

LABORATORNÍ ZKOUŠENÍ TUHÝCH ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

Petr Kohout – Forsapi s.r.o.
Pavel Bernáth – Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem
Zdeněk Veverka – Univerza-SoP s.r.o.



Doškolovací semináře

2013

- 17/09/2013 SAKO Brno a.s. – vzorkování TZSO
- 17/05/2013 ZEVO Praha - vzorkování TZSO.

2012

- 12/09/2012 Prachovice – vzorkování spalitelných odpadů
- 27/6/2012 Raspenava - vzorkování stavebních materiálů.

2011

- 26/10/2011 Beroun - vzorkování stavebních materiálů
- 12/05/2011 Laguna Sojovice- vzorkování sedimentů

2010

- 23/6/2010 Leština –vzorkování železničních pražců
- 1/10/2010 na biodegradační ploše společnosti EPS s.r.o. v areálu skládky Celio a.s. - vzorkování heterogenních odpadů upravených biodegradací

2009

- 16-17/4/2009 Chocerady –vzorkování železničních pražců
- 19/11/2009 Stará Lužice vzorkování solidifikátů

OVĚŘOVÁNÍ HETEROGENITY LABORATORNÍHO VZORKU TUHÝCH ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ



**Doškolovací seminář 17.5.2013 –
ZEVO Praha**

Doškolovací seminář 17.5.2013 – ZEVO Praha

Cílem semináře bylo:

- ověřit, jak kvalitní informace lze získat na základě odběru prostých vzorků

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Odběr a úprava vzorků:

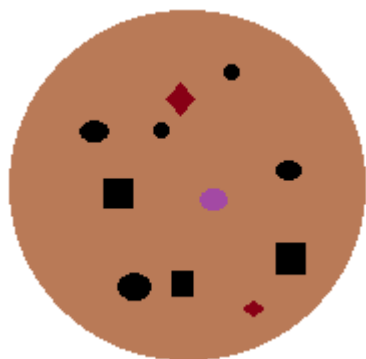
- 3 bodové vzorky odpadu: škvára ze spalování komunálních odpadů.
- Vzorky byly odebrány s časovým odstupem 30 minut (odběr z pásového dopravníku)
- První vzorek byl označen – VZOREK I,
- Druhý vzorek – VZOREK II,
- Třetí VZOREK III. VZOREK III nebyl dále zpracován

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

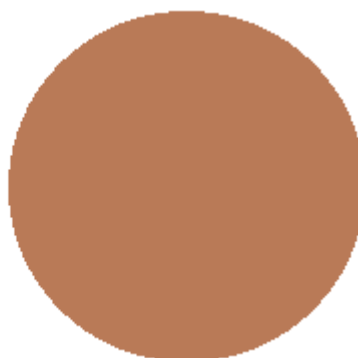
se vzorky označenými VZOREK I a VZOREK II byly po odběru provedeny následující operace:

- 1. Z odebraného vzorku byl odstraněn nedopal a hrubé kusy kamenů, skla, kovů .
- 2. Materiál bez nedopalu a hrubých kusů byl prosítován na sítu 10 mm. Nadsítné a podsítné byly zváženy.
- 3. Nadsítný materiál byl podrcen na velikost pod 10 mm a byl přidán do terénního vzorku společně s podsítným (a označen VZOREK I-II, resp. VZOREK II-II).

VZOREK I

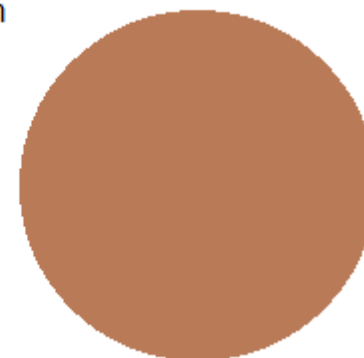


odstranění nedopalu
a hrubých kusů



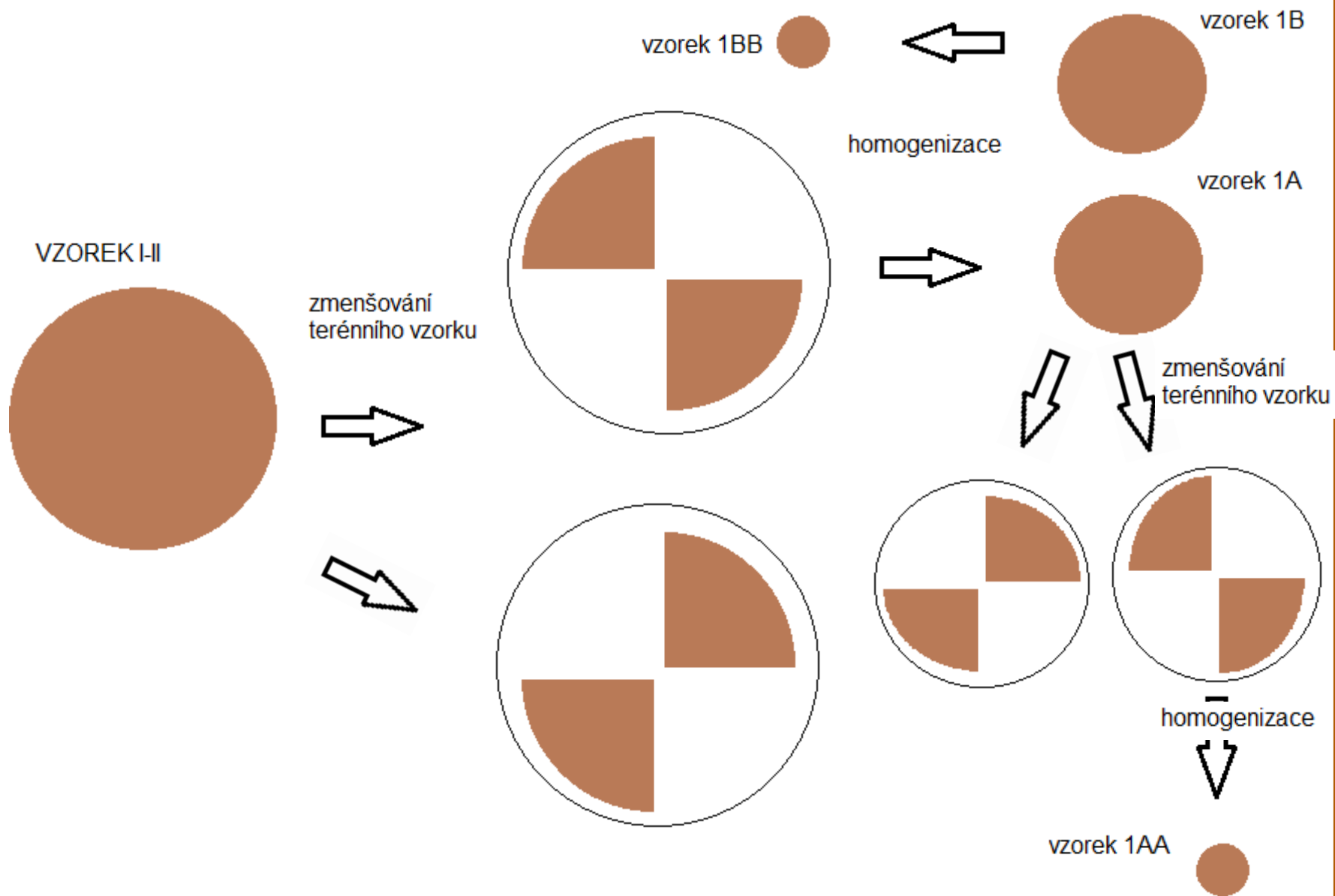
sítování < 10 mm
drcení > 10 mm
sloučení frakcí

