezettségét vizsgálta, elsődleges célja a diffúz források által okozott toxikus fém-szennyezés kimutatása, melyet az indokol, hogy Debrecen területén jelentős tranzitforgalom zajlik. A tranzitforgalomból fakadó szennyezés pedig terheli Debrecen talajrétegeit és potenciálisan veszélyeztetik az ott élőket. Ebből kifolyólag a pontforrásból fakadó szennyeződések nem volt célja vizsgálni. (SZEGEDI, 1999)

A vizsgálatok céljából 88 mintavételi pontot határozott meg melyek Debrecen területére és részben azt körülvevő mezőgazdasági területekre szorítkozott. Vizsgálatait 15-20 cm-es mélységből vett átlagmintákon végezte ezzel vizsgálva az esetleges bemosódásokat. (SZEGEDI, 1999)

Kutatási módszerét tekintve atomabszorpciós spektrometriát alkalmazott mellyel megfelelő kémiai oldások után a 2 mm –nél kisebb szemcseméretű talajfrakciót vizsgálta. Kimutatta Pb, Cd, Co, Cu, Ni jelenlétét. Mintavételi pontjait terület használat alapján csoportosította. Pb, Cd, Co és Cu esetén kimutatta, hogy a belvárosban és az ipari területeken található az értékek maximuma. Nikkel esetén a maximum a zöld területre esett. (SZEGEDI, 1999)

2.4.3. Regionális mértékű vizsgálatok

Regionális méreti vizsgálatok több alapkutatás összegeként álnak fenn, főként statisztikai alapú nagyobb térrészek összehasonlítására adva lehetőséget.

2.4.3.1. Példa regionális mértékű vizsgálatra

Cheng, H. et al 2014-ben publikált tanulmányukban 31 kínai metropolisz vizsgálati eredményeit összegzi. A tanulmány elkészítését az ipari előretörés és a városok számának ugrásszerű növekedése indokolta. Kínában 1978-ban 122 várost tartottak nyilván, 2011 re ez a szám elérte a 655-öt, jelenleg a népesség 51,3%-a él városokban. Számos szerző által mért önálló kutatási eredményeit foglalja össze, ebből kifolyólag esetenként eltérő logikai alapon jelölték ki a mintavételi helyszíneket. Az összehasonlításra szolgáló adatok 0-20 cm-ről mint a talaj felső rétegéből, illetve a 150-180 cm-es mélységből kerültek ki. Tíz elemre történt az összehasonlítás.(As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Sb, Se, Zn) (CHENG et al. 2014) **1. melléklet**ben az általuk publikált eredmények egy részét láthatjuk mely a teljesség igénye nélkül 0-20 cm es talajmélység adatait tartalmazza [mg/kg] egységben kifejezve.

2.5. Jogszabályi háttér

Jelenlegi (2014.11.10) érvényben lévő jogszabályok alapján 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet a földtani közeg és a felszín alatti víz szennyezéssel szembeni védelméhez szükséges határértékekről és a szennyezések méréséről szóló dokumentum szabályozza. A földtani közegre érvényben lévő határértéket a 1. melléklet a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelethez tartalmazza. (www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900006.KVV) A földtani közegre vonatkozó fém és félfémekre előírt határértékeket az alábbi **2. táblázat** tartalmazza.

2. táblázat: (B) Szennyezettségi, fémekre és félfémekre vonatkozó határérték földtani közegre (www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900006.KVV)

<u>1. melléklet a 6/2009. (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelethez</u>			
Anyagcsoportonként (B) szennyezettségi határértékek földtani közegre			
CAS szám = Chemical Abstract Service azonosító száma			
Ki = a veszélyességet jellemző besorolás, mely szerint K1 a minden esetben veszélyes anyagokat jelöli			
B = (B) szennyezettségi határérték			
1. Fémek („összes” kioldható) és félfémek (mértékegység: mg/kg szárazanyag)			
CAS szám		B	Ki
7440-47-3	Króm összes	75	K2
	Króm VI.	1	K1
7440-48-4	Kobalt	30	K2
7440-02-0	Nikkel	40	K2
7440-50-8	Réz	75	K2
7440-66-6	Cink	200	K2
7440-38-2	Arzén	15	K1
7782-49-2	Szelén	1	K2
7439-98-7	Molibdén	7	K2
7440-43-9	Kadmium	1	K1
7440-31-5	Ón	30	K2
7440-39-3	Bárium	250	K2
7439-97-8	Higany	0,5	K1
7439-92-1	Ólom	100	K2
7440-22-4	Ezüst	2	K2

3. Anyag és módszer

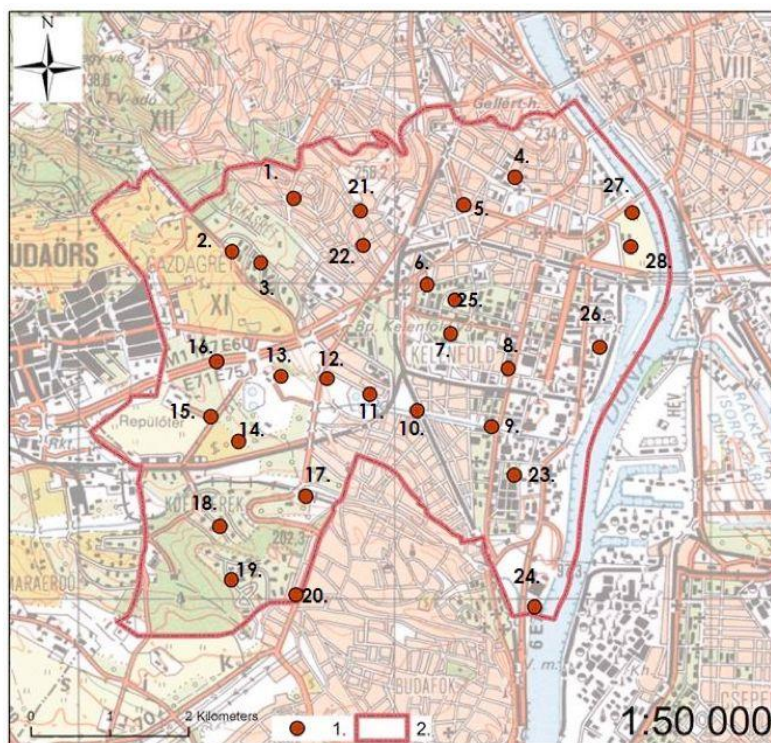
3.1. Mintavétel

A talajmintavétel egy korábbi ELTE TTK Környezettudomány mesterszakos hallgató végezte saját szakdolgozatának elkészítése során, elsősorban talajtani vizsgálatok elvégzéséhez. (TÓTH, 2013)

A mintavételi helyek kijelölése Budapest XI. kerületében történt. A mintavételi pontok kijelölésénél dominált az a szempont, hogy a mintavételi pontok minél több talajtípust és talajhasználatú területet reprezentáljanak, ezzel lehetőséget nyújtva az emberi tevékenység hatását vizsgálva talajokon. A XI. kerület területén számos talajhasználat valósul meg ezzel ideális terepet adva a vizsgálatokhoz. (TÓTH, 2013)

A mintavételi pontok kijelölésénél első lépésként a kerületet felosztották 1*1 km-es cellákra, ezen belül pedig véletlenszerű kiválasztással jelölték ki a vizsgálati helyszíneket. Azon négyzetek esetén, ahol a terület kevesebb, mint 50%-a esett a XI. kerület közigazgatása alá nem történt mintavétel. A felosztás és a kiválasztás célja az volt, hogy reprezentatív legyen és törekedjenek az egyenletes elosztásra. (TÓTH, 2013)

A kiválasztott mintavételi helyszínek számos esetben utólag módosításra kerültek, elsősorban tulajdonosi hozzájárulás megtagadása miatt. Ilyen esetekben Újbuda Önkormányzatával egyeztetve a mintavételi pontok az Önkormányzathoz vagy hozzá kapcsolható szerv területére kerültek. Az így meghatározott mintavételi helyszínek a **2. ábrán** láthatóak (TÓTH, 2013). A mintavételi pontok adatai az **3. táblázatban** olvashatóak.



2. ábra: Mintavételi helyszínek Budapest XI. kerületében (TÓTH, 2013)

3. táblázat: Mintavételi helyszínek (TÓTH, 2013; módosította: Karlik Máté)

Furat száma	Mintavétel helyszíne	Mintavételi terület helyrajzi száma
1	Brassó út (út melletti zöldterület)	2318/13
2	Gazdagréti lakótelep (park)	1782/24
3	Gazdagréti lakótelep (park)	1782/24
4	Balogh Tihamér lejtő (út melletti zöldterület)	4982/2
5	Függetlenségi Park	4554/1
6	Fraknó utca (zöldterület)	3302/30
7	Tétényi út (zöldterület)	3261/19
8	Fehérvári út (zöldterület)	3170/44
9	Albert utca (zöldterület)	3023/2
10	Rendőr utca (töltés melletti zöldterület)	44020
11	Örmezei út (felhagyott gyümölcsös)	739/1
12	Létra utca (patak melletti sáv)	941/1
13	Poprádi út (patak melletti terület)	1039/2
14	Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó)	326/3
15	Repülő út (bolygatatlan zöldterület)	1148/2
16	M1-es autópálya melletti terület	1174/2
17	Kőérberki dűlő (felhagyott parcella)	157/1
18	Pereszke utca (Kamaraerdőbe vezető út)	229/3

19	Vadászhegyi út (Kamaraerdő melletti út)	65
20	Kőérberki utca (felhagyott parcella)	130/6
21	Dayka Gábor utca (út melletti zöldterület)	2638/2
22	Ugron Gábor utca (park)	2570/1
23	Építész utca (zöldterület)	43064/1
24	Fibula utca (Duna gátoldala)	43576/5
25	Bikás park	3467/1
26	Hengermalom utca (ipari terület előtti zöld sáv)	4053
27	Egyetemisták parkja	4082/29
28	ELTE TTK Déli tömb melletti zöldterület	4082/31

A minták megvétele 2013 októberében történt. A nappali hőmérséklet 15-23 °C közötti értéket vett fel, talaj menti fagy sem éjszakai órákban sem nappali órákban nem fordult elő. (TÓTH, 2013)

A talajminták vétele talajfúróval történt (TÓTH, 2013). A talajtani kutatások esetében 5 méternél mélyebbre rendszerint nem fúrnak, ezért kézi fúró készletet használnak a szakemberek. A gépi fúró hátránya, hogy az erőteljes tömörítés miatt nem alkalmas a szolúm mintázására (SZALAI, 2012).

A terület megtisztítása a munkálatok előtt történt, eltávolításra került a felszíni alomtakaró és kavicsos törmelék. A mintavétel folyamán fontos szempont volt, hogy a fúrólyukba anyag bemosódása, beesése ne következzen be. A mintavétel Edeman-féle fúróval történt, mellyel egyszerre 15 cm hosszúságú szelvény került a felszínre. A szelvényeken belül az egyes talajrétegek (minták) elkülönítése szín vagy textúra változás alapján történt. Összesen a 28 fúrásból 75 minta került laboratóriumi feldolgozásra. Az elkülönített egyes talajszenetek mélység adatai a **4. táblázat** tartalmazza. (TÓTH, 2013).

4. táblázat: Mintavételi pontokhoz, elkülönített talajszintekhez tartozó mélység adatok.
(TÓTH, 2013; módosította: Karlik Máté)

Furat száma	Mintavétel helyszíne	Szintek	Mélység [cm]	Furat száma	Mintavétel helyszíne	Szintek	Mélység [cm]
1	Brassó út (út melletti zöldterület)	1	15	15	Repülő út (bolygatatlan zöldterület)	1	5
		2	28			2	23
		3	43			1	15
2	Gazdagréti lakótelep (park)	1	15	16	M1-es autópálya melletti terület	2	25
		2	25			1	13
3	Gazdagréti lakótelep (park)	1	15	17	Kőérberki dűlő (felhagyott parcella)	2	31
		2	25			3	45
		3	42			1	13
4	Balogh Tihamér lejtő (út melletti zöldterület)	4	72	18	Pereszke utca (Kamaraerdőbe vezető út)	2	52
		1	15			1	8
		2	24	19	Vadászhegyi út (Kamaraerdő melletti út)	2	20
		3	37			1	28
5	Függetlenségi Park	4	55	20	Kőérberki utca (felhagyott parcella)	2	43
		5	75			1	10
		1	20			2	60
6	Fraknó utca (zöldterület)	2	45	22	Ugron Gábor utca (park)	1	10
		1	15			2	32
7	Tétényi út (zöldterület)	2	35			3	65
		1	23	23	Építész utca (zöldterület)	1	19
8	Fehérvári út (zöldterület)	1	18			2	40
		2	38	24	Fibula utca (Duna gátoldala)	1	38
		3	74			2	50
		4	90			3	63
9	Albert utca (zöldterület)	1	11	25	Bikás park	1	23
		2	27			2	54
10	Rendőrt utca (töltés melletti zöldterület)	1	28	26	Hengermalom utca (ipari terület előtti zöld sáv)	1	22
11	Őrmezei út (felhagyott gyümölcsös)	1	20	27	Egyetemisták parkja	1	11
		2	30			2	29
		3	53			3	46
		4	85			4	69
12	Létra utca (patak melletti sáv)	1	30			5	84
		2	35	28	ELTE TTK Déli tömb melletti zöldterület	1	12
13	Poprádi út (patak melletti terület)	1	20			2	25
		2	42			3	31
		3	72			4	56
		4	87				
		5	102				
14	Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó)	1	36				
		2	58				
		3	95				

3.2. Röntgenfluoreszcens spektrometria (XRF)

A röntgenfluoreszcens spektrometria a karakterisztikus röntgensugárzás detektálásán alapszik. Számos fajtája létezik azonban mindegyik elvi alapja azonos. A folyamat során az eljárásnak megfelelő minta előkészítés után a mintát gerjesztjük. A minta gerjesztésére felhasználható megfelelő radioaktív izotóp, sugárforrás. A mintából megfelelő gerjesztés esetén karakterisztikus röntgensugárzás lép ki mely, jellemző az adott átmenetre. A mért értékek alapján beazonosítható az adott elem, ugyanis az adott elemre jellemzőek az átmenetek

össessége. Tehát egy gerjesztett elem a spektrumon több csúcsot indukál, melyek energiája megfelel az adott atomban végbemenő átmeneteknek. (http://nukleariskepalkotas.atomki.hu/documents/Rontgen_fluoreszcencia_analisis.pdf)

3.2.1. Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométer (WDXRF)

Kutatásaim során az ELTE TTK Ásványtani tanszékén található Siemens gyártmányú SRS3300-as típusú műszer került alkalmazásra, mint számomra hozzáférhető legkorszerűbb technológia. Jelen esetben a kapott eredmények fél-kvantitatívak, mivel standard nélküli mérések történtek. A mérések vákuum alatt Rh katóddal szerelt röntgensóvel, 4 mA-es áramerősség és 60 keV-os gyorsító feszültség mellett készültek. A mérések kalibrált műszerrel, SpectraPlus vezérlőprogrammal történtek.

3.3. Röntgen pordiffraktometria (XRD)

A röntgen diffrakció során egy megfelelően előkészített mintát röntgensugarakkal világítjuk meg (ahol a rácssíkokon erősítő interferencia valósul meg), melyről a visszavert intenzitást detektáljuk oly módon, hogy a beesési szöget változtatjuk. Az eljárás elvét és matematikai leírását William Henry Bragg és William Lawrence Bragg alkotta meg. (BRAGG – BRAGG, 1913)

Bragg egyenlet: $n\lambda = 2d \sin \theta$, ahol λ a hullámhossz, d rács síkok közötti távolság, θ pedig a sugár beesési és visszaverődési szöge. (BRAGG – BRAGG, 1913)

3.3.1. Diffraktométer

Kutatásaim során az ELTE TTK Ásványtani tanszékén található Siemens D5000 diffraktométer került alkalmazásra, a kijelölt minták ásványtani összetételének meghatározására. A felvételek 20 kV gyorsító feszültség, 5 mA csőáram, $2-65^\circ$ 2θ szögtartomány, $0,05^\circ$ lépésköz, lépésközönkénti 2 s-os detektálási idő mellett készültek el. A műszer kimutatási határa 5%-ra tehető, emiatt csak olyan ásványfázisok mutathatók ki, amelyeket legalább 5 térfogatszázalékban tartalmaz a minta.

3.4. Pásztázó elektromikroszkópia- elektronsugaras mikroanalízis

Max Knoll 1935.-ben megalkotta az első pásztázó elektromikroszkópot (SEM). Mára az egész világon elterjedt eszköz. Pásztázó elektromikroszkópia alapvetően fókuszált elektronnyalábbal hozza létre a képet, mely során pontról pontra alkotja meg azt. Általánosságban elmondható, hogy a legtöbb ilyen berendezésben a nyaláb energiája szabályozható, legtöbb esetben a maximum 30keV. Az elektronnyaláb anyag kölcsönhatás során számos jelenség alakul ki. A SEM esetén képalkotásra legtöbb esetben az elektronnyaláb anyag kölcsönhatására kilépő szekunder elektronokat alkalmaznak. A szekunder elektronok segítségével első sorban a vizsgált anyag felületéről kapunk információt. Az anyag elektronnyaláb kölcsönhatás hatására keletkező röntgen fotonokat elemanalitikai vizsgálatoknál kerül alkalmazásra, ugyanis a távozó röntgen foton energiája jellemző az elektronnyalábbal kölcsönható atommagra, ez a jelenség az alapja az elektronsugaras mikro analízisnek (EDX-nek). (POZSGAI, 1995)

3.4.1. Energiadiszerzív analitikai pásztázó elektromikroszkóp (SEM-EDX)

Az ELTE TTK FFI Mikroszonda Laboratóriumában található Amray-1830i energia diszerzív analitikai pásztázó elektronmikroszkóppal, 20 kV gyorsító feszültség és 1 nA-es mintaáram mellett történt a felvételek előalítása.

4. Minta előkészítés

4.1. Bórsavas minta előkészítés XRF méréshez

A minta előkészítése során minden esetben levegőn szárított desztillált vízzel tisztított eszközöket alkalmaztam, s minden egyes minta előkészítését azonos eszközökkel és eljárási renddel végeztem ezzel biztosítva, hogy a kapott eredmények egymással összehasonlíthatóak legyenek.

A mintavételezés során 28 pontból vett szelvényekből, 75 elkülönített minta született melyeken a vizsgálataimat végeztem. A minta előkészítés során legfontosabb szempontok közé tartozott, hogy a minták és abból vett részminták szennyeződését elkerüljem, illetve, hogy a vett részminták reprezentálják az eredeti sokaságot.

A kiindulási állapotban minden egyes minta légszáraz volt. A minta előkészítés megkezdéséig nátronpapírban, illetve polietilén zacskóban szobahőmérsékleten tároltam, így

azok elemi összetétele felhasználásig nem változott meg. Mivel talaj anyaga nem homogén és eltérő szemcseméretű ezért minden esetben homogenizáltam a mintát rész minta vétele előtt. Átlagosan 7-10 gramm tömegű rész mintavétel történt, mely mennyiség megválasztásánál számos szempontot szem előtt tartottam. A kapott 7-10 grammos mennyiség nagyobb valószínűséggel reprezentálja az eredeti sokaságot, mint az eljáráshoz szükséges négygrammos mennyiség ezzel csökkentve a már homogenizált minta esetleges véletlen hibából adódó inhomogenitását. A négy grammos rész minta alkalmas két vizsgálati korong, pasztilla előállítására ez által az esetleges későbbi szennyeződések indokolt esetben kimérhetők, továbbá a 7-10 grammos tömeg emberi léptékkel kezelhető a porítás során.

A porítás feladata a szemcseméret csökkentése 63 mikrométer alá. A kívánt cél eléréséhez achát mozsarat használtam. Az achát mozsár előnye a viszonylag magas keménysége (Mohs skálán 7-es), továbbá hogy alkalmazása esetén csupán kis mennyiségben adhat szilícium-dioxidot a mintához.