VZOREK I-II



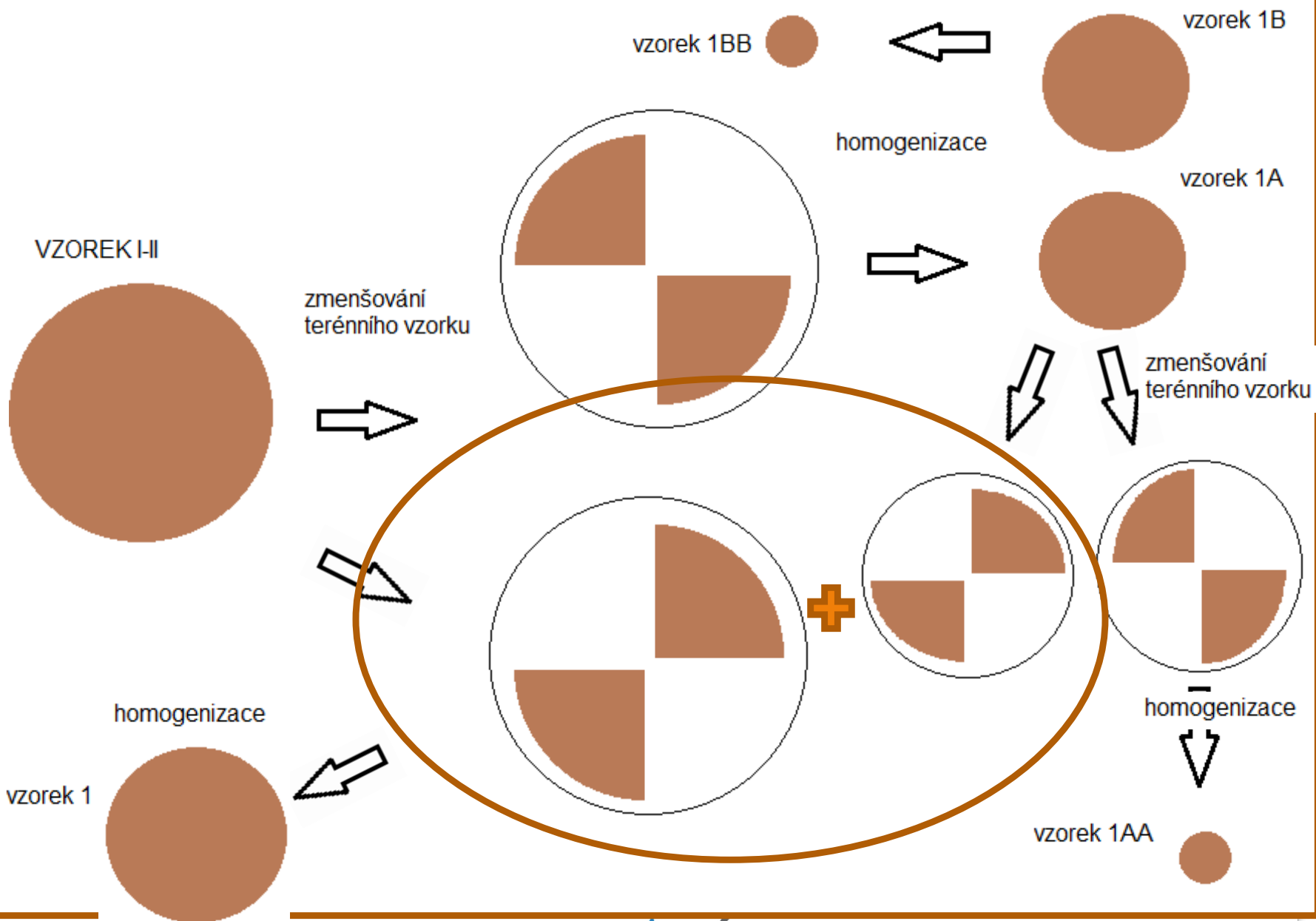
Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

- 4. VZOREK I-II, resp. VZOREK II-II, byl homogenizován a postupně zmenšován – na dva cca 1 kilogramové vzorky, a následně na dva cca 200 g vzorky.



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

- 5. Materiál zbylý po zmenšování vzorku (tzn. veškerý zbylý materiál po kvartaci vzorků) byl zhomogenizován a byl umístěn do jedné vzorkovnice. VZOREK 1 byl připravený z materiálů po dělení VZORKU I-II), resp. VZOREK 2 byl připravený z materiálu po dělení VZORKU II-II).
- 6. Veškeré vzorky byly zváženy a po odvozu zabezpečeny v laboratorních podmínkách (uložení do chladničky – teplota 4 až 5°C)



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Laboratorní analýzy

Název vzorku	analytický zkouška		poznámka
VZOREK 1	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	zbylý materiál z dělení VZORKU I-II
VZOREK 2	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	zbylý materiál z dělení VZORKU II-II
VZOREK 1A	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	dělením VZORKU I-II
VZOREK 1B	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU I-II
VZOREK 1AA	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU 1A
VZOREK 1BB	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU 1B
VZOREK 2A	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU II-II
VZOREK 2B	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	dělením VZORKU II-II
VZOREK 2AA	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU 2A
VZOREK 2BB	stanovení kovů v sušině	-	dělením VZORKU 2B

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Laboratorní analýzy

- Po analýzách vzorků VZOREK 1 a VZOREK 2, byl zbytek vzorků od laboratoře vyžádán zpět.
- Původní VZOREK 1 byl označen jako VZOREK 3 a původní VZOREK 2 byl označen jako VZOREK 4. Tyto vzorky byly opět předány do laboratoře, následně byl proveden stejný rozsah analýz jako v předchozím zadání.

Název vzorku	analytický zkouška		
VZOREK 3	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	opakovaná analýza VZORKU 1
VZOREK 4	stanovení kovů v sušině	stanovení kovů ve vodném výluhu	opakovaná analýza VZORKU 2

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		název v						294/2005
sušina	jednotka	vzorek 1	vzorek 1 /2	vzorek 1A	vzorek 1AA	vzorek 1B	vzorek 1BB	tab. 10.1
hmotnost	kg	6,42	5,92	1,198	0,136	1,36	0,136	
sušina	%	82,5	82,5	82,1	83	84,7	84,9	
As	mg/kg suš.	8,88	10,6	7,67	7,27	7,43	6,94	10
Cd	mg/kg suš.	5,21	6,88	3,33	12,1	6,12	3,32	1
Cr	mg/kg suš.	91,7	95,4	82,4	85,5	80,7	75,8	200
Hg	mg/kg suš.	<0,2	1,1	0,83	0,39	<0,21	0,96	0,8
Ni	mg/kg suš.	154	149	110	130	103	108	80
Pb	mg/kg suš.	495	544	446	390	878	278	100
V	mg/kg suš.	24,8	26,3	24,4	24,8	24,8	26	180

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		vzorku						294/2005
sušina	jednotka	vzorek 2	vzorek 2 /2	vzorek 2A	vzorek 2AA	vzorek 2B	vzorek 2BB	tab. 10.1
hmotnost	kg	7,9	6,92	1,362	0,191	1,398	0,187	
sušina	%	84	80,2	78	78,9	77,6	80,1	
As	mg/kg suš	9,12	10,3	7,4	7,48	8,55	6,91	10
Cd	mg/kg suš	4,09	17	2,83	2,73	3,55	2,24	1
Cr	mg/kg suš	84,3	79,2	68,1	71,4	79,3	61,2	200
Hg	mg/kg suš	<0,2	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	0,8
Ni	mg/kg suš	104	91,2	72	78	98,8	79,9	80
Pb	mg/kg suš	709	958	491	567	561	2130	100
V	mg/kg suš	25,8	28,5	26,4	26	28,1	25,9	180

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		název v						294/2005
sušina	jednotka	vzorek 1	vzorek 1 /2	vzorek 1A	vzorek 1AA	vzorek 1B	vzorek 1BB	tab. 10.1
hmotnost	kg	6,42	5,92	1,198	0,136	1,36	0,136	
sušina	%	82,5	82,5	82,1	83	84,7	84,9	
As	mg/kg suš.	8,88	10,6	7,67	7,27	7,43	6,94	10
Cd	mg/kg suš.	5,21	6,88	3,33	12,1	6,12	3,32	1
Cr	mg/kg suš.	91,7	95,4	82,4	85,5	80,7	75,8	200
Hg	mg/kg suš.	<0,2	1,1	0,83	0,39	<0,21	0,96	0,8
Ni	mg/kg suš.	154	149	110	130	103	108	80
Pb	mg/kg suš.	495	544	446	390	878	278	100
V	mg/kg suš.	24,8	26,3	24,4	24,8	24,8	26	180

Zohlednění nejistoty analýz

- ve vzorcích připravených ze VZORKU I výsledky se neshodují při zahrnutí míry nejistoty v ukazatelích: Cd, Hg, Pb

Zohlednění legislativních limitů

- As (v jednom případě z 6 výsledků nesplnil požadavek tab.10.1)
- Hg (ve 3 případech z 6 výsledků nesplnil požadavek tab.10.1)

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		vzorku						294/2005
sušina	jednotka	vzorek 2	vzorek 2 /2	vzorek 2A	vzorek 2AA	vzorek 2B	vzorek 2BB	tab. 10.1
hmotnost	kg	7,9	6,92	1,362	0,191	1,398	0,187	
sušina	%	84	80,2	78	78,9	77,6	80,1	
As	mg/kg suš.	9,12	10,3	7,4	7,48	8,55	6,91	10
Cd	mg/kg suš.	4,09	17	2,83	2,73	3,55	2,24	1
Cr	mg/kg suš.	84,3	79,2	68,1	71,4	79,3	61,2	200
Hg	mg/kg suš.	<0,2	<0,21	<0,21	<0,2	<0,2	<0,2	0,8
Ni	mg/kg suš.	104	91,2	72	78	98,8	79,9	80
Pb	mg/kg suš.	709	958	491	567	561	2130	100
V	mg/kg suš.	25,8	28,5	26,4	26	28,1	25,9	180

Zohlednění nejistoty analýz

- ve vzorcích připravených ze VZORKU II výsledky se neshodují při zahrnutí míry nejistoty v ukazatelích: Cd, Pb

Zohlednění legislativních limitů

- As (v jednom případě z 6 výsledků nesplnil požadavek tab.10.1)
- Hg (ve 3 případech z 6 výsledků nesplnil požadavek tab.10.1)

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		název vzorku			294/2005 - příloha 2				376/2001
vodný výluh	jednotka	vzorek 1	vzorek 1 / 2	vzorek 1A	I	IIa	IIb	III	H15
Cd	mg/l	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,004	0,5	0,1	0,5	0,5
Cr	mg/l	0,0019	0,0056	0,0044	0,05	7	1	7	50
Cu	mg/l	0,482	0,608	0,56	0,2	10	5	10	-
Ni	mg/l	0,0029	0,0043	0,0066	0,04	4	1	4	50
Pb	mg/l	1,4	0,187	0,189	0,05	5	1	5	10
V	mg/l	0,155	0,199	0,303					-
As	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	2,5	0,2	2,5	-
Hg	mg/l	0,067	0,138	0,03	0,001	0,2	0,02	0,2	0,05
Mo	mg/l	0,0212	0,03	0,032	0,05	3	1	3	-

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		294/2005 - příloha 2							376/2001
vodný výluh	jednotka	vzorek 2	vzorek 2 /2	vzorek 2B	I	IIa	IIb	III	H15
Cd	mg/l	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,004	0,5	0,1	0,5	0,5
Cr	mg/l	0,0019	0,0056	0,0044	0,05	7	1	7	50
Cu	mg/l	0,468	0,796	0,77	0,2	10	5	10	-
Ni	mg/l	<0,002	0,0038	0,0064	0,04	4	1	4	50
Pb	mg/l	0,917	0,368	2,12	0,05	5	1	5	10
V	mg/l	0,176	0,238	0,381					-
As	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	2,5	0,2	2,5	-
Hg	mg/l	<0,010	0,119	<0,01	0,001	0,2	0,02	0,2	0,05
Mo	mg/l	0,0167	0,0327	0,0325	0,05	3	1	3	-

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel		název vzorku			294/2005 - příloha 2				376/2001
vodný výluh	jednotka	vzorek 1	vzorek 1 /2	vzorek 1A	I	IIa	IIb	III	H15
Cd	mg/l	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,004	0,5	0,1	0,5	0,5
Cr	mg/l	0,0019	0,0056	0,0044	0,05	7	1	7	50
Cu	mg/l	0,482	0,608	0,56	0,2	10	5	10	-
Ni	mg/l	0,0029	0,0043	0,0066	0,04	4	1	4	50
Pb	mg/l	1,4	0,187	0,189	0,05	5	1	5	10
V	mg/l	0,155	0,199	0,303					-
As	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	2,5	0,2	2,5	-
Hg	mg/l	0,067	0,138	0,03	0,001	0,2	0,02	0,2	0,05
Mo	mg/l	0,0212	0,03	0,032	0,05	3	1	3	-

Zohlednění nejistoty analýz

- ve vzorcích připravených ze VZORKU I výsledky se neshodují při zahrnutí míry nejistoty v ukazatelích: Cr, Ni, Pb, V

Zohlednění legislativních limitů

- Cr (v jednom případě ze 3 byl výsledek ve vyšší třídě)
- Pb (v jednom případě ze 3 byl výsledek ve vyšší třídě)
- Hg (v jednom případě vykazovala nebezpečnou vlastnost H15)

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Sledovaný ukazatel					294/2005 - příloha 2				376/2001
vodný výluh	jednotka	vzorek 2	vzorek 2 /2	vzorek 2B	I	IIa	IIb	III	H15
Cd	mg/l	<0,0004	<0,0004	<0,0004	0,004	0,5	0,1	0,5	0,5
Cr	mg/l	0,0019	0,0056	0,0044	0,05	7	1	7	50
Cu	mg/l	0,468	0,796	0,77	0,2	10	5	10	-
Ni	mg/l	<0,002	0,0038	0,0064	0,04	4	1	4	50
Pb	mg/l	0,917	0,368	2,12	0,05	5	1	5	10
V	mg/l	0,176	0,238	0,381					-
As	mg/l	<0,005	<0,005	<0,005	0,05	2,5	0,2	2,5	-
Hg	mg/l	<0,010	0,119	<0,01	0,001	0,2	0,02	0,2	0,05
Mo	mg/l	0,0167	0,0327	0,0325	0,05	3	1	3	-

Zohlednění nejistoty analýz

- ve vzorcích připravených ze VZORKU II výsledky se neshodují při zahrnutí míry nejistoty v ukazatelích: Cr, Cu, Ni, Pb, V