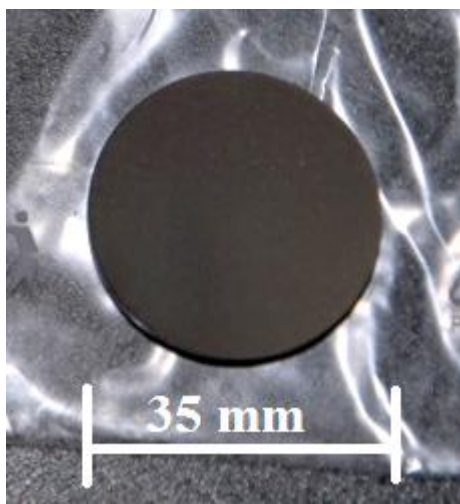
A porítás során időszakosan 63 mikrométeres szita segítségével kerültek elválasztásra a megfelelő méretű frakciók. A porítás során az kisebb keménységű frakciók előbb érték el a szükséges tartományt, időszakos elválasztásuk segítette a porítás menetét, a porítás minden esetben a teljes rész minta átszitálásáig tartott. A már leporított rész mintákat felhasználásig megfelelő jól látható jelöléssel ellátott légmentesen zárható polietilén zacskóban helyeztem el, a talajtani kutatásokban bevett tárolási gyakorlatnak megfelelően. (ÓVÁRI *et al.*, 2012)

A következő fázis első lépéseként a porított mintát újra átkevertem és homogenizáltam a szükséges 4 gramm kimérése előtt ezzel biztosítva, hogy a zacskóban való tárolás szárítás során kialakuló esetleges inhomogenitások megszűnjenek. A homogenizálás után a 4 gramm kimérését labormérleg segítségével végeztem, melynek hibája a második tizedes jegyben található. A kimért porított rész mintát a mérlegelés után achát mozsárba helyeztem. Kimértem 1 gramm analitikai tisztaságú bórsavat, melyet a talajmintát tartalmazó achát mozsárba öntöttem. A bórsav hozzáadását az indokolja, hogy növeli a kész pasztilla keménységét formatartó képességét ezzel biztosítva, hogy mérés során a kész pasztilla nem szennyezi el a mérőkamrát. A két összetevő homogenizálásához analitikai tisztaságú acetont alkalmaztam melynek előnye, hogy megkönnyíti a homogenizálást és gyors párolgása miatt rövid száradási idővel kell számolnunk. Az aceton hozzáadása tetszőleges mértékű volt, mivel nem változtatja meg a leendő pasztilla elemi összetételét. Homogenizálás minden esetben több percig

kevergetéssel zajlott ezzel biztosítva, hogy az aceton elpárolgása után visszamaradt keverék megfelelően homogén legyen jó minőségű pasztilla készítéséhez. A kapott keveréket óraüvegre helyeztem el, melyet egy kisebb méretű jól feliratozott óraüveg ráfordításával védtem az esetleges szennyezésektől.

A keveréket egy erre a célra kialakított présszerszám segítségével összeprésszeltem melynek eredményeként 35 mm átmérőjű és ~3.5 mm vastagságú korong úgynevezett pasztilla lett.

(3. ábra)



3. ábra: Pasztilla

4.2. Minta előkészítés XRD méréshez

A minta előkészítés során a kiválasztott eredeti mintából homogenizálás után 1 grammos részmintát képeztem. A részmintát achát mozsár segítségével megfelelő finomságú (~10 mikrométer) porrá porítottam. Az így kapott porított anyagot előre előkészített papírtasakban helyeztem el.

4.3. Minta előkészítés SEM-EDX méréshez

A minta előkészítés során kétkomponensű műgyantát alkalmaztam, melyet tárgylemezre (megfelelő méretű üveglapra) egyenletesen felvittem. A mintából megfelelő mennyiségű anyagot szórtam ügyelve arra, hogy minden szemcsefrakcióból rákerüljön a bevont tárgylemezre. A műgyanta száradása után felpolíroztam, ezzel megfelelő felületet előállítva a vizsgálathoz.

5. Eredmények és eredmények értelmezése

5.1. Hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométer adatai és értelmezése

A mérések sztenderd alkalmazása nélkül történtek kalibrált műszeren. A kapott eredményeket táblázatos formában az **2. számú melléklet** tartalmazza oxidos alakban. Az eredmények kiértékelésekor a tévesen, műszer szerkezetéből származó azonosított elemek a táblázatos formából eltávolításra kerültek és ezt követően történt az adatok normálása.

Amint az **2. számú melléklet**ben látható, hogy 14 mintavételi pontban került kimutatásra toxikus fémtartalom, 21 darab talajmintában. Toxikus fémek közül réz (Cu); króm (Cr) és cink (Zn) kimutatása történt. A toxikus fémet tartalmazó minták adatait és spektrumait a **3. számú melléklet** tartalmazza.

5.1.1. Toxikus eleme(ke)t tartalmazó szelvények elemzése.

A **4. melléklet**ben található táblázat tartalmazza azon mintavételi pontok standard nélküli toxikus fémtartalomra vonatkozó adatait, mely valamely talajszintjében kimutatásra került toxikus fémtartalom. A 2.5. fejezetben bemutatott jogszabályi háttér alapján a mérések félkvantitatív jellegéből adódóan elemenként két kategória került elkülönítésre, melyek külön színkóddal láthatóak. A kategorizálással egy bizonyos toxikus fémtartalomra két kategória került meghatározásra: Határérték közeli vagy a feletti; határérték alatt vagy ahhoz közel.

5.2 Röntgen por-diffraktometria eredményei és elemzése

A vizsgálatok azzal a céllal készültek kísérleti jelleggel, hogy a toxikus fémtartalom ásványtani környezetét meghatározza. A vizsgálati eredmények alapján három minta került kiválasztásra. Kiválasztásnál szempont volt, hogy a legfelső talajszintből származzon a minta, mivel a lakosság ezzel a talajszinttel érintkezik elsősorban. A kimutatott toxikus fémek közül a króm (Cr) került kiválasztásra. Tekintettel arra, hogy a krómtartalomra két szennyezettségi határérték áll fent, vegyértékállapottól függően.

A fenti kiválasztási elvek alapján 14. mintavételi pont, 1. talajszintjéből származó minta, 20. mintavételi pont 1. talajszintből származó minta és a 21. mintavételi pont 1. talajszintjéből származó minta került kiválasztásra.

5.2.1. 14. Mintavételi pont, Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó) Hrsz.: 326/3 1 talajszint

A kiértékelt diffraktogramot a **5. számú melléklet** tartalmazza. Mint látható a minta a diffraktogram alapján az alábbi ásványokat tartalmazza:

- kvarc
- kalcit
- dolomit
- földpát
- muszkovit
- szmektit csoport

A jelen beállításokkal az 5 V\% -os kimutatási határból kifolyólag nem határozható meg króm tartalmú ásvány jelenléte az alacsony krómtartalom miatt. Fontos azonban, hogy ez nem zárja ki a króm mint ásványalkotó jelenlétét. A szemktit csoport tagjai jelen diffraktogram alapján nem különíthetők el, azok igen alacsony, kimutatási határhoz közeli koncentrációja miatt (~5-8 V\%).

5.2.2. 20. Mintavételi pont, Kőérberki utca (felhagyott parcella), Hrsz.:130/6, 1. talajszint

A kiértékelt diffraktogramot a **5. számú melléklet** tartalmazza. Mint látható a minta a diffraktogram alapján az alábbi ásványokat tartalmazza:

- kvarc
- kalcit
- dolomit
- földpát
- muszkovit
- szmektit csoport

A jelen beállításokkal az 5 V\% -os kimutatási határból kifolyólag nem határozható meg króm tartalmú ásvány jelenléte az alacsony krómtartalom miatt. Fontos azonban, hogy ez nem zárja ki a króm mint ásványalkotó jelenlétét. A szemktit csoport tagjai jelen diffraktogram alapján nem különíthetők el, azok igen alacsony, kimutatási határhoz közeli koncentrációja miatt (~5-8 V\%).

5.2.3. 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), Hrsz.: 2638/2,

1. talajszint

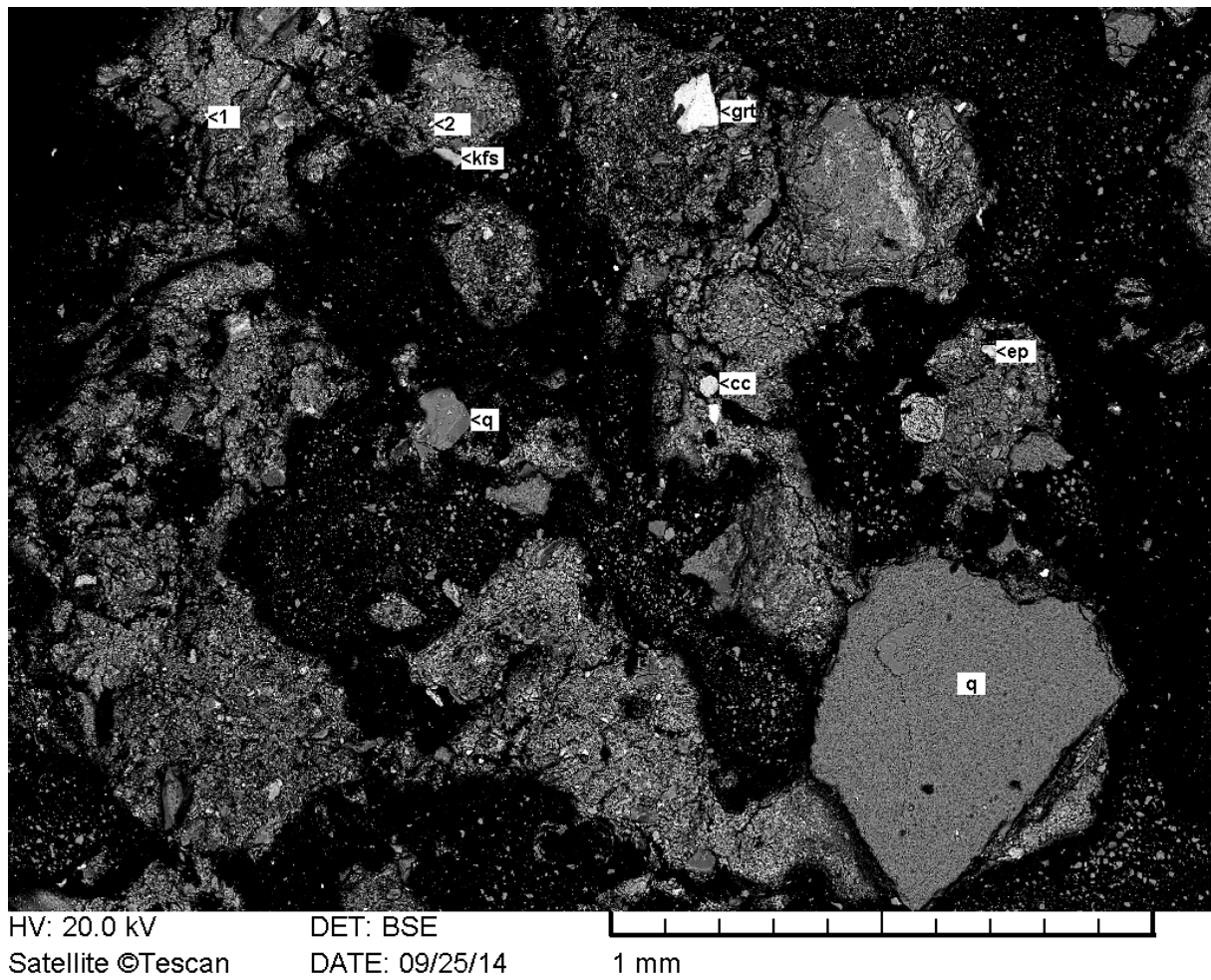
A kiértékelt diffraktogramot a **5. számú melléklet** tartalmazza. Mint látható a minta a diffraktogram alapján az alábbi ásványokat tartalmazza:

- kvarc
- kalcit
- földpát
- muszkovit
- szemkitt csoport

A jelen beállításokkal az 5 V\% -os kimutatási határból kifolyólag nem határozható meg króm tartalmú ásvány jelenléte az alacsony krómtartalom miatt. Fontos azonban, hogy ez nem zárja ki a króm mint ásványalkotó jelenlétét. A szemkitt csoport tagjai jelen diffraktogram alapján nem különíthetők el, azok igen alacsony, kimutatási határhoz közeli koncentrációja miatt (~5-8 V\%).

5.3. Energiadisziperzív pásztázó elektromikroszkópia eredményei

A vizsgálat célja a króm tartalom lehatárolása, s megjelenési formájának meghatározása. Vizsgálat során a Dayka Gábor utca első talajszintjéből vett mintából készült két előkészített részminta vizsgálata történt. A választás oka a feltalaj minták közül ebben a mintában található a legmagasabb króm koncentráció. A minta előkészítés a 4.3. fejezetben bemutatott módon történt.



4. ábra: SEM-EDX felvétel

A **4. ábrán** látható:

q= kvarc

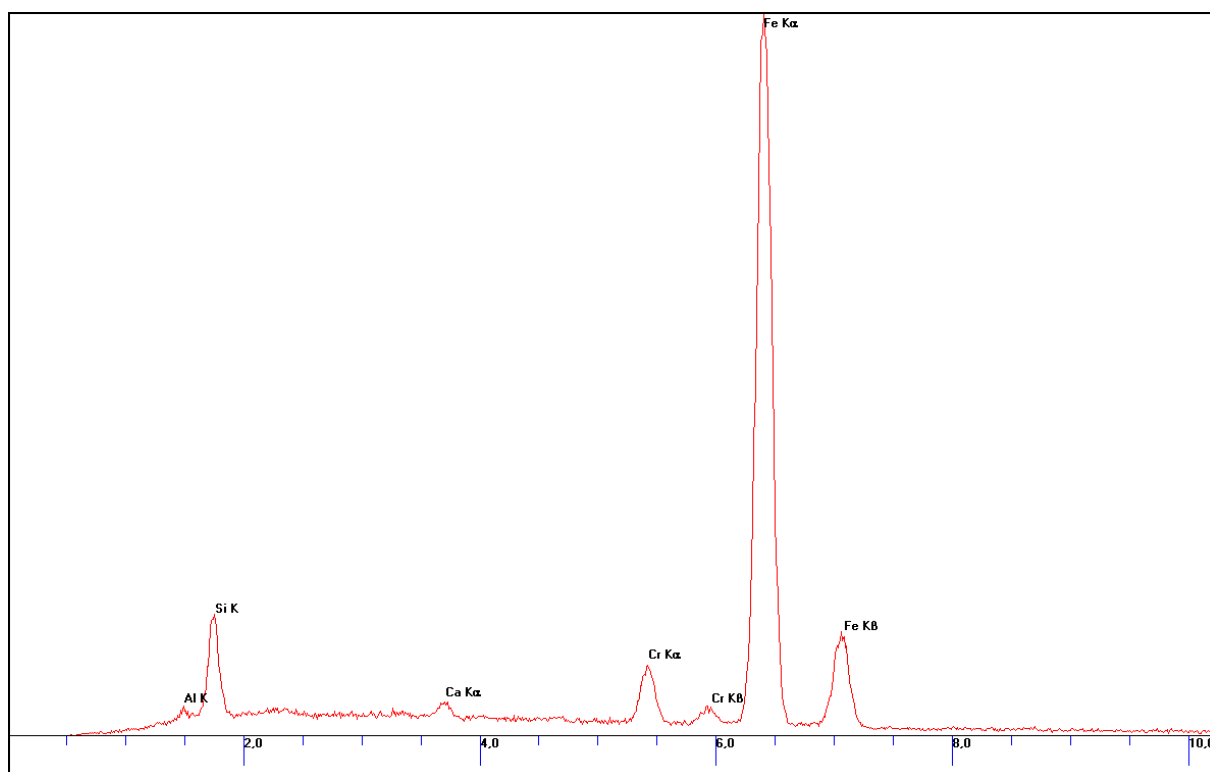
cc= kalcium karbonát

ep= epidot

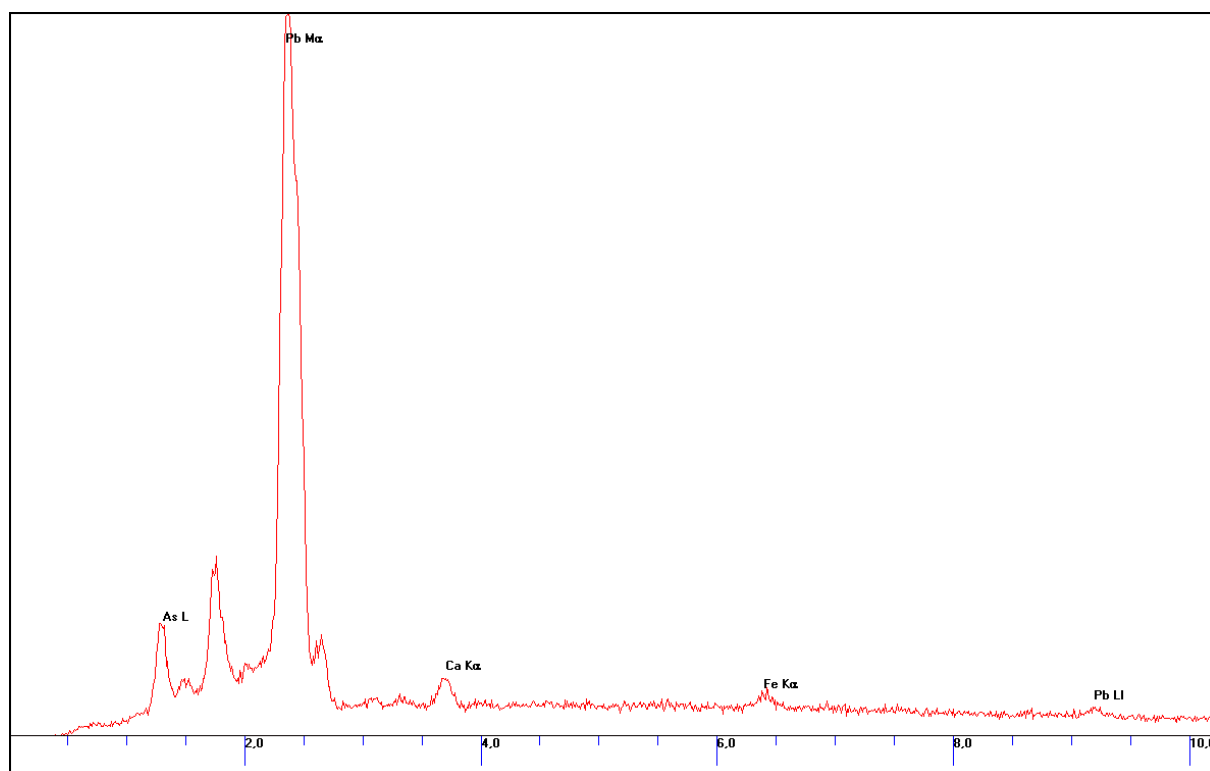
grt= gránát

kfs= káliföldpát

Az 1-es és 2-es pontban azonban a szemcsék elhelyezkedése miatt nem volt tisztán mérhető.



5. ábra: 1.-es pont spektruma



6. ábra: 2.-es pont spektruma

Az 1.-es számú pontban krómot, vasat, szilíciumot, alumíniumot és kalciumot (**5. ábra**), a 2.-es számú pontban arzént, ólmot, vasat és kalcium (**6. ábra**) kimutatása történt. Számos további pont vizsgálata ellenére krómot nem sikerült kimutatni, melynek számos oka lehet. A teljesség igénye nélkül: a minta előkészítés során a minta előkészítésből fakadóan eltávolításra került; a megtalált vas ásvány tartalmaz nyomnyi mennyiségű krómot. A króm mellett megjelenő vas, egyik lehetséges oka a 2.3.-as fejezetben bemutatott folyamat. Továbbá a Fe-Cr szemcse jelenlétét okozhatja valamely ötvözetből készült eszköz kopásából származó por, magyarázatot adhat arra miért található magasabb koncentrációban a króm az 1. talajszinten a 2. talajszinthez képest.