Zohlednění legislativních limitů

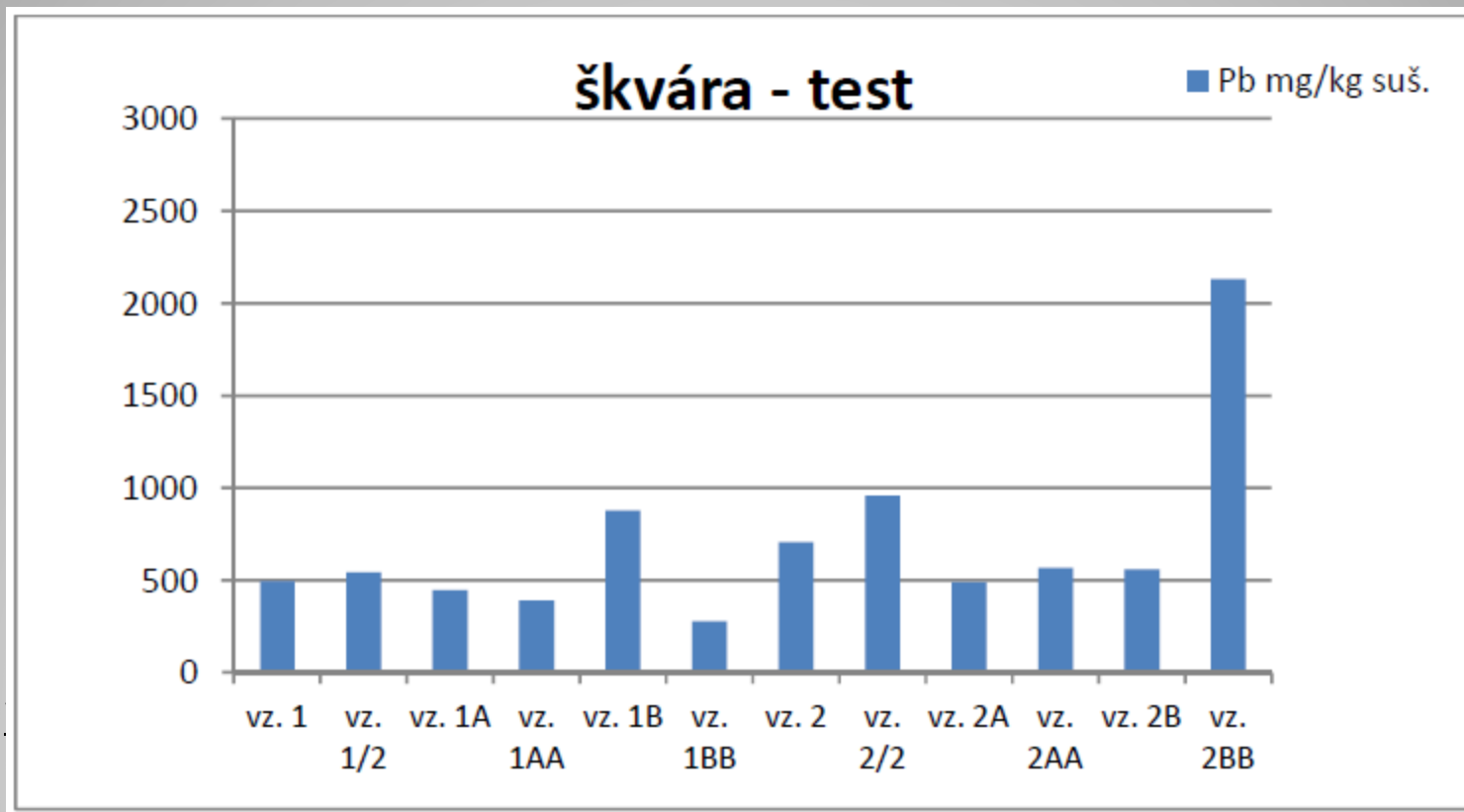
- Cr (v jednom případě ze 3 byl výsledek ve vyšší třídě)
- Pb (v jednom případě ze 3 byl výsledek ve vyšší třídě)
- Hg (v jednom případě vykazovala nebezpečnou vlastnost H15)

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Hodnocení heterogenity vzorkovaného materiálu:
v sušině

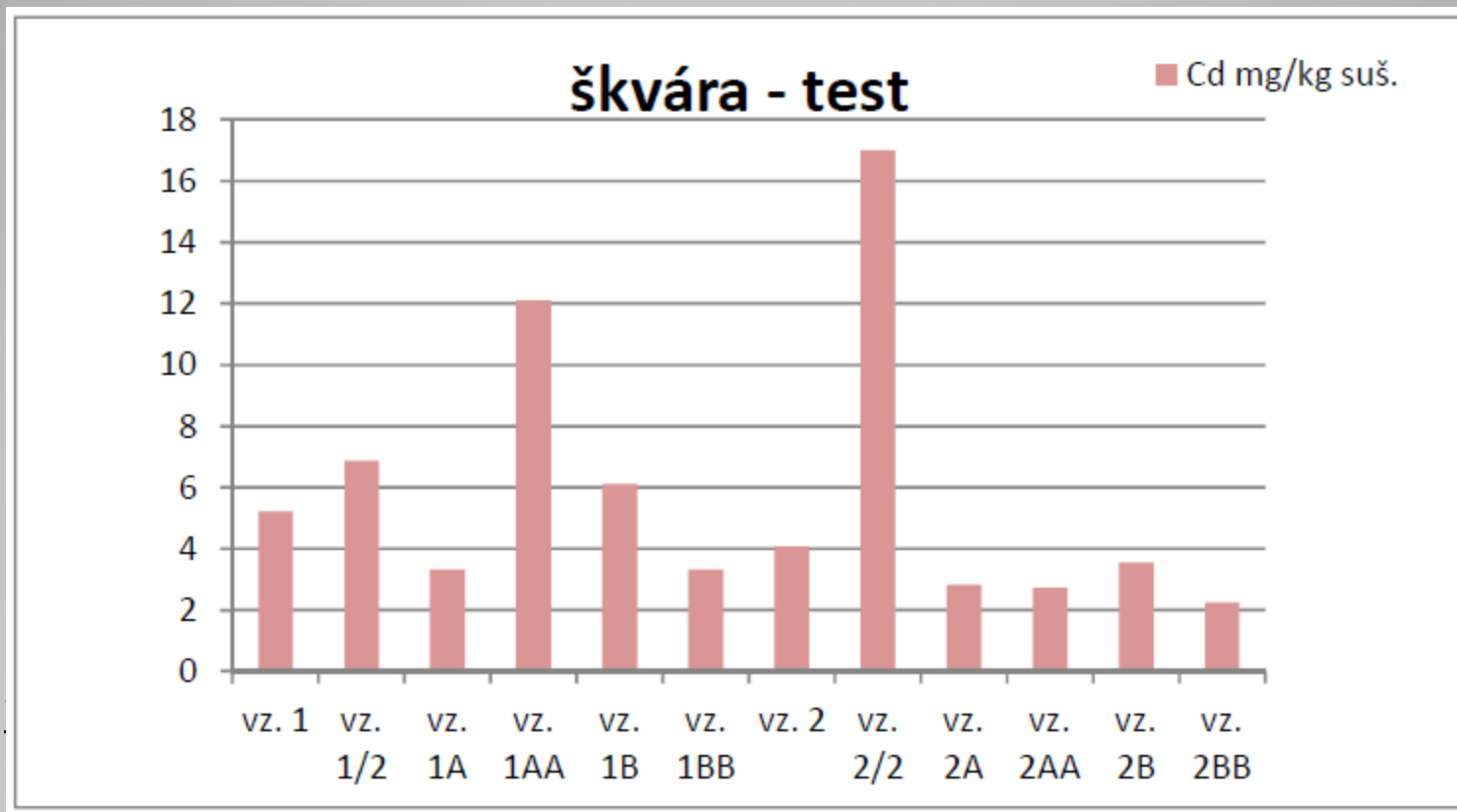
- o As, Hg z pohledu legislativních limitů
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