6. Konklúzió, ajánlás

A 2.4.-es fejezetben bemutatott példákban látható, hogy igen széles azon toxikus fémek sora melyeket vizsgálnak. Számos toxikus fém kis koncentrációban van jelen a környezetünkben. A kadmium esetén (Cd) szennyezettségi határértéke is csupán 1 [mg/kg]. A mérések során ezen toxikus fémek határértéket meghaladó mennyisége nem kizárható, mivel a vizsgálati módszer jelen beállításai nem teszi lehetővé az 1 [mg/kg] környéki kimutatást.

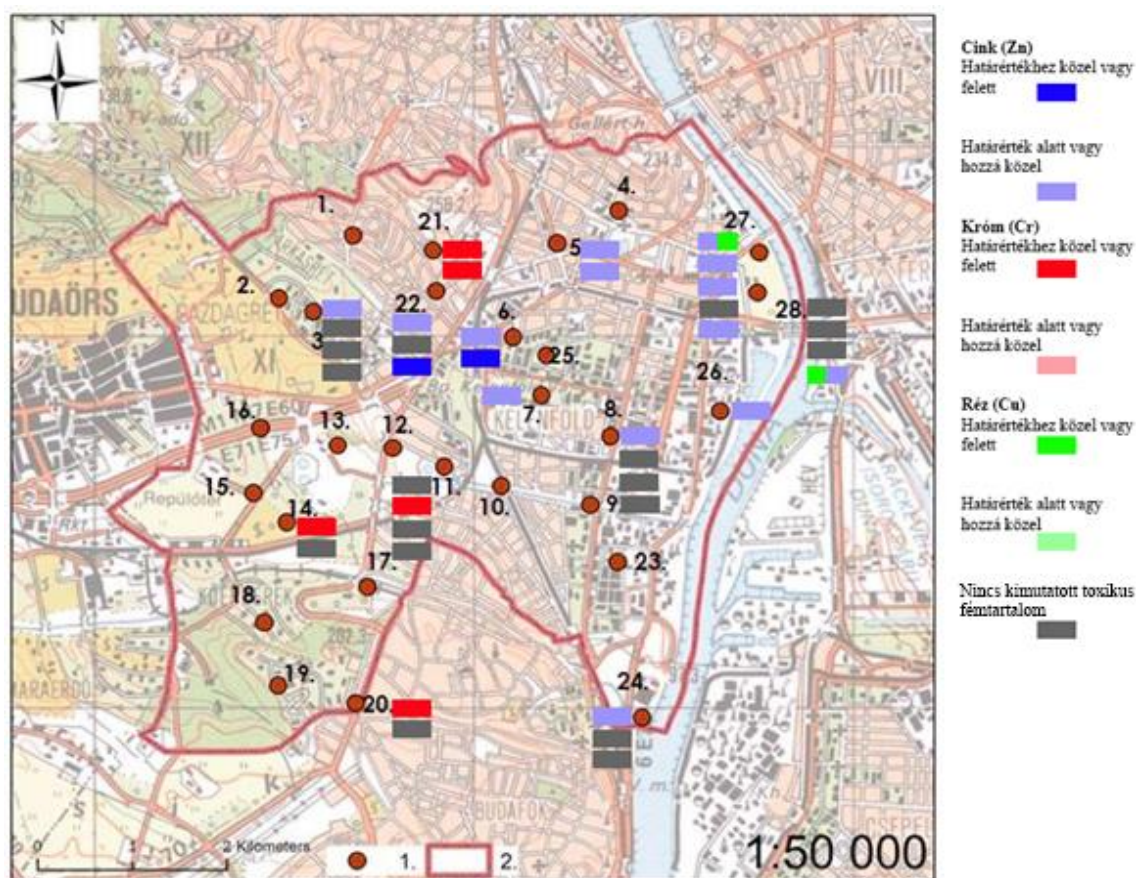
A hullámhossz diszperzív röntgenfluoreszcens spektrométerrel történt standard nélküli mérések alapján elmondható, hogy a vizsgált 28 mintavételi pont közül, 14 mintavételi pontban azonosítottam kimutatási határ feletti toxikus fémtartalmat. 8 mintavételi pont szelvénye tartalmazott olyan talajszintet melyben valamely toxikus fém koncentrációja közelíti vagy meghaladta a 2.5-ös fejezetben bemutatott szennyezettségi határértékeket.

A **4. melléklet** alapján a kimutatott króm tartalom minden esetben szennyezettségi határértékhez közeli vagy a feletti koncentrációban van jelen négy mintavételi pontban, s minden esetben a felső 1-es és 2-es talajszintben található. A 11. Mintavételi pontot (Örmezei út (felhagyott gyümölcsös) Hrsz.: 739/1) kivételével a legfelső 1-es talajszintben található a krómkoncentráció maximuma mely lefelé haladva vagy nem kimutatható vagy csökkenő koncentrációt mutat. Az így kialakult kép megfelel egy felszín irányából érkező esetleges szennyezésnek. A Dayka Gábor utcai mintán történt SEM-EDX vizsgálat eredményei alapján tekintettel arra, hogy a mintavételi pont az út melletti zöld területen található (TÓTH, 2013) a Fe-Cr tartalmú szemcse közlekedésből eredő szennyezésre enged következtetni.

A **4. melléklet** alapján kimutatott réz tartalom két mintavételi pontban került kimutatásra. Mindkét esetben szennyezettségi határértékhez közeli vagy a feletti koncentrációban van jelen. A két talajszint melyben a kimutatott rézkoncentráció jelen van, mélység tekintetében teljesen eltérő, mélység alapján párhuzam vonása nem lehetséges. Térben azonban a két mintavételi pont egymáshoz közel található. Így közös eredet sem zárható ki, megállapításához további vizsgálatok szükségesek.

Cink tartalom tíz mintavételi pontban került kimutatásra (**4. melléklet**) két talajszint esetében mutatható ki szennyezettségi határértékhez közeli vagy a feletti koncentráció. 6. mintavételi pontban 15-35 cm között, a 22. mintavételi pontban 32-65 cm között. Tizennégy talajszint esetén a cink koncentrációja szennyezettségi határérték alatti vagy hozzá közeli. Kilenc mintavételi pontban a cink koncentrációja már a legfelső talajszintben megjelenik, mely utalhat egy korábban felszínről indult szennyezésre, azonban jelen vizsgálatok alapján ez nem bizonyítható. A cinktartalom eredetének feltérképezéséhez további vizsgálatok szükségesek.

A toxikus fémek tartalmazó rétegsorok, mintavételi pontok térképi elhelyezkedése a **7. ábrán** látható.



7. ábra: Térkép a mintavételi pontokról, a toxikus fémeket tartalmazó mintavételi pontok rétegsoraival (TÓTH, 2013, módosította: Karlik Máté)

Feltétlenül javaslom a mérések megismétlését standard alkalmazásával, és a kapott eredmények fényében a kerületben mért értékek összehasonlíthatóvá válnak a 2.4. fejezetben bemutatott példák eredményeivel. További vizsgálatokat javaslok XRD és SEM-EDX módszerével, a kapott eredmények és a korábbi talajtani vizsgálatok tükrében vizsgálhatóvá válik az egyes szelvényekben a toxikus fémek felhalmozódásának okai. A terület pontos történetének felderítése is fontos ugyanis számos helyről és időpontban történt feltöltés a területen.

Javaslom továbbá az 5.; 11.; 14.; 20.; 21.; 22.; 27.; 28.; mintavételi pont újramintázását ellenőrzés céljából, külön tekintettel arra, hogy a jelen kutatás alapjául szolgáló szakdolgozat mely során a vizsgált minták megvétele történt a 11. kerületi önkormányzat együttműködésével valósult meg és a kapott eredmények alapján további önkormányzat hatáskörébe tartozó tevékenységeket vonhat maga után.

7. Irodalomjegyzék

Alloway, B.J. (1995): Heavy metals in soils - Blackie Academic and Professional, London, p. 368.

Andrejcsik Linda, Bakos Norbert, Bocz János, Deák Tiborné, Freid Mónika, Hidas Zsuzsanna, Herzog Tamás, Jávorszkyné Nagy Anikó, Kelemen Nóra, Kovács Benedek, Kovács Krisztián, Majoros Marcella, Molnár Beatrix, Nagyné Pakula Urszula, Dr. Oparin-Salamon Melinda, Zeisler Judit 2014: Magyarország, 2013 – Központi statisztikai hivatal, Budapest p.18

Bockheim, J. G. 1974: Nature and properties of highly disturbed urban soils, Philadelphia, Pennsylvania. Paper presented before Division S-5, Soil genesis, morphology and classification.- Annual meeting of the Soil Science Society of America, Chicago.

Bragg, W. H. – Bragg, W. L. 1913: The Diffraction of Short Electromagnetic Waves by a Crystal,- *Proceedings of the Royal Society, Ser.A, 88, 1913, pp. 428-428.*

Cheng, Hangxin - Li, Min – Zhao, Chuandong – Li, Kuo – Peng, Min – Qin, Aihua – Cheng, Xiaomeng 2014: Overview of trace metals in the urban soil of 31 metropolises in China - Journal of Geochemical Exploration 139 (2014) pp. 31-35

Farkas J. - Hanh I. – Márialigeti K. – Óvári M. – Romsics Cs. – Szabó Cs.- Szalai Z. – Szövényi G. – Tatár E.- Tóth M. – Török J. K. 2012: Környezeti mintavételezés Typotex Kiadó, Budapest 24p

Horváth Amanda - Bozsai Gábor - Szabados Mária - Károlyi Erzsébet - Szabó Mária 1980: A talaj toxikus fém-szennyezettségének vizsgálata ólomkohó környezetében - Magyar kémikusok lapja, ISSN 0025-0163, 1980. (35. évf.) 3. sz. 135-140. old.

Molnár S. 2013: A városi talajok hatása a közösségi kertekre – Agrokémia és talajtan 62.sz. pp. 427-434

Pozsgai Imre 1995: Elektronmikroszkópia és az elektronsugaras mikro analízis alapjai. ELTE Eötvös kiadó, Budapest

Stefanovits P. – Filep Gy. – Fülekgy Gy. 1990: talajtan. – Mezőgazda Kiadó, Budapest. 470 p.

Szabó György 2000: Talajok és növények toxikus fémtartalmának vizsgálata egy bükkaljai mintaterületen – ISSN:0209-4835, Studia Geographica, Debrecen

Szalai Z.- Jakab G. 2012: Bevezetés a talajtanba környezettanoknak. – Typotex Kiadó, Budapest

Szegedi Sándor 1999: Debrecen toxikus fém-szennyezettsége- Magyar Tudomány- A Magyar Tudományos Akadémia lapja 1999. október.

Tóth Tamara 2013: Antropogén talajok vizsgálata Budapest XI. kerületében – A természetes talajoktól eltérő diagnosztikai tulajdonságok felmérése és a vizsgált talajok besorolása a WRB(2006) talajosztályozási rendszerbe diplomamunka- Eötvös Loránd Tudományegyetem, Budapest

Internetes források:

http://nukleariskepalkotas.atomki.hu/documents/Rontgen_fluoreszcencia_analizis.pdf
(2014.11.20)

www.budapestinfo.eu (2014.11.20)

www.complex.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A0900006.KVV (2014.11.20)

www.kozossegekertek.hu (2014.11.20)

8. Mellékletek

1. Számú melléklet - *Kínai városok feltalajának (0-20 cm) toxikus fém szennyezettségi értékei (részlet) (CHENG et al., 2014) (módosította: Karlik Máté)*

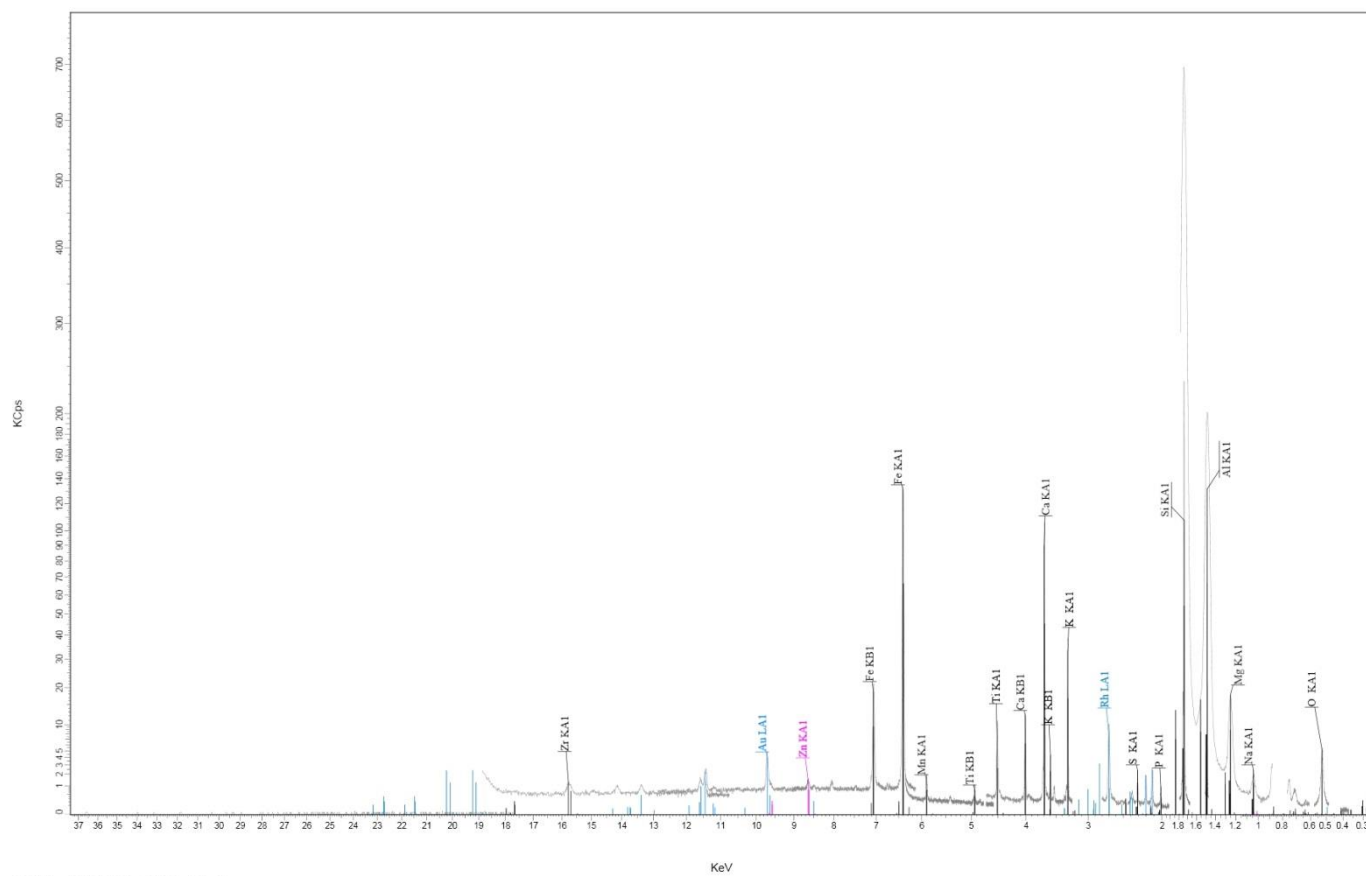
Letölthető: <http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/>

2. Számú melléklet - *Talajminták összesített oxidos összetétele táblázatos formában.*

Letölthető: <http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/>

3. Számú melléklet – *Toxikus fémet tartalmazó spektrumok és adatsoraik (a spektrumok magasabb felbontásban elérhetők:*

<http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/> oldalon)



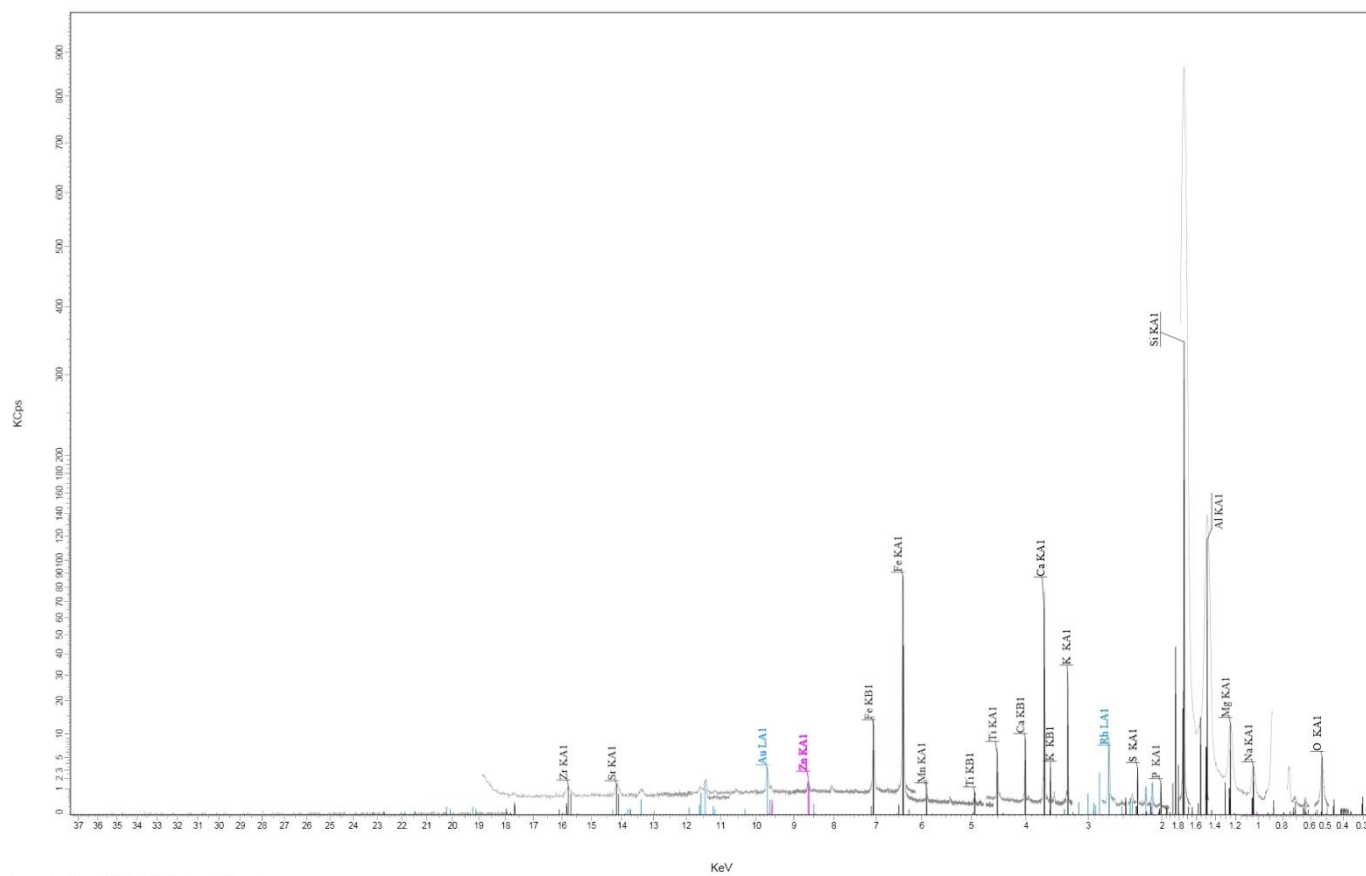
103_13295_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 9:10:01 AM

1. spektrum: 3. Mintavételi pont, Gazdagréti lakótelep (park) 1. talajszint, Hrsz.:1782/24

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

1. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények -3. Mintavételi pont, Gazdagréti lakótelep (park) 1. talajszint, Hrsz.:1782/24