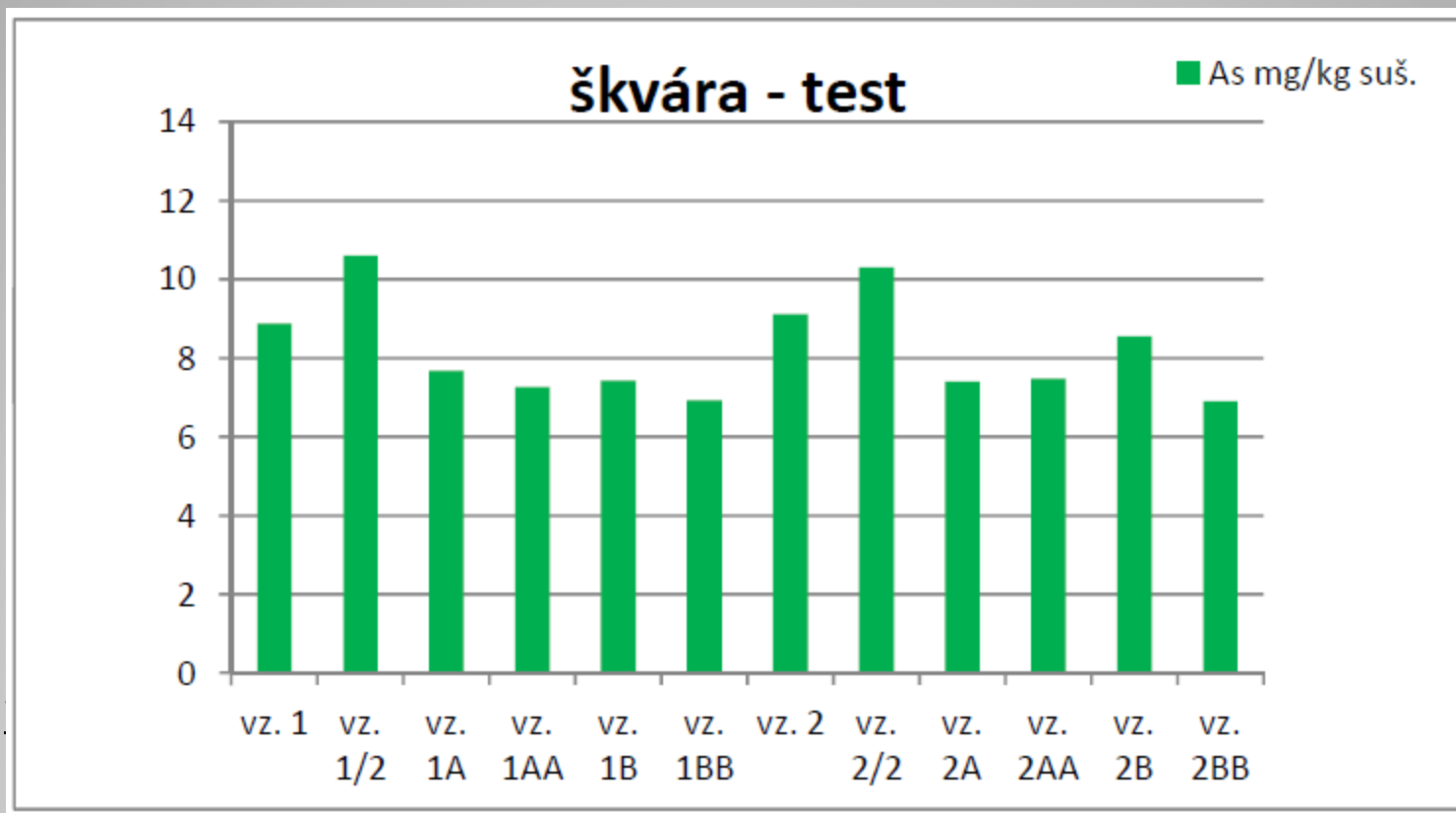
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



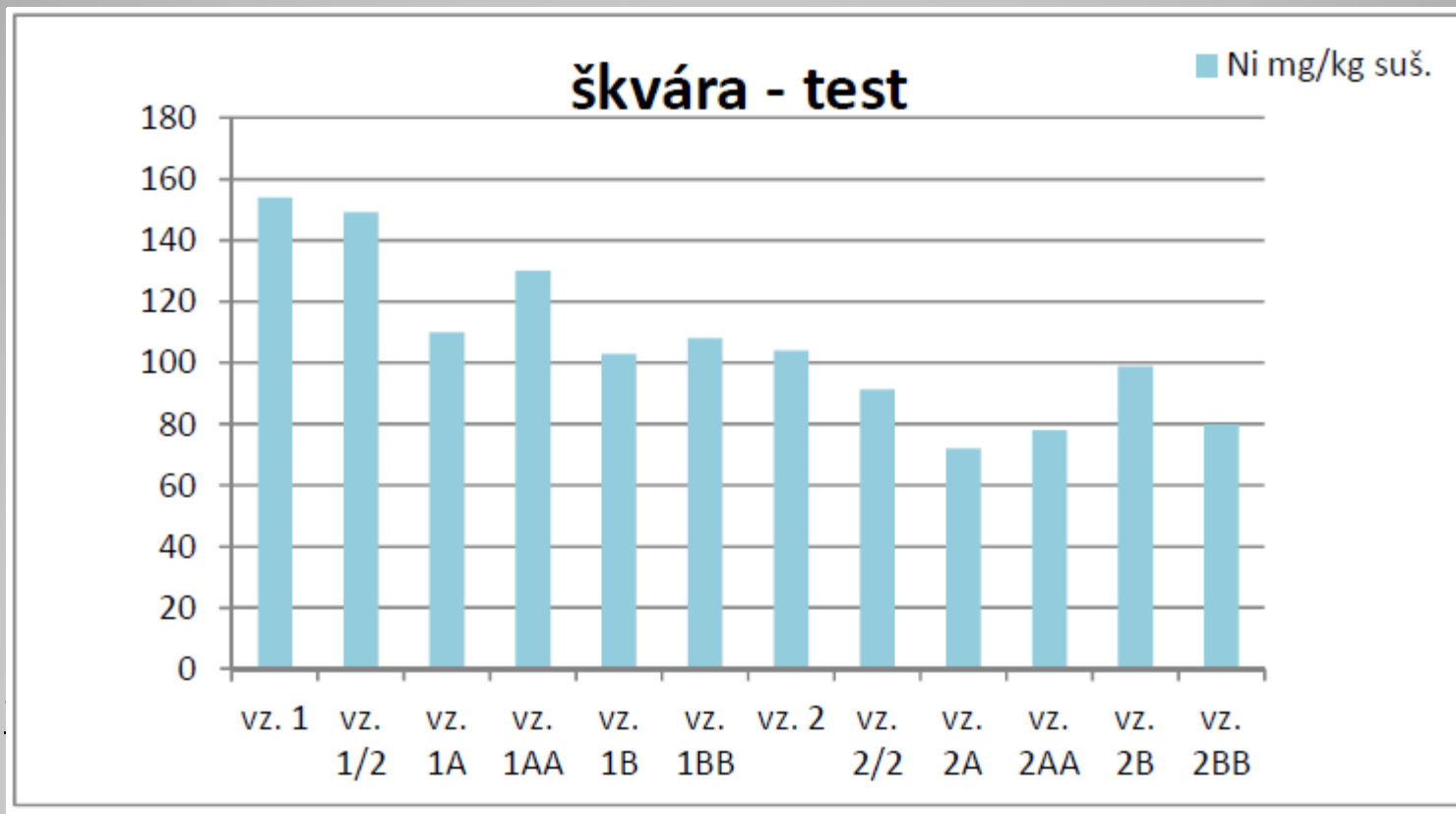
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



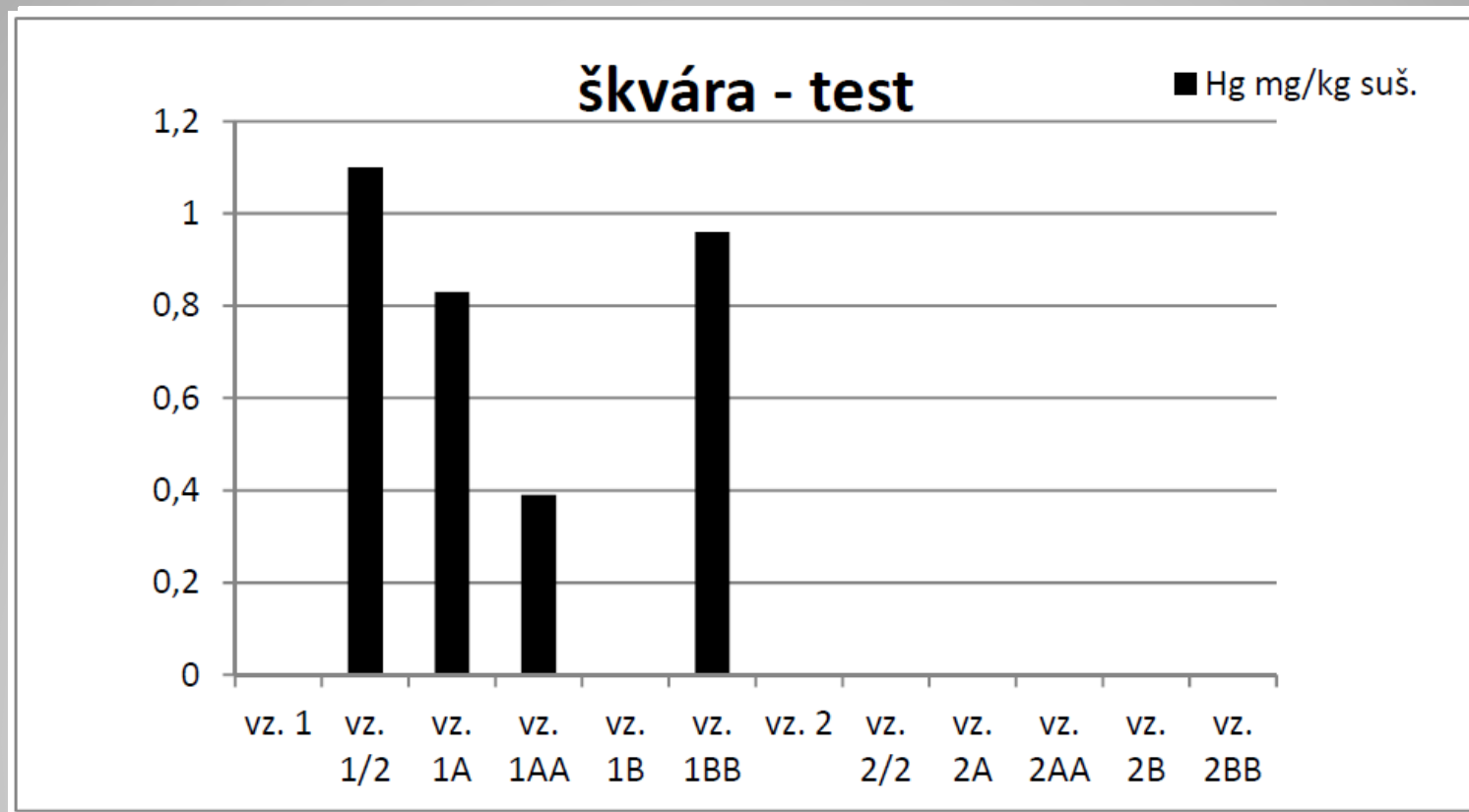
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



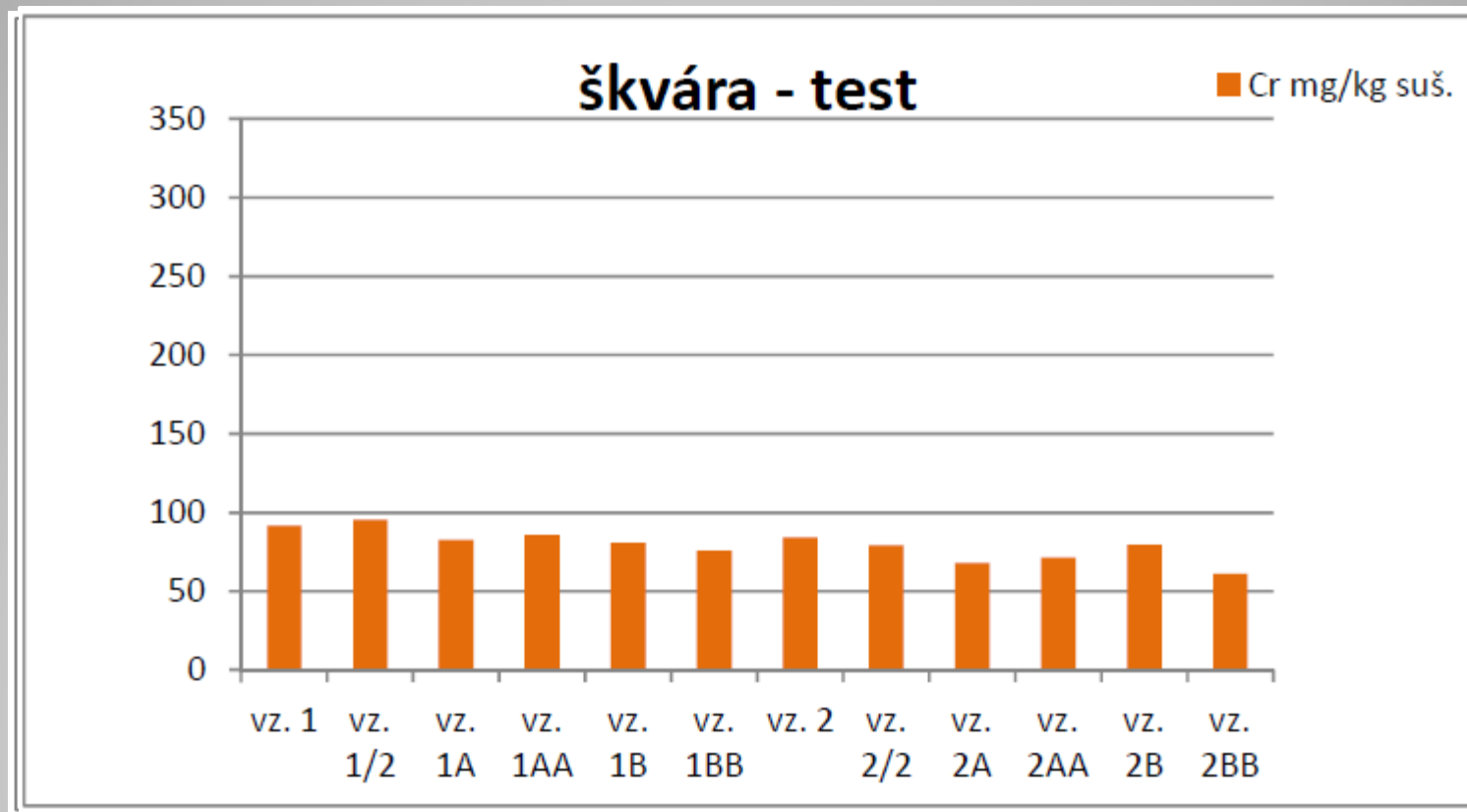
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