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	57,7	0,22%	172.8 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	19,59	0,35%	187.8 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	9,522	0,33%	63.4 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	5,433	0,29%	54.4 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,841	0,55%	52.9 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,67	0,95%	332.9 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,964	1,06%	75.1 PPM
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,524	3,93%	485.5 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,345	3,27%	137.6 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,308	4,38%	172.2 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0913	2,91%	39.5 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,011	7,63%	22.0 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,004	6,60%	6.6 PPM



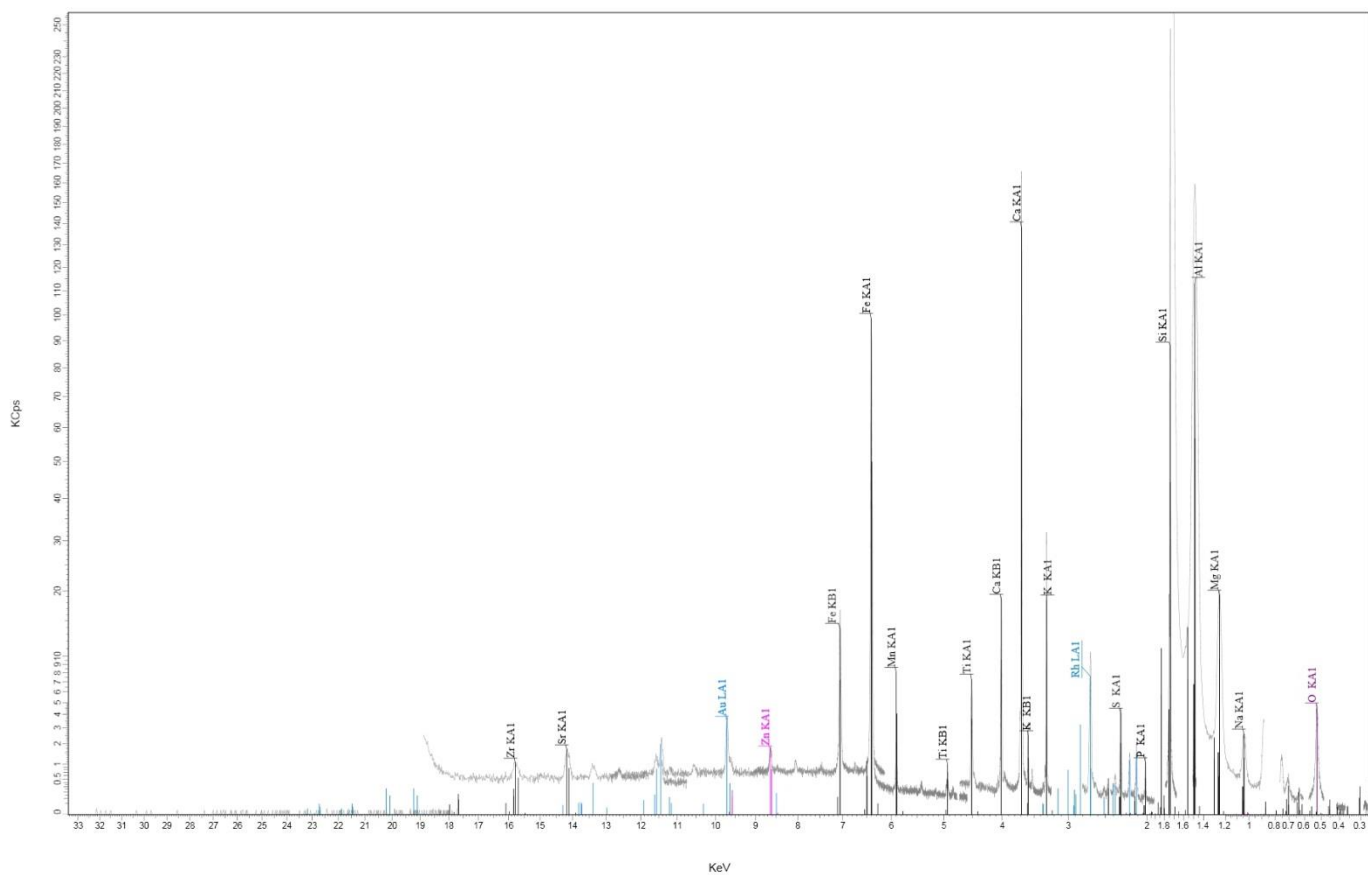
117_13252_Teljes_HS
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 9:22:11 AM

2. Spektrum: 5. Mintavételi pont, Függelenségi Park, 1. talajszint, Hrsz.:4554/1

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

2. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények- 5. Mintavételi pont, Függetlenségi Park, 1. talajszint, Hrsz.:4554/1

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	1,17	2,35%	513.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	1,94	1,14%	316.2 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	13,19	0,42%	172.4 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	68,85	0,20%	178.4 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,554	3,25%	186.4 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,862	2,02%	149.9 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,34	0,62%	53.4 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	7,039	0,39%	63.8 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,572	1,40%	75.6 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0762	3,21%	39.0 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	3,381	0,36%	49.8 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,011	6,82%	19.6 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,004	5,85%	5.6 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,97%	8.9 PPM



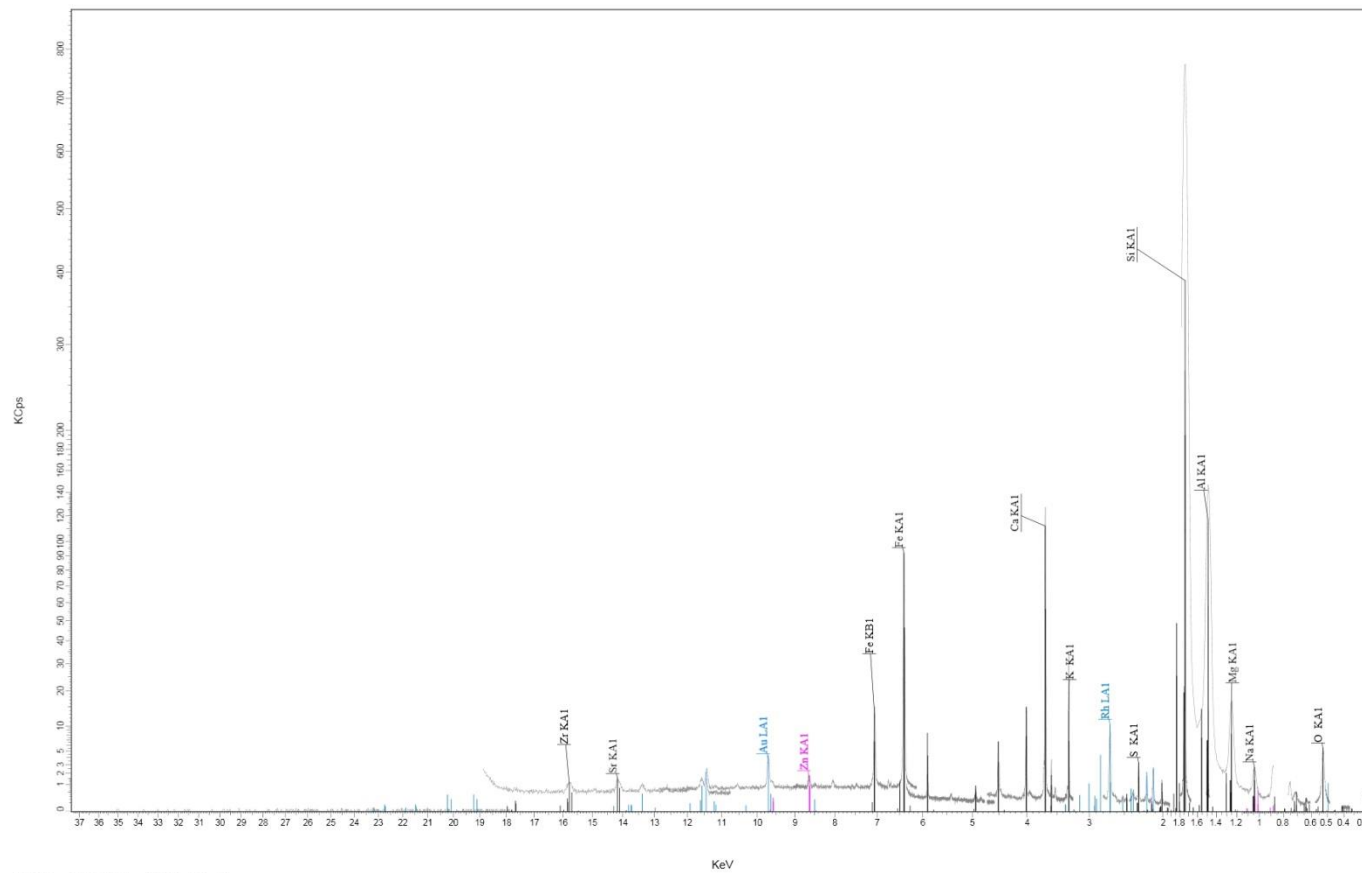
145_13253_TELJES_HS
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 1:54:59 PM

3. Spektrum: 5. Mintavételi pont, Függetlenségi Park, 2. talajszint, Hrsz.:4554/1

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

3. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények- 5. mintavételi pont, Függetlenségi Park, 2. talajszint, Hrsz.:4554/1

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,841	2,83%	511.8 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,12	0,85%	327.3 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	15,21	0,39%	178.7 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	57,33	0,22%	172.5 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,454	3,45%	171.1 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	1,06	1,72%	141.2 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,25	0,61%	49.8 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	14,75	0,26%	68.7 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,662	1,35%	83.0 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0938	2,92%	40.2 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,204	0,33%	54.7 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,0163	5,43%	21.9 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,006	4,67%	6.4 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,96%	10.7 PPM



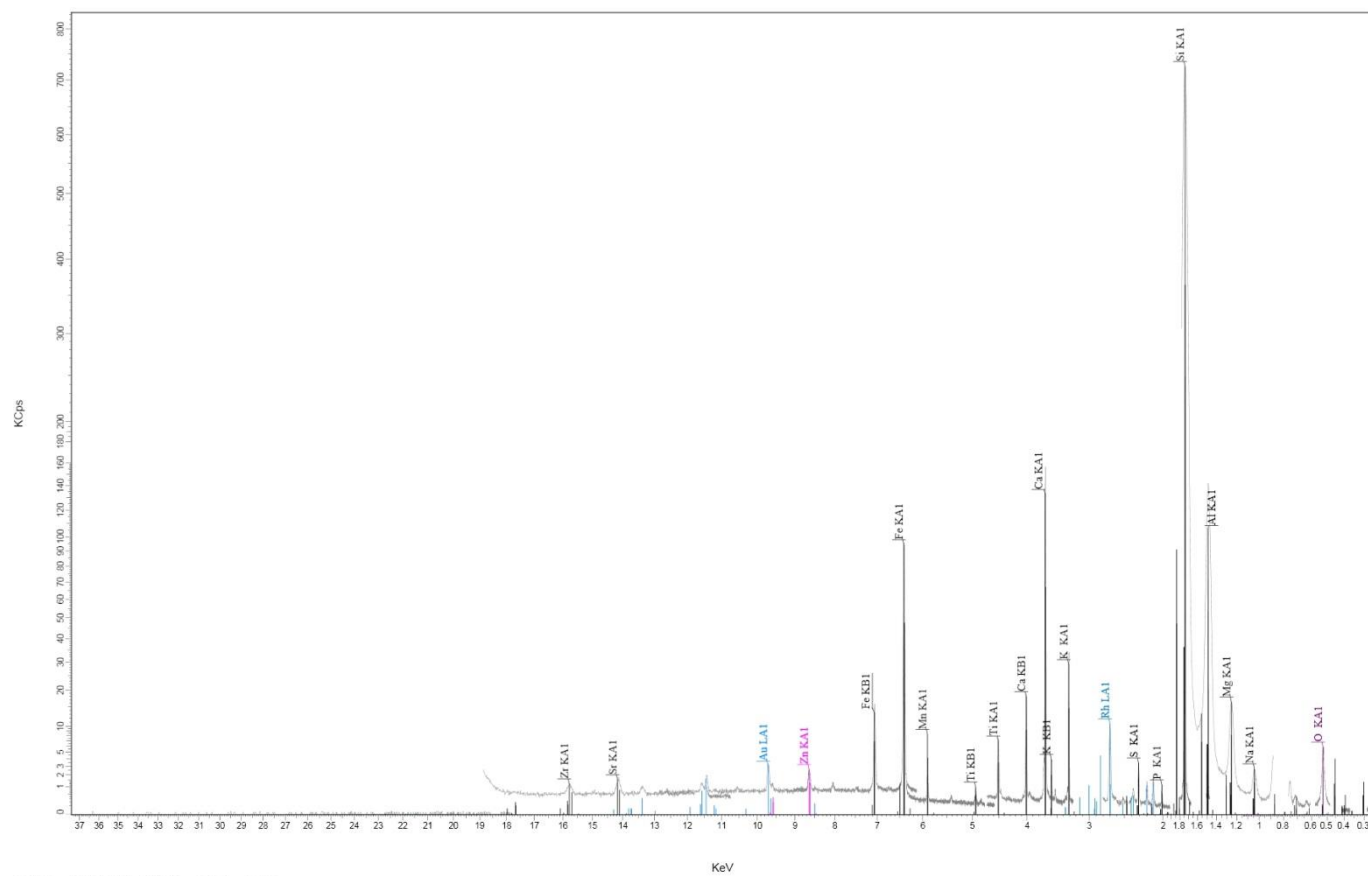
104_13292_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 9:32:05 AM

4. Spektrum: 6. Mintavételi pont, Fraknó utca (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3302/30

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

4. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények- 6. Mintavételi pont, Fraknó utca (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3302/30

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,895	2,71%	484.9 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,69	0,93%	310.9 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	14,03	0,41%	167.1 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	62,25	0,21%	175.4 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,462	3,51%	175.8 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,83	2,01%	138.2 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,54	0,59%	53.8 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	11,75	0,30%	65.5 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,631	1,37%	78.3 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,091	2,97%	40.1 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	3,81	0,35%	55.6 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,0158	5,53%	21.2 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0048	5,51%	6.3 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	6,86%	9.9 PPM



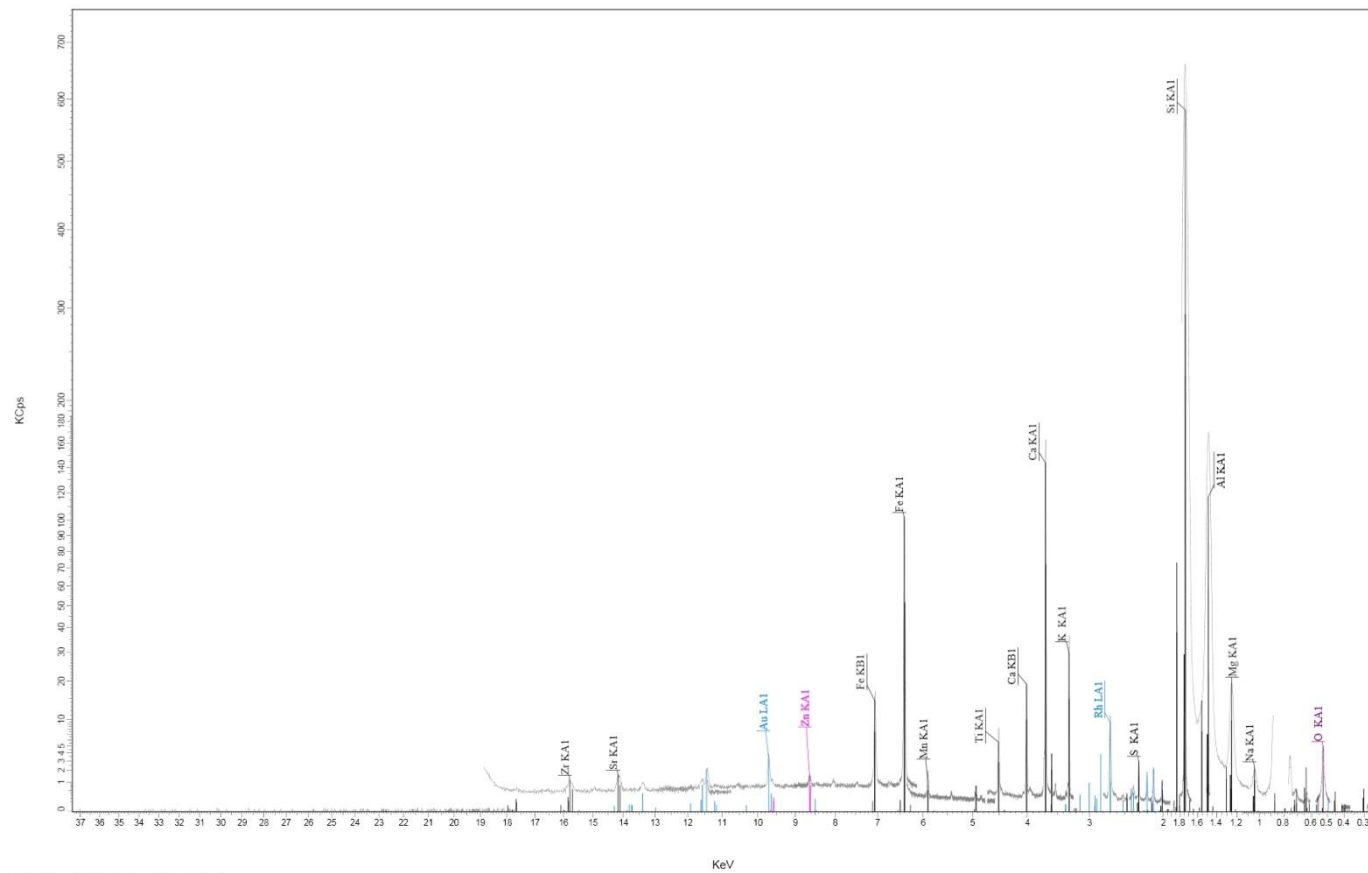
144_13293_TELJES_HS
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:02:16 PM

5. Spektrum: 6. Mintavételi pont, Fraknó utca (zöld terület), 2. talajszint, Hrsz,: 3302/30

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

5. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények- 6. Mintavételi pont, Fraknó utca (zöld terület), 2. talajszint, Hrsz.: 3302/30

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,853	2,84%	538.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,65	0,96%	319.3 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	13,94	0,42%	174.7 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	59,26	0,22%	170.0 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,381	3,92%	177.1 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,811	2,04%	143.9 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,556	0,59%	52.4 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	14,45	0,27%	68.2 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,697	1,34%	83.4 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,103	2,86%	42.4 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,262	0,34%	55.5 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,0317	3,37%	22.2 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0066	4,46%	6.4 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,70%	11.2 PPM



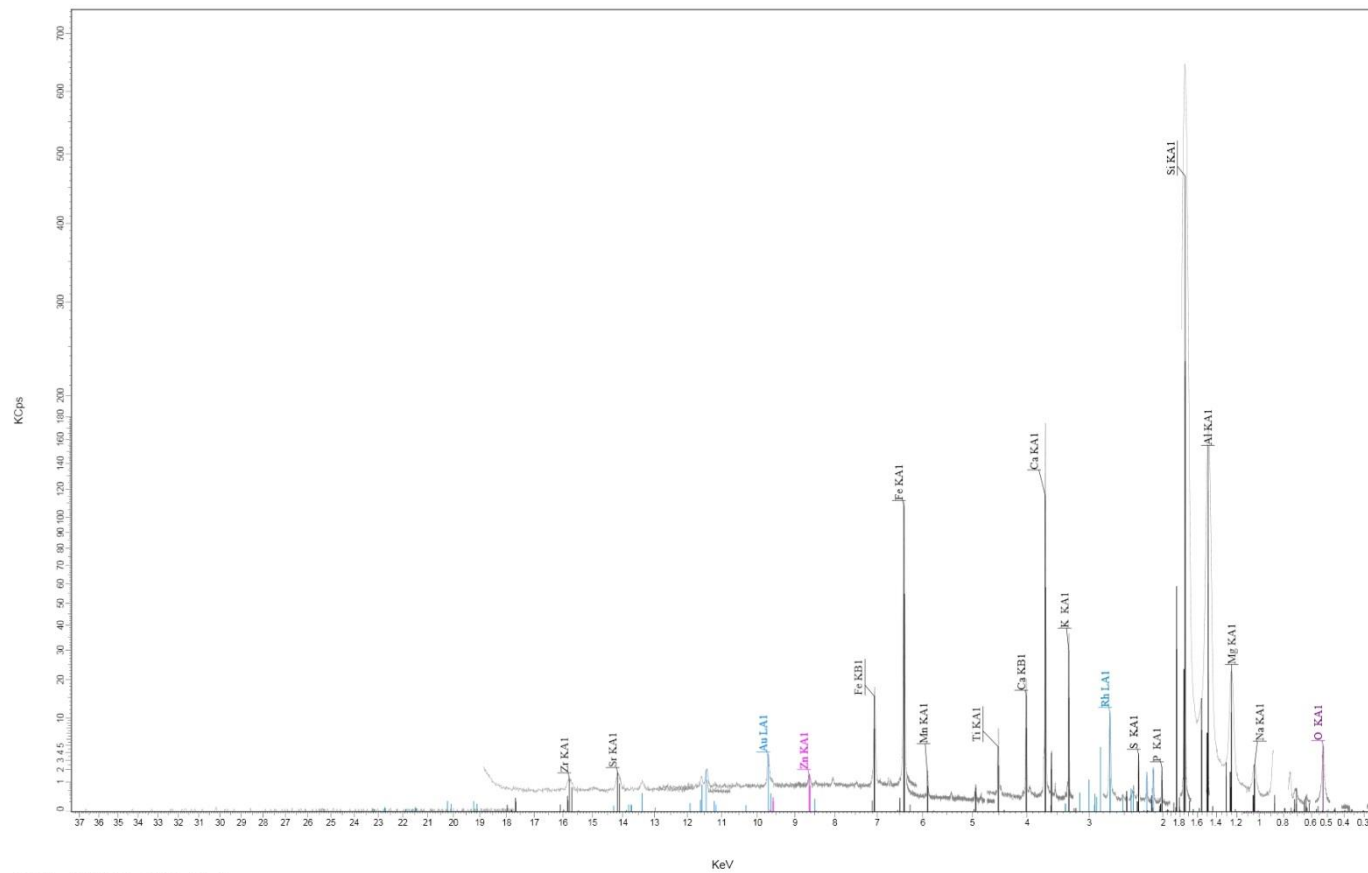
107_13275_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 11:19:38 AM

6. Spektrum: 7. Mintavételi pont, Tétényi út (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3261/19

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

6. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények-7. Mintavételi pont, Tétényi út (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3261/19

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,616	3,67%	523.7 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,12	0,88%	340.5 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	16,8	0,38%	182.7 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	55,03	0,23%	173.2 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,424	3,69%	184.9 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,743	2,13%	144.3 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,631	0,57%	50.5 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	15,14	0,26%	69.0 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,78	1,26%	84.7 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0988	2,95%	43.3 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,591	0,33%	57.3 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,012	7,47%	22.9 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0062	4,74%	6.5 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,20%	10.9 PPM



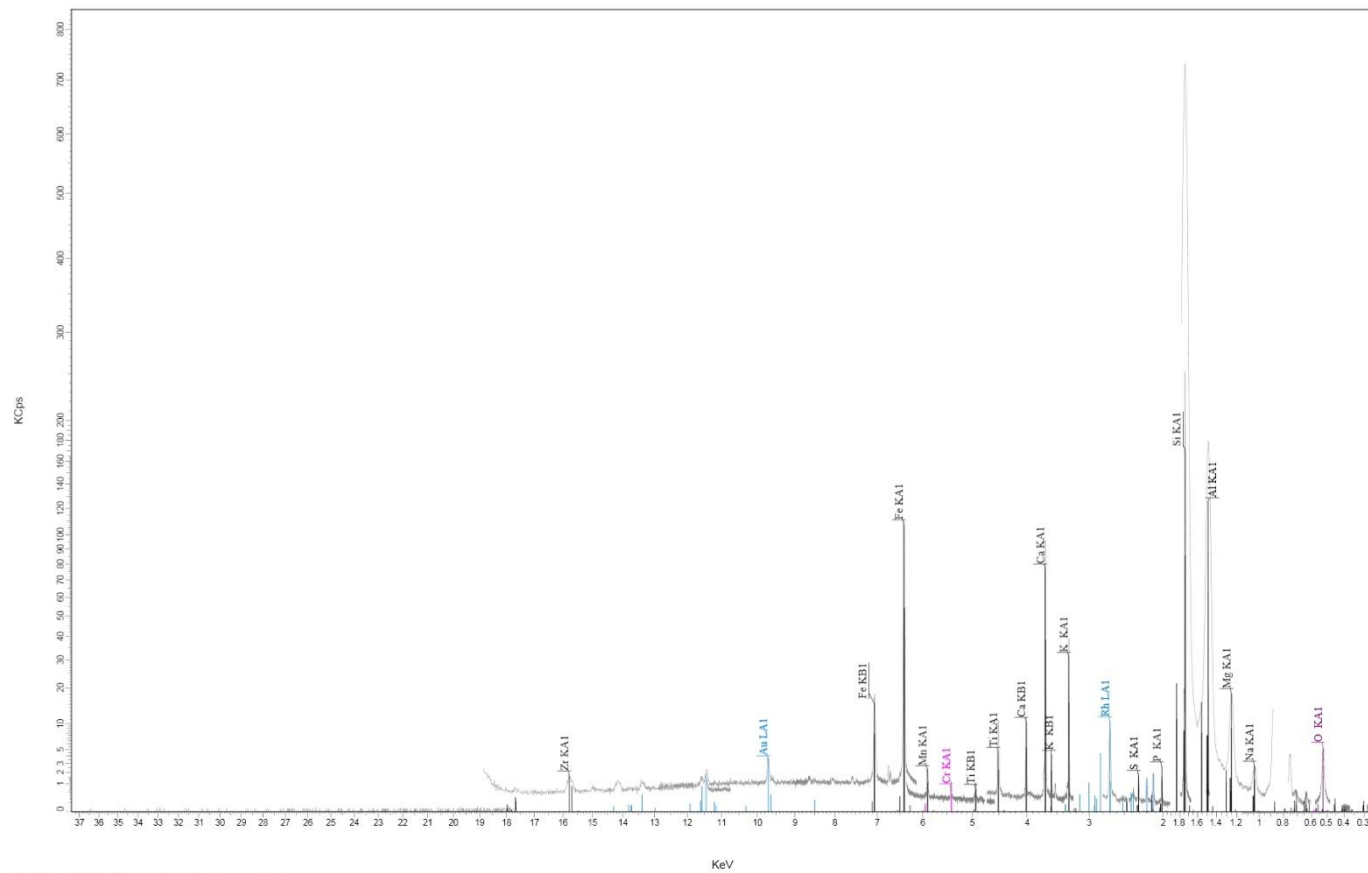
100_13266_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 11:33:19 AM

7. Spektrum: 8. Mintavételi pont, Fehérvári út (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3170/44

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

7. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 8. Mintavételi pont, Fehérvári út (zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.: 3170/44

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,848	2,86%	506.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,75	0,78%	336.6 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	16,92	0,37%	186.9 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	52,78	0,23%	170.8 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,658	2,82%	176.2 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,939	1,83%	137.1 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,657	0,56%	54.5 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	15,71	0,26%	68.2 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,742	1,29%	85.0 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,094	2,98%	41.9 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,881	0,32%	58.7 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,013	7,00%	23.4 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0066	4,55%	6.8 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,25%	11.6 PPM



078_13284_HS_teljes_34mm
 Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:12:04 PM

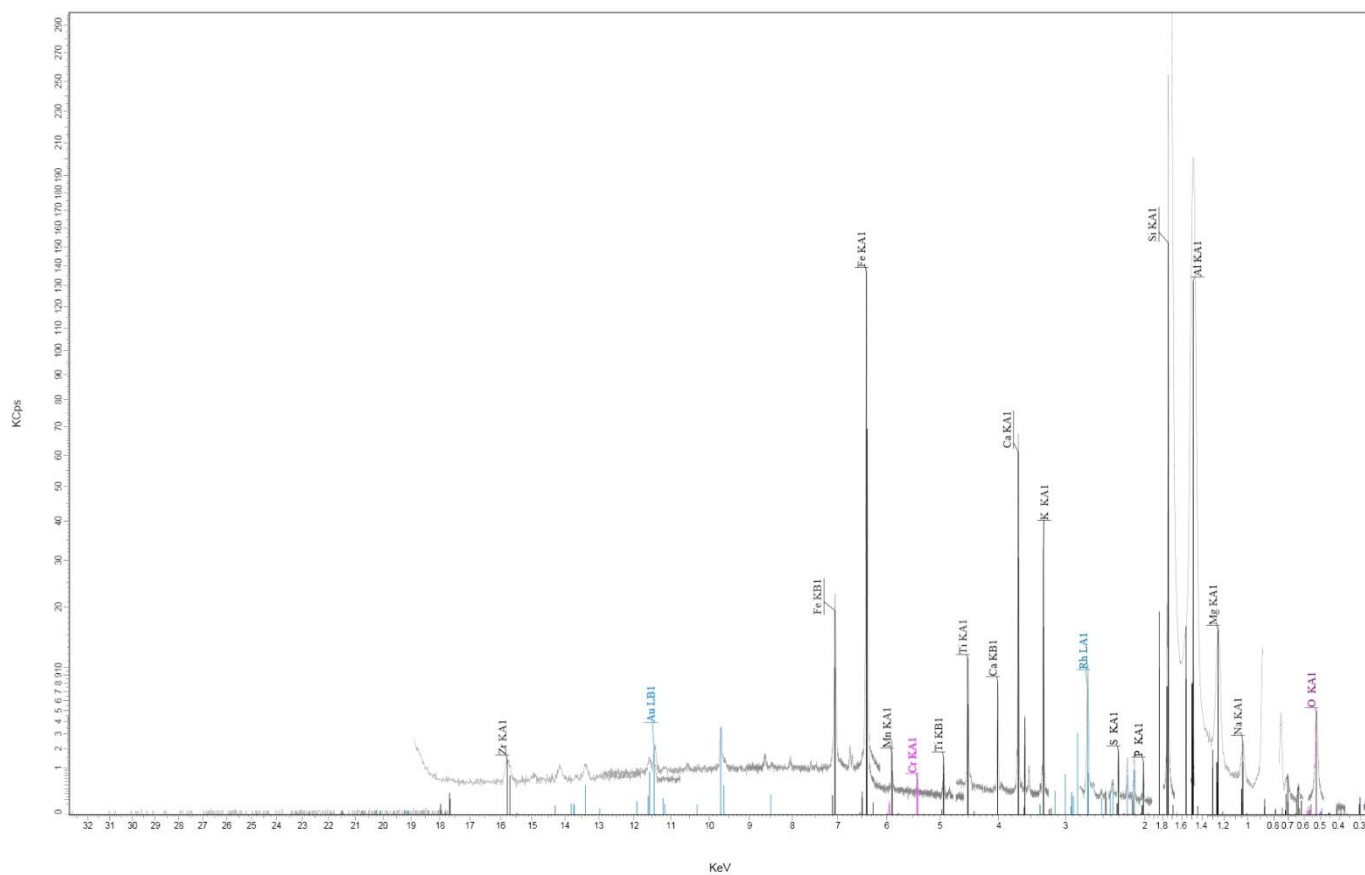
8. Spektrum: 11. Mintavételi pont, Örmezei út (felhagyott gyümölcsös), 2. talajszint, Hrsz.: 739/1

Mint látható króm (Cr) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

8. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 11. Mintavételi pont, Örmzei út (felhagyott gyümölcsös), 2. talajszint,

Hrsz.: 739/1

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,831	3,66%	555.0 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,83	1,12%	408.1 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	17,29	0,45%	233.9 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	60,72	0,26%	224.9 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,569	3,88%	230.4 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,372	3,91%	179.5 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,95	0,67%	66.0 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	8,865	0,42%	80.5 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,981	1,30%	98.8 PPM
Cr ₂ O ₃	24	Cr KA1-HS-Min	0,0616	5,58%	66.1 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,108	3,23%	52.4 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,41	0,39%	76.2 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,005	6,41%	7.9 PPM



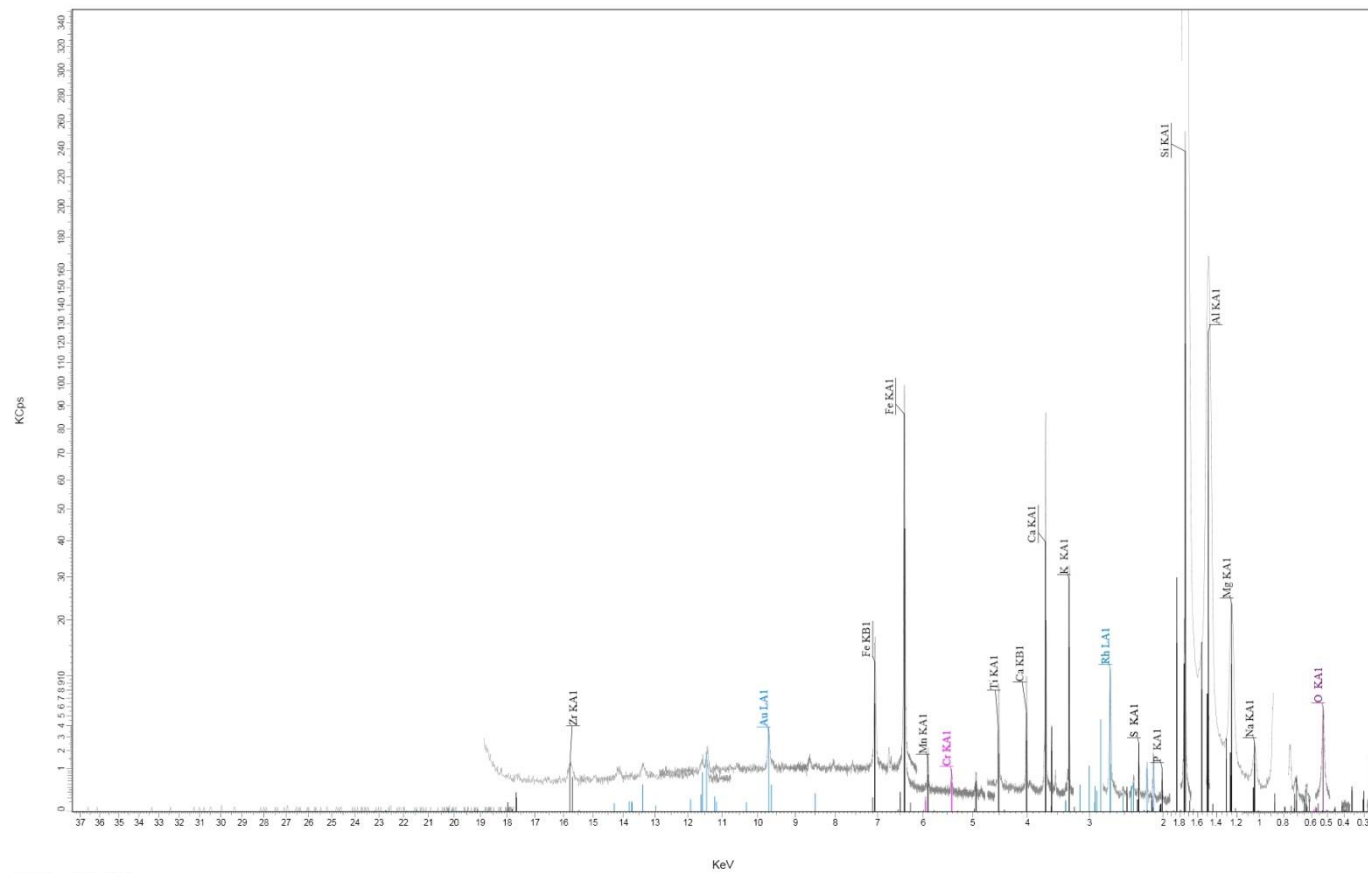
082_13278_d_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 11:49:31 AM

9. Spektrum: 14. Mintavételi pont, Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó), 1. talajszint, Hrsz.: 326/3

Mint látható króm (Cr) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

9. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 14. Mintavételi pont, Pöfeteg utca (háztartási hulladék lerakó), 1. talajszint,
Hrsz.: 326/3

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,674	3,43%	454.7 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,44	1,00%	338.8 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	19,08	0,35%	192.0 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	61,23	0,21%	180.6 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,424	3,72%	185.5 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,489	2,69%	140.0 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	3,073	0,53%	53.4 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	6,133	0,41%	63.4 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,96	1,04%	77.6 PPM
Cr ₂ O ₃	24	Cr KA1-HS-Min	0,031	6,80%	51.4 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,109	2,54%	40.4 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	5,349	0,28%	56.9 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,0049	5,43%	6.2 PPM



092_13254

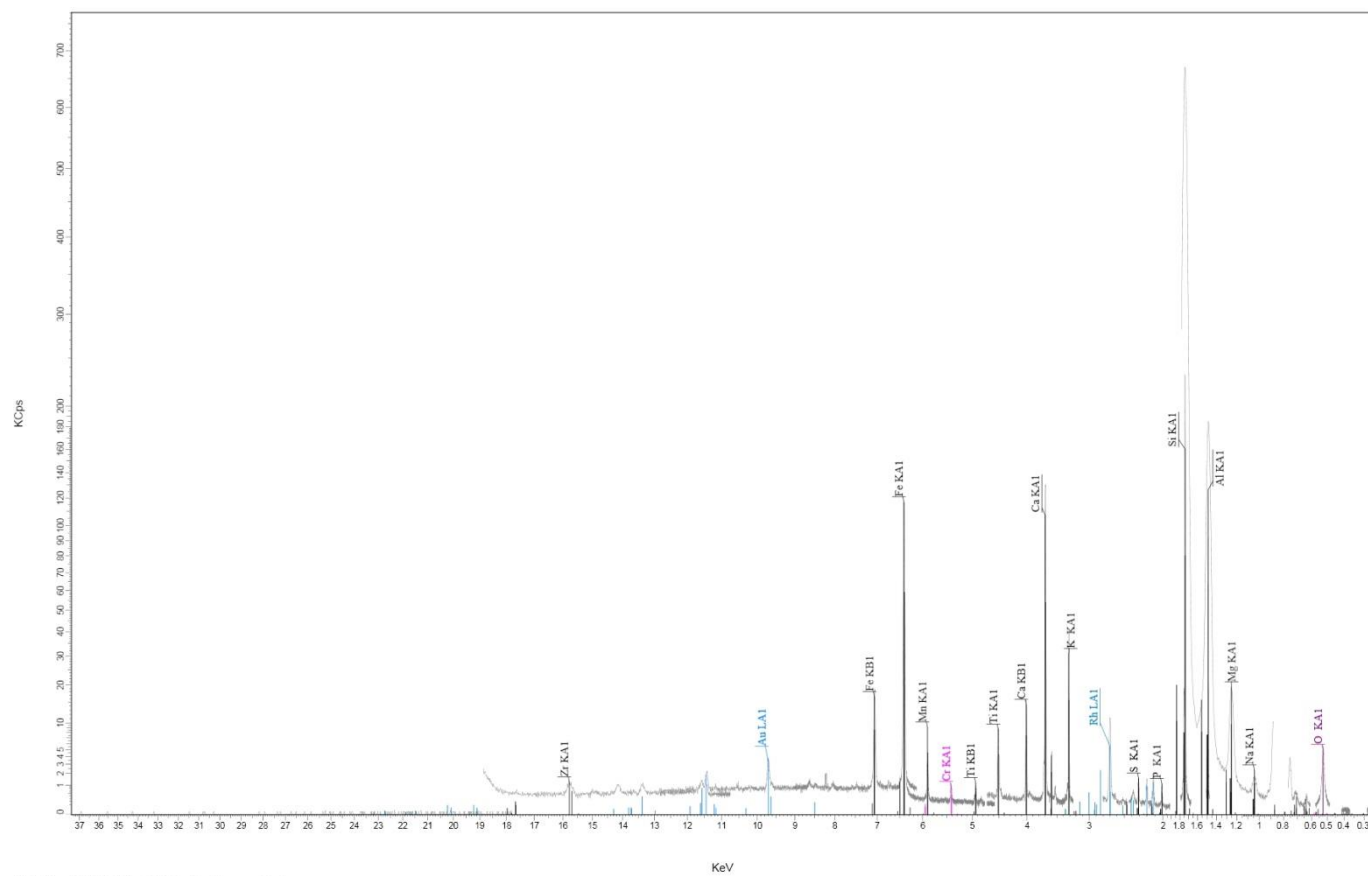
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 11:58:00 AM