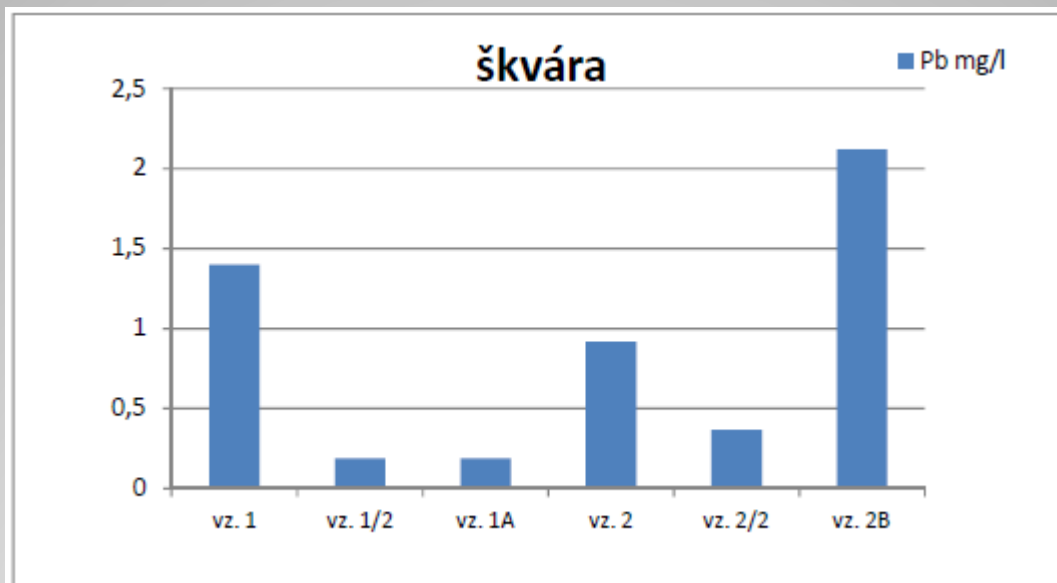
- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



- o Cd, Hg, Ni, Pb z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

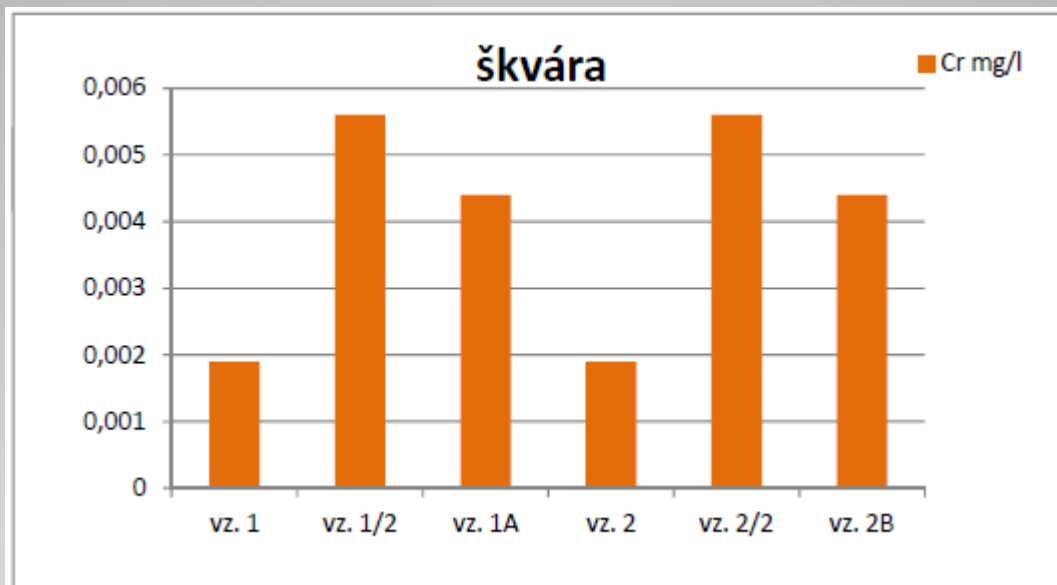


Hodnocení heterogenity vzorkovaného materiálu:

Ve vodném výluhu

- Cr, Hg, Pb z pohledu legislativních limitů
- Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

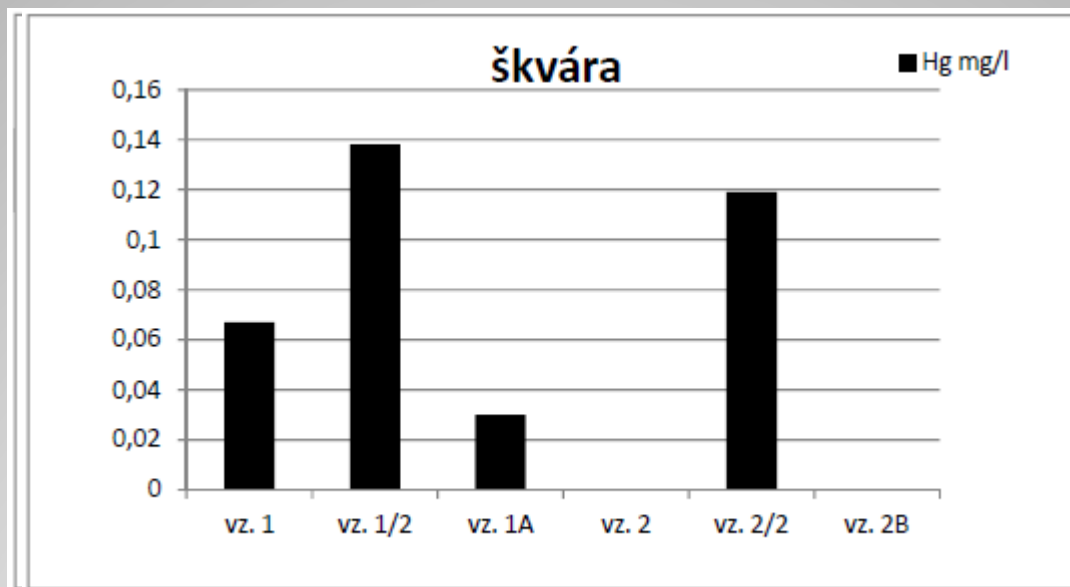


Hodnocení heterogenity vzorkovaného materiálu:

Ve vodném výluhu

- Cr, Hg, Pb z pohledu legislativních limitů
- Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V z analytického pohledu