10. Spektrum: 20. Mintavételi pont, Kőérberki utca (felhagyott parcella), 1. talajszint, Hrsz.: 130/6

Mint látható króm (Cr) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

10. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 20. Mintavételi pont, Kőérberki utca (felhagyott parcella), 1. talajszint,
Hrsz.: 130/6

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,634	4,40%	528.5 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,85	0,95%	405.0 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	16,63	0,47%	219.8 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	62,6	0,26%	217.0 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,26	6,04%	209.5 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,416	3,71%	175.2 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,49	0,74%	63.9 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	8,202	0,44%	76.5 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,781	1,47%	96.2 PPM
Cr ₂ O ₃	24	Cr KA1-HS-Min	0,049	6,38%	62.5 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0814	3,87%	51.8 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,003	0,41%	71.0 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,004	8,05%	7.4 PPM



077_13264_HS_teljes_34mm

Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 12:07:59 PM

11. Spektrum: 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), 1. talajszint, Hrsz.:2638/2

Mint látható króm (Cr) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

11. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), 1. talajszint,
Hrsz.:2638/2

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,464	5,55%	546.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,05	1,08%	413.0 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	18,14	0,44%	221.7 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	56,57	0,27%	209.1 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,34	5,11%	220.1 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,334	4,11%	176.0 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,99	0,66%	64.6 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	12,07	0,36%	86.1 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,828	1,46%	99.8 PPM
Cr ₂ O ₃	24	Cr KA1-HS-Min	0,0616	5,75%	69.3 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,161	2,62%	55.7 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,984	0,38%	70.8 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,004	7,79%	8.0 PPM

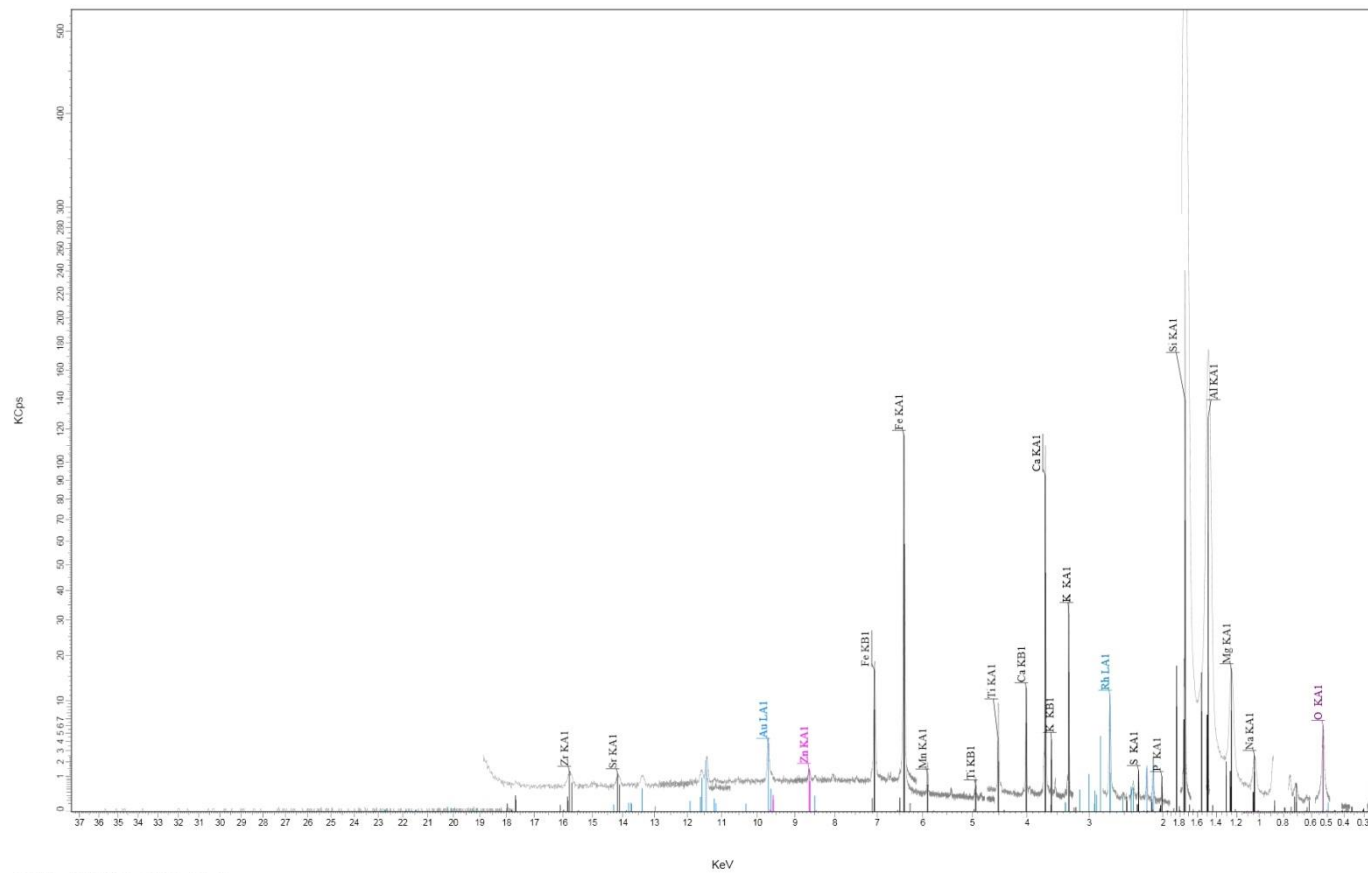


52

Mint látható króm (Cr) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

12. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), 2. talajszint,
Hrsz.:2638/2

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,475	4,40%	458.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,76	0,92%	342.1 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	18,91	0,35%	196.0 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	57,6	0,22%	178.9 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,338	4,12%	180.4 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,266	3,74%	136.7 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	3,04	0,53%	53.6 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	10,36	0,31%	65.7 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,876	1,12%	80.7 PPM
Cr ₂ O ₃	24	Cr KA1-HS-Min	0,018	9,70%	50.6 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,17	2,00%	42.3 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	5,183	0,29%	59.8 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,003	8,82%	6.7 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,004	6,15%	9.3 PPM



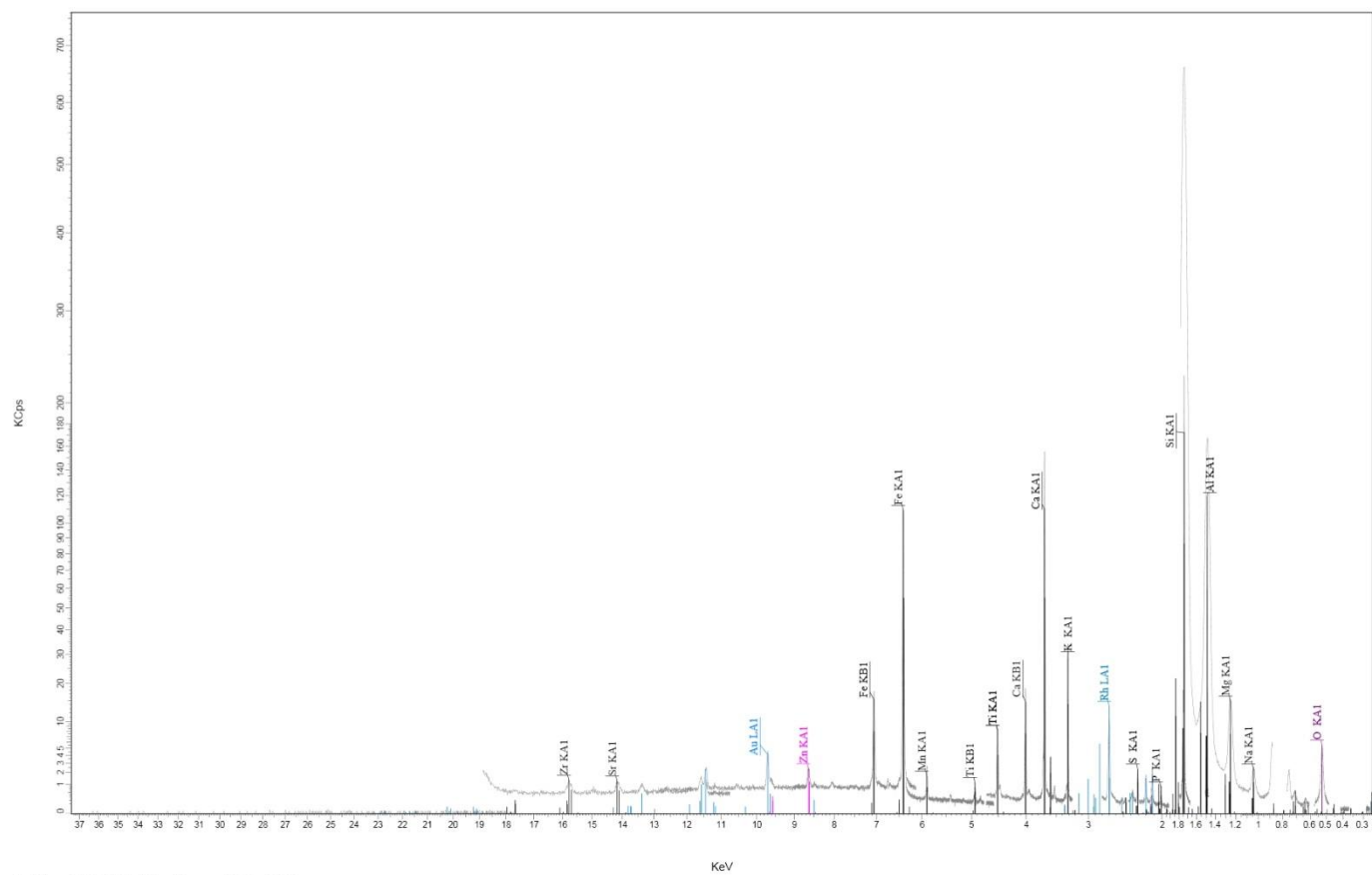
105_13256_HS_Teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 12:41:37 PM

13. Spektrum: 22. Mintavételi pont, Ugron Gábor utca (Park), 1. talajszint, Hrsz.: 2570/1

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

13. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 22. Mintavételi pont, Ugron Gábor utca (Park), 1. talajszint, Hrsz.: 2570/1

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,84	2,87%	468.9 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,72	0,95%	322.0 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	17,5	0,37%	175.8 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	59,17	0,22%	176.0 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,338	4,23%	174.4 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,306	3,59%	141.6 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,952	0,55%	52.3 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	10,24	0,32%	63.8 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,89	1,14%	78.0 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0947	2,91%	39.4 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,927	0,31%	54.4 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,01	8,60%	22.1 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,003	8,19%	6.3 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,004	6,11%	9.3 PPM



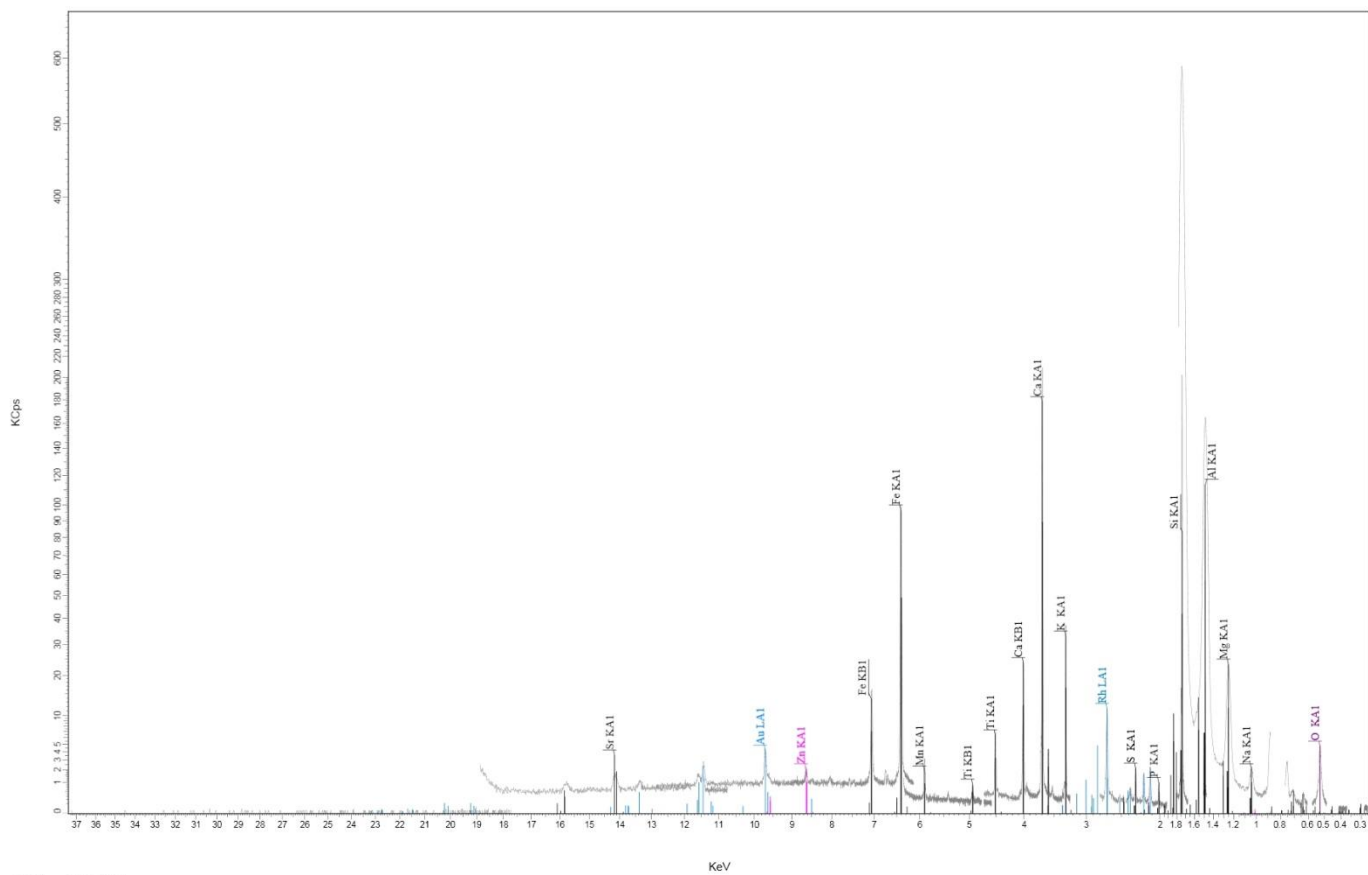
131_13258_Teljes_HS_33
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:48:30 PM

14. Spektrum: 22. Mintavételi pont, Ugron Gábor utca (Park), 3. talajszint, Hrsz.: 2570/1

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

14. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 22. Mintavételi pont, Ugron Gábor utca (Park), 3. talajszint, Hrsz.: 2570/1

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,799	3,03%	551.5 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,5	1,00%	327.3 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	16,69	0,38%	180.6 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	56,26	0,22%	168.3 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,292	4,56%	177.3 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,496	2,68%	142.9 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,547	0,59%	53.2 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	14,52	0,27%	67.8 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,817	1,23%	83.0 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,139	2,37%	40.8 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,903	0,32%	56.6 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,0277	3,91%	23.9 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,004	6,75%	6.6 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,003	6,80%	10.2 PPM



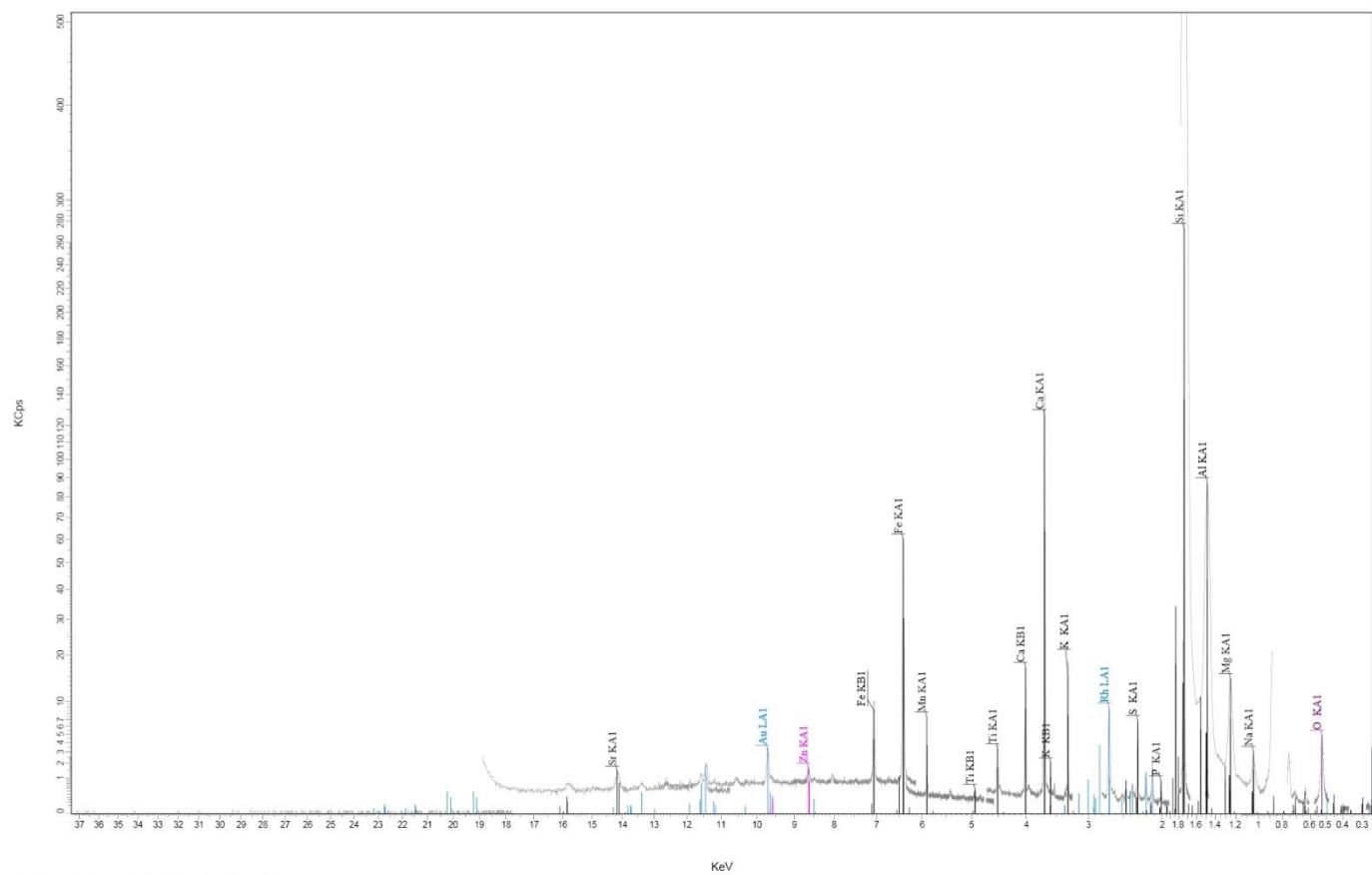
091_13272
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 12:50:08 PM

15. Spektrum: 24. Mintavételi pont, Fibula utca (Duna gátoldala), 1. talajszint, Hrsz.: 43576/5

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

15. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 24. Mintavételi pont, Fibula utca (Duna gátoldala), 1. talajszint, Hrsz.: 43576/5

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,675	4,22%	652.0 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,86	0,96%	427.7 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	16,93	0,47%	222.0 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	49,95	0,29%	206.1 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,307	5,39%	218.2 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,531	3,08%	160.3 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,72	0,69%	64.4 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	19,41	0,29%	89.0 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,696	1,72%	110.6 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,176	2,65%	54.7 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,729	0,41%	83.6 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,016	8,07%	33.6 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,006	6,75%	9.2 PPM



093_13243_HS_TELJES

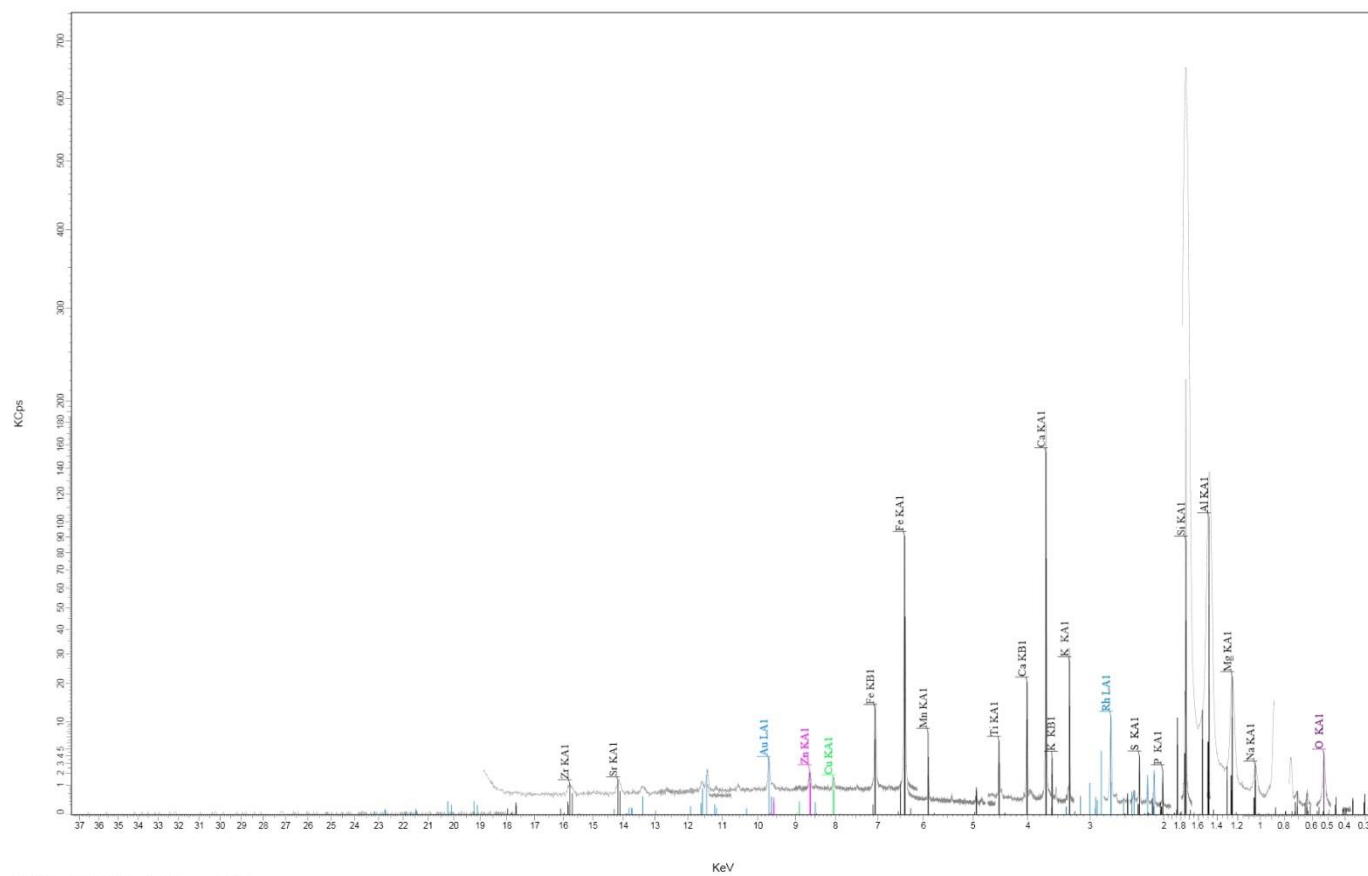
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 12:57:56 PM

16. Spektrum: 26. Mintavételi pont, Hengermalom utca (ipari terület előtti zöld sáv), 1. talajszint, Hrsz:4053

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

16. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 26. Mintavételi pont, Hengermalom utca (ipari terület előtti zöld sáv), 1. talajszint, Hrsz:4053

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	1,861	3,04%	527.2 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	12,22	1,05%	312.3 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	37,66	0,54%	140.1 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	278,7	0,20%	174.0 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,7058	4,42%	180.7 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	6,283	1,34%	148.3 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	16,9	0,81%	51.0 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	131,6	0,29%	66.0 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	3,05	2,08%	81.1 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,8554	4,54%	41.7 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	58,97	0,43%	53.6 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,792	6,51%	20.9 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,8796	5,04%	5.4 PPM



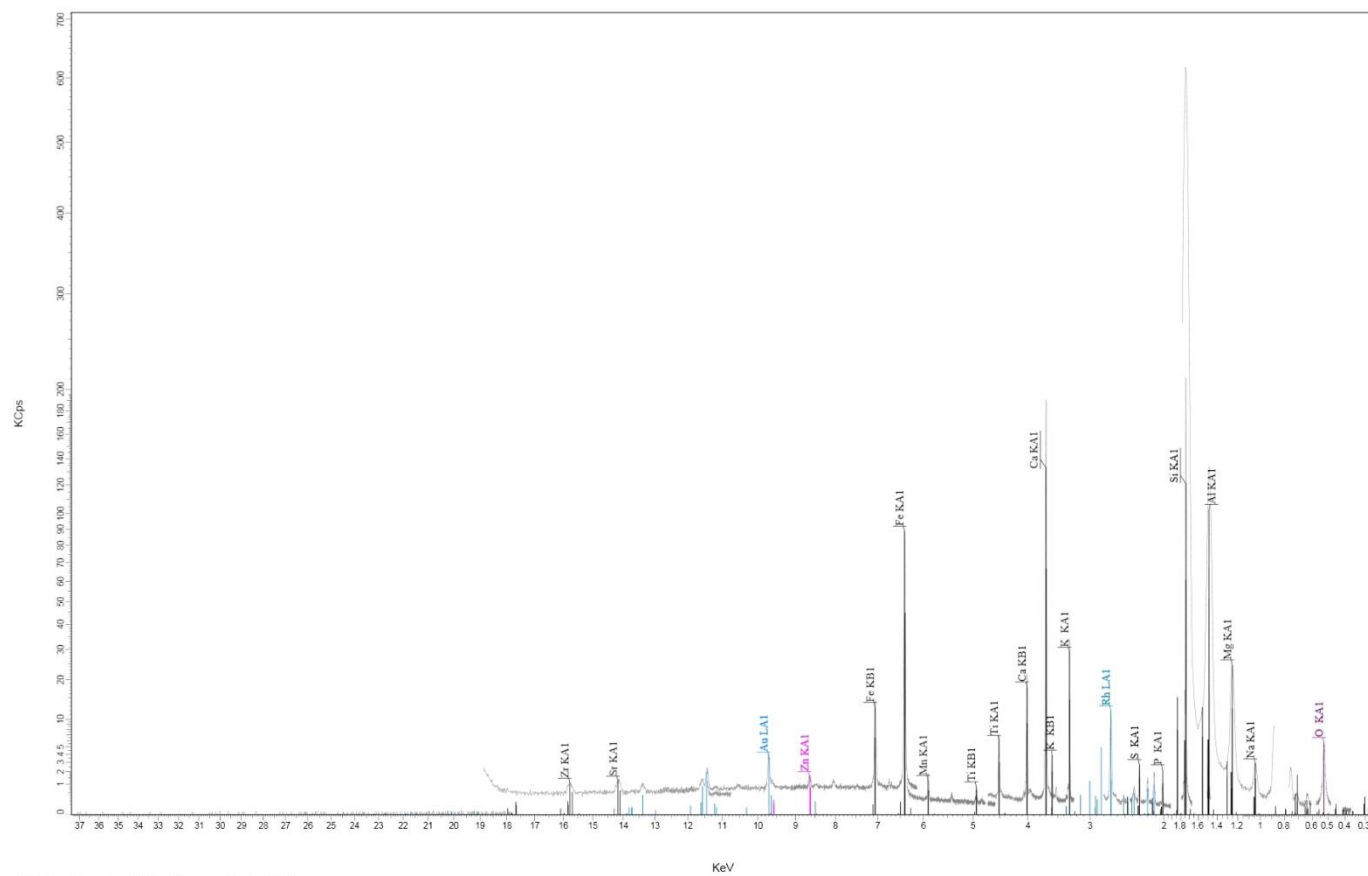
116_13238_teljes_HS
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 1:47:06 PM

17. Spektrum: 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (1. talajszint), Hrsz.:4082/29

Mint látható réz (Cu), cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

17. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (1. talajszint), Hrsz.:4082/29

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,956	2,81%	576.1 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,75	0,80%	341.3 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	14,26	0,42%	173.2 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	55,08	0,23%	165.5 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,643	2,94%	174.7 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	1,04	1,79%	137.1 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,44	0,60%	50.6 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	16,81	0,25%	69.4 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,63	1,47%	87.2 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0927	3,17%	44.2 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,244	0,35%	57.5 PPM
CuO	29	Cu KA1-HS-Min	0,019	6,30%	27.9 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,023	4,52%	23.1 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0056	5,18%	6.5 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	7,88%	10.8 PPM



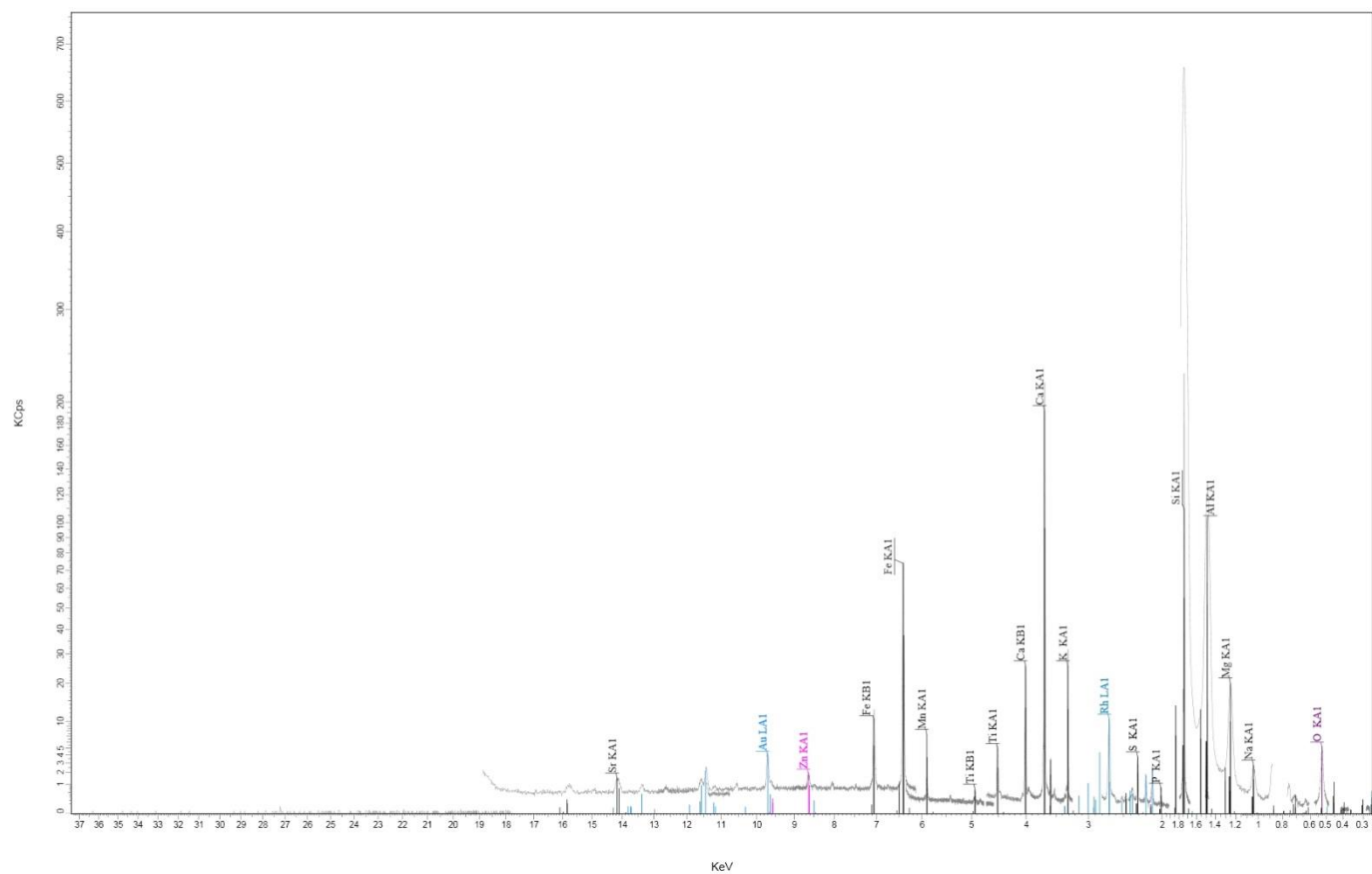
129_13239_Teljes_HS_33
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:32:06 PM

18. Spektrum: 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (2. talajszint), Hrsz.:4082/29

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

18. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (2. talajszint), Hrsz.:4082/29

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	1,01	2,71%	540.0 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	4,34	0,74%	330.8 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	14,16	0,42%	167.7 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	53,38	0,23%	162.4 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,44	3,67%	179.4 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,676	2,29%	148.6 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,602	0,59%	51.4 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	18,28	0,25%	72.8 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,684	1,43%	87.3 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,102	3,02%	43.5 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	4,308	0,35%	60.1 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,015	6,54%	24.2 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,005	6,03%	6.9 PPM
ZrO ₂	40	Zr KA1-HS-Min	0,002	8,34%	11.0 PPM



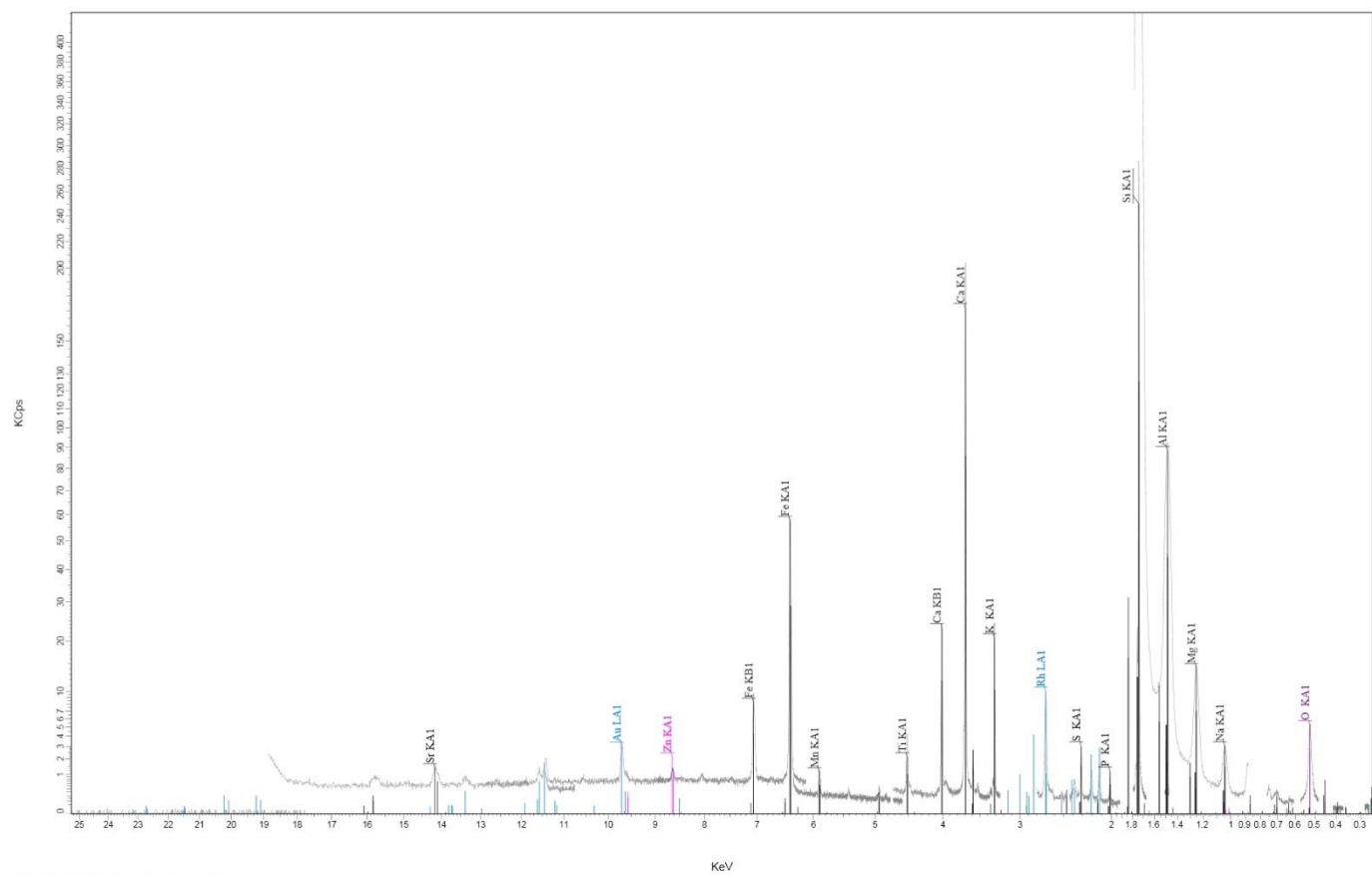
138_13240_hs_teljes
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:40:13 PM

19. Spektrum: 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (3. talajszint), Hrsz.:4082/29

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

19. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (3. talajszint), Hrsz.:4082/29

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	0,922	2,73%	511.5 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	3,32	0,85%	314.4 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	12,8	0,44%	163.0 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	54,69	0,22%	158.0 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,264	4,77%	168.6 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,952	1,86%	146.4 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	2,31	0,61%	51.9 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	20,45	0,23%	71.6 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,577	1,56%	85.9 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0768	3,59%	43.6 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	3,614	0,39%	58.6 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,0203	5,00%	23.4 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,0057	5,30%	6.9 PPM



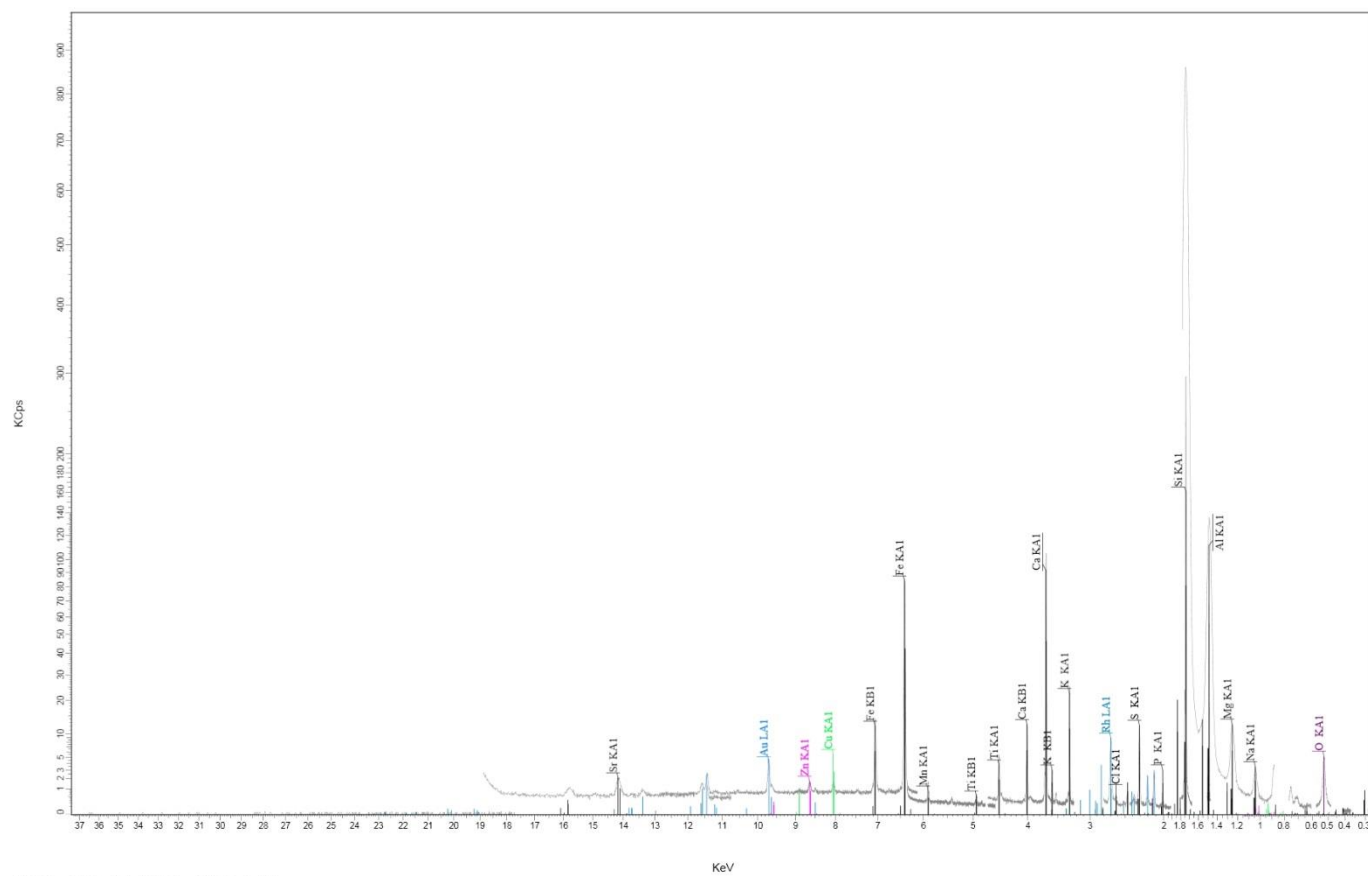
150_13242_teljes_hs
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 3:05:01 PM

20. Spektrum: 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (5. talajszint), Hrsz.:4082/29

Mint látható cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

20. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények - 27. Mintavételi pont, Egyeteminsták parkja (5. talajszint), Hrsz.:4082/29

Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	1,06	2,43%	468.9 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	2,26	1,03%	295.4 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	8,743	0,52%	149.0 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	63,65	0,20%	171.5 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,233	5,08%	166.7 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	0,681	2,21%	135.7 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	1,78	0,70%	51.5 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	18,49	0,24%	67.1 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	0,399	1,86%	81.8 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	0,0613	3,94%	40.8 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	2,631	0,44%	55.4 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,011	7,32%	21.1 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	0,005	5,40%	6.4 PPM



146_13249_TELJES_HS
Eval2 V1.7.408 Manager 11/18/2014 2:56:59 PM

21. Spektrum: 28. Mintavételi pont, ELTE TTK Déli Tömb (melletti zöld terület), 4. talajszint, Hrsz.:4082/21

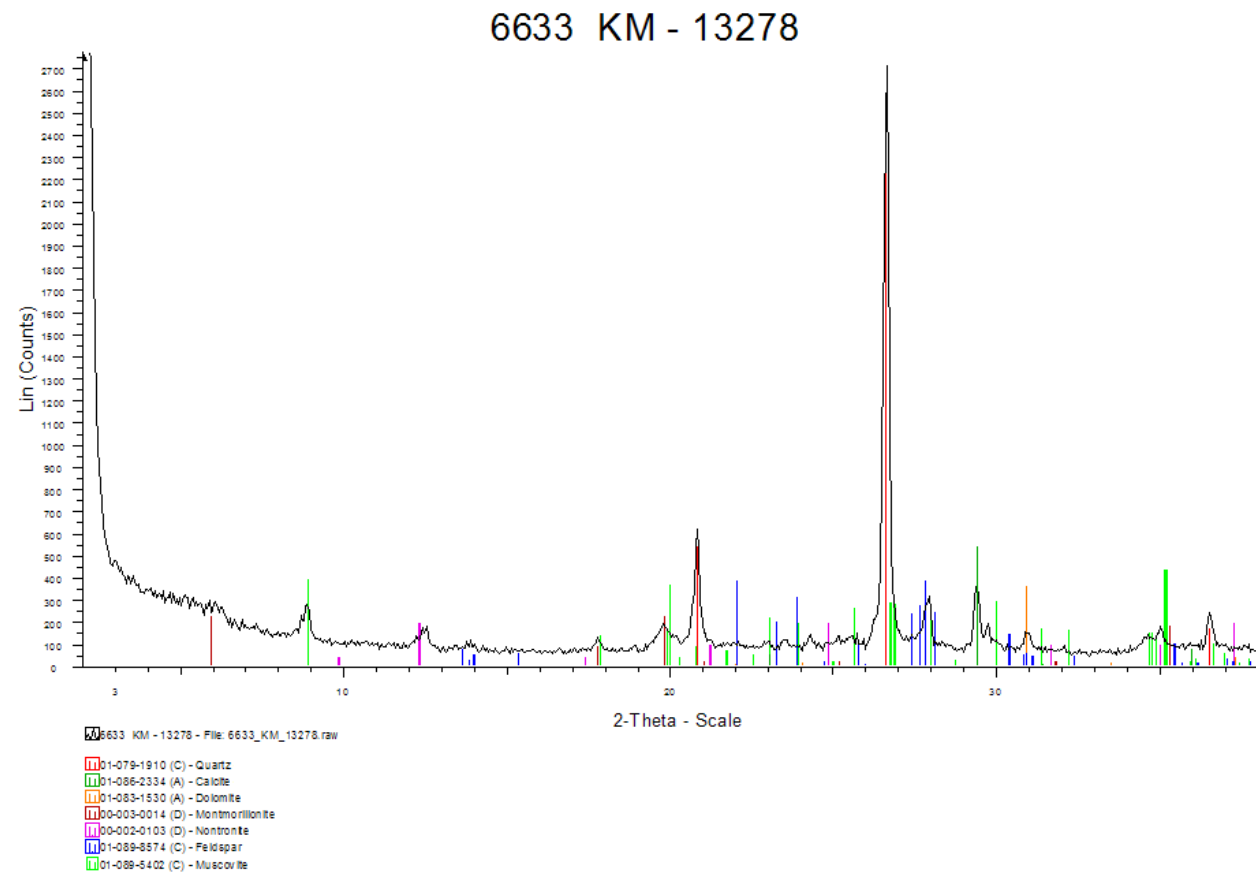
Mint látható réz (Cu) és cink (Zn) szennyezés mutatható ki a spektrum alapján. Az aranyhoz (Au) tartozó csúcsok a mintatartóból, a ródium csúcsai (Rh) a röntgen csőből származnak.

21. Táblázat: Standard nélküli mérési eredmények -28. Mintavételi pont, ELTE TTK Déli Tömb (melletti zöld terület), 4. talajszint,
Hrsz.:4082/21

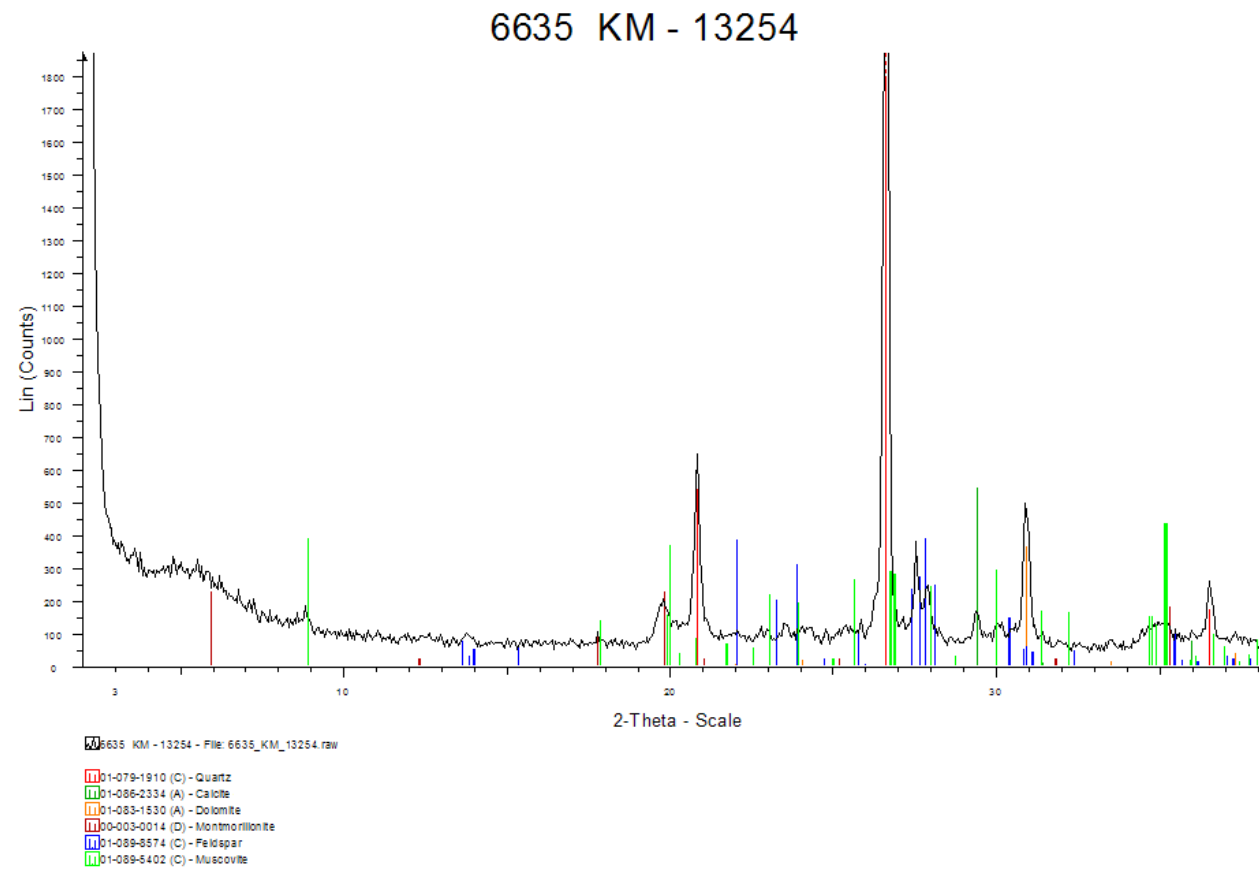
Formula	Z	Vonal 1	Összetétel m/m%	Stat. Hiba	Kimutatási határ
Na ₂ O	11	Na KA1-HS-Min	2,498	2,44%	490.9 PPM
MgO	12	Mg KA1-HS-Min	10,36	1,16%	310.6 PPM
Al ₂ O ₃	13	Al KA1-HS-Min	60,81	0,42%	164.5 PPM
SiO ₂	14	Si KA1-HS-Min	277,2	0,20%	180.7 PPM
P ₂ O ₅	15	P KA1-HS-Min	0,6198	4,77%	179.8 PPM
SO ₃	16	S KA1-HS-Min	11,42	0,98%	145.8 PPM
Cl	17	Cl KA1-HS-Min	0,3241	8,45%	69.1 PPM
K ₂ O	19	K KA1-HS-Min	22,68	0,69%	51.0 PPM
CaO	20	Ca KA1-HS-Min	99,28	0,33%	62.5 PPM
TiO ₂	22	Ti KA1-HS-Min	4,556	1,64%	72.6 PPM
MnO	25	Mn KA1-HS-Min	1,277	3,43%	38.0 PPM
Fe ₂ O ₃	26	Fe KA1-HS-Min	83,64	0,36%	50.2 PPM
CuO	29	Cu KA1-HS-Min	0,7494	6,67%	24.7 PPM
ZnO	30	Zn KA1-HS-Min	0,8606	5,92%	19.4 PPM
SrO	38	Sr KA1-HS-Min	1,449	3,61%	5.7 PPM

4. Számú melléklet – *Toxikus fémtartalmú mintavételi pontok standard nélküli mérési eredményei toxikus fémtartalom szempontjából, mélység adatokkal és színkódokkal. (letölthető: <http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/> oldalról)*

5. Számú melléklet – *Röntgen por-diffrakció eredményei (diffraktogramok) (Letölthető diffraktogramok, nagyobb felbontásban): <http://kamqaat.web.elte.hu/TDK%20/>):*

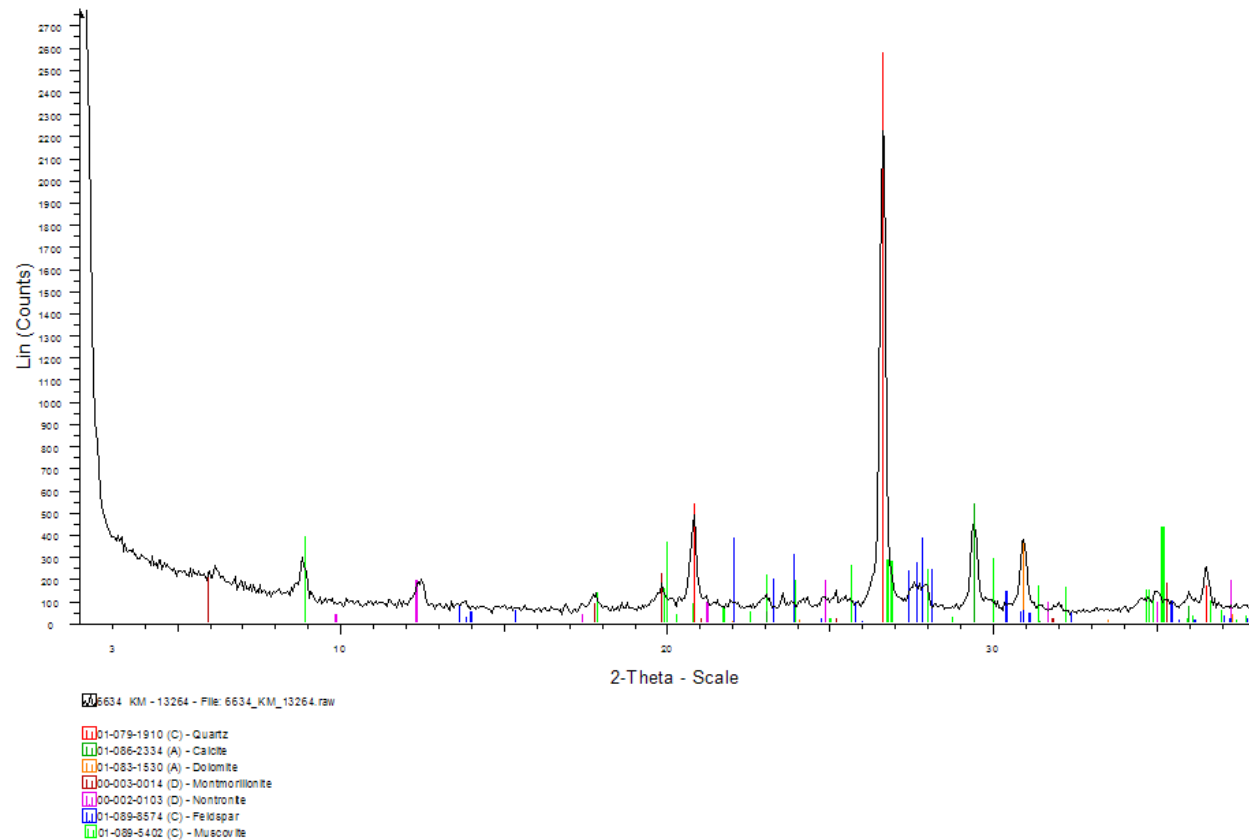


1. diffraktogramm: 14. Mintavételi pont, Pöfeteg utca Hrsz.: 326/3, 1. talajszint



2. diffraktogramm: 20. Mintavételi pont, Kőérberki utca (felhagyott parcella) Hrsz.: 130/6, 1. talajszint

6634 KM - 13264



3. diffraktogramm: 21. Mintavételi pont, Dayka Gábor utca (út melletti zöld terület), Hrsz.: 2638/2

Köszönetnyilvánítás

Ez után szeretnék köszönetet mondani dr. Weiszburg Tamásnak és az ELTE TTK Ásványtani tanszék dolgozóinak a vizsgálatok során nyújtott támogatásért. Papp Richárd Zoltánnak a vizsgálati módszerekről szerzett tapasztalatcseréért, dr. Angyal Zsuzsannának a konzultációkért és támogatásért. Édesanyámnak és barátaimnak a biztatásért.

1. Függelék

Feladatom egy korábbi szakdolgozó (Tóth Tamara) által szakdolgozatához a Budapest 11. kerülete területén vett talajminták további vizsgálata toxikus fémtartalom és annak jogszabályi határértéke szempontjából. A szakdolgozat elsősorban talajtani vizsgálatok eredményeit mutatja be, toxikus fémtartalom kimutatására tett kísérleteket, vizsgálatokat nem tartalmaz. Vizsgálataimat a megvett mintákon végeztem melyből előzetesen a szakdolgozó által eltávolításra került a műtermék, szerves anyag tartalom továbbá finomföld előállítás történt.

Vizsgálataimat a szakdolgozó által fel nem használt nátronpapírban tárolt talajmintákon végeztem. Kutatásom gerincét hullámhossz diszperzív röntgen fluoreszcens spektrométerrel (WDXRF) folytatott méréseim adták, mint általam elérhető legkorszerűbb technológia, mely kiválóan megfelel toxikus fémtartalom kimutatására, s megfelelő minta előkészítés után nagyszámú (75) minta elemzésére reális idő alatt alkalmas, jelen műszer fél-kvantitatív eredményeket szolgáltatott.

A WDXRF mérési eredmények elemzése után, az eredeti feladaton túlmenően kísérletet tettem a talált krómtartalom megjelenési formájának felderítésére. A rendelkezésre álló erőforrások függvényében három krómtartalmú minta került kiválasztásra a dolgozatban bemutatott szempontok alapján röntgen pordiffraktometriával (XRD) folytatott vizsgálatra mely célja a krómtartalom ásványtani környezetének felderítése. A módszer kiválasztásának oka, hogy ásványtani gyakorlatban bevett módszer kevert minták vizsgálatára. A kapott eredmények elemzését magam végeztem.

A krómtartalom megjelenési formájának vizsgálatára pásztázó elektromikroszkópia- elektronsugaras mikroanalízis (SEM-EDX) módszerét választottam. Az erőforrások rendelkezésre állásának tudatában a WDXRF eredmények alapján legmagasabb krómtartalmú XRD mérésen átesett mintát választottam. A módszerválasztás oka a „pontoszerű” mintaanalízis és térrész analízisének lehetősége, továbbá betekintést nyújt esetleges formai megjelenés megismeréséhez.