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha



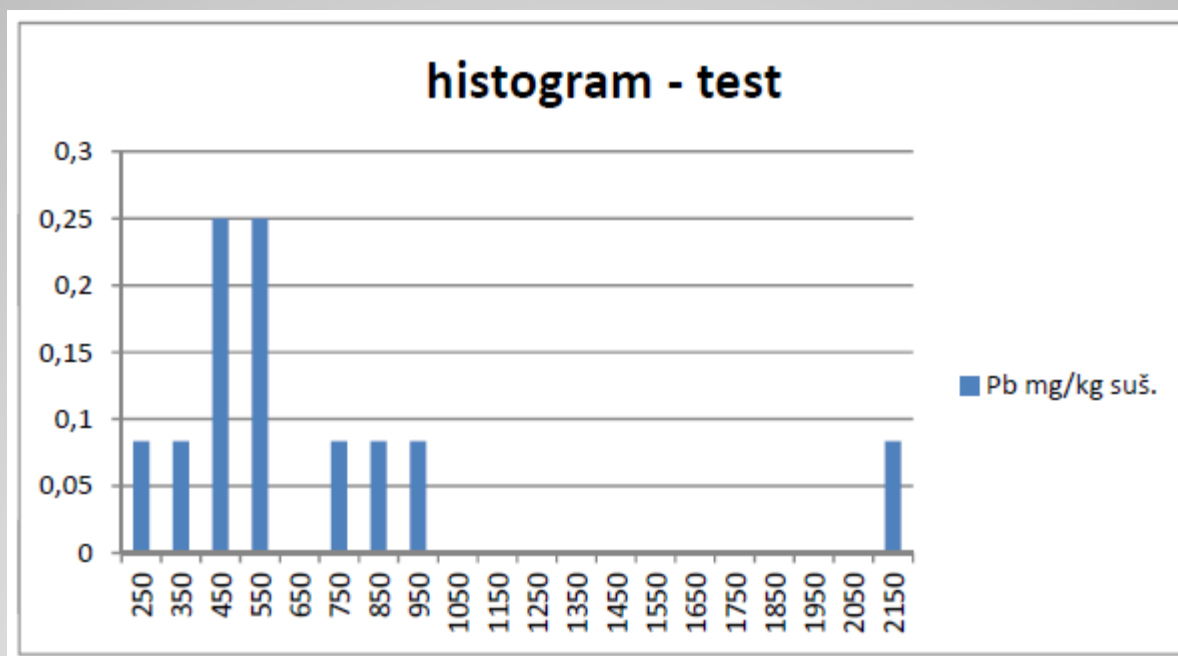
Hodnocení heterogenity vzorkovaného materiálu:

Ve vodném výluhu

- Cr, Hg, Pb z pohledu legislativních limitů
- Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, V z analytického pohledu

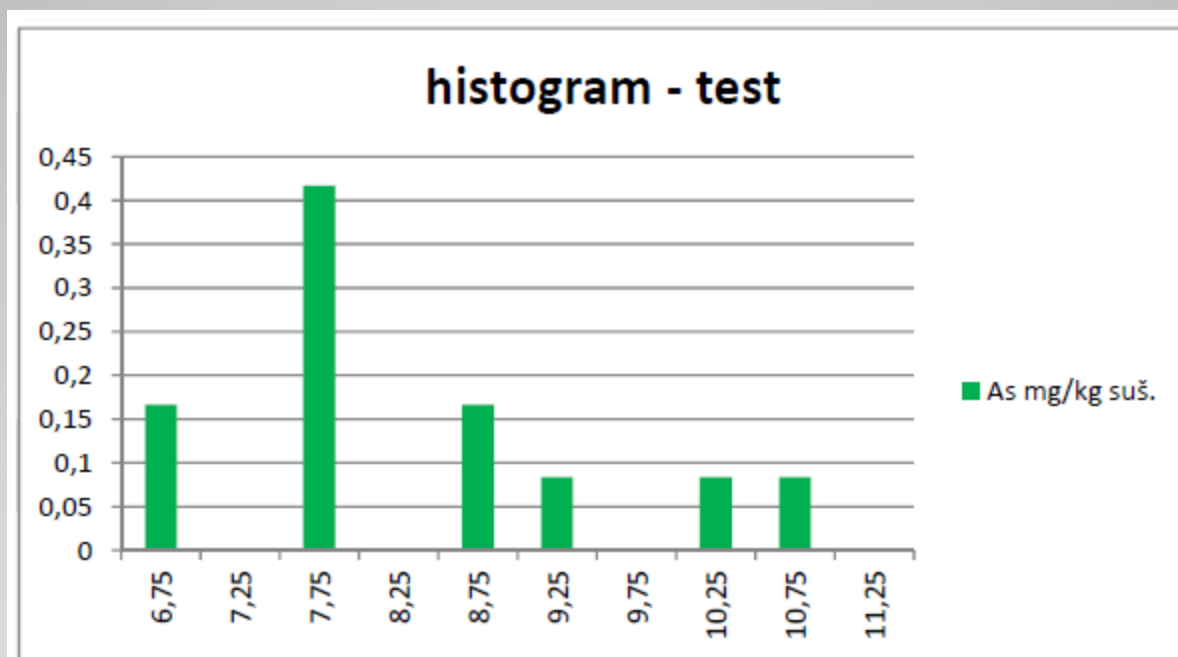
Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Rozložení pravděpodobnosti výsledků v sušině:



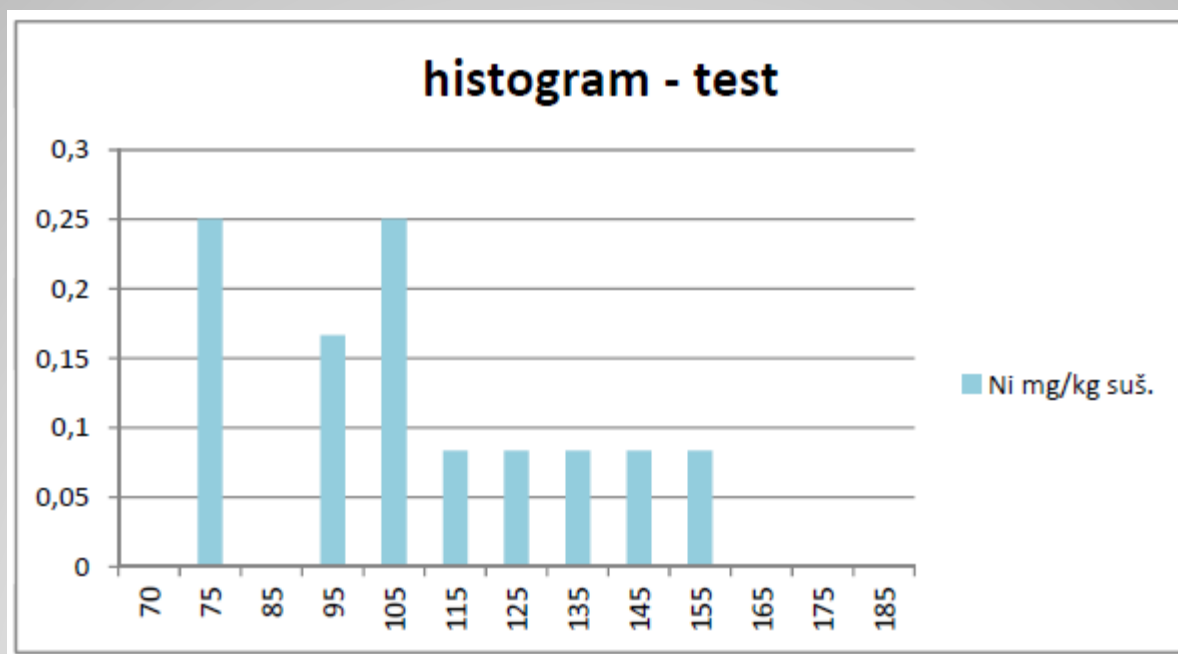
Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Rozložení pravděpodobnosti výsledků v sušině:



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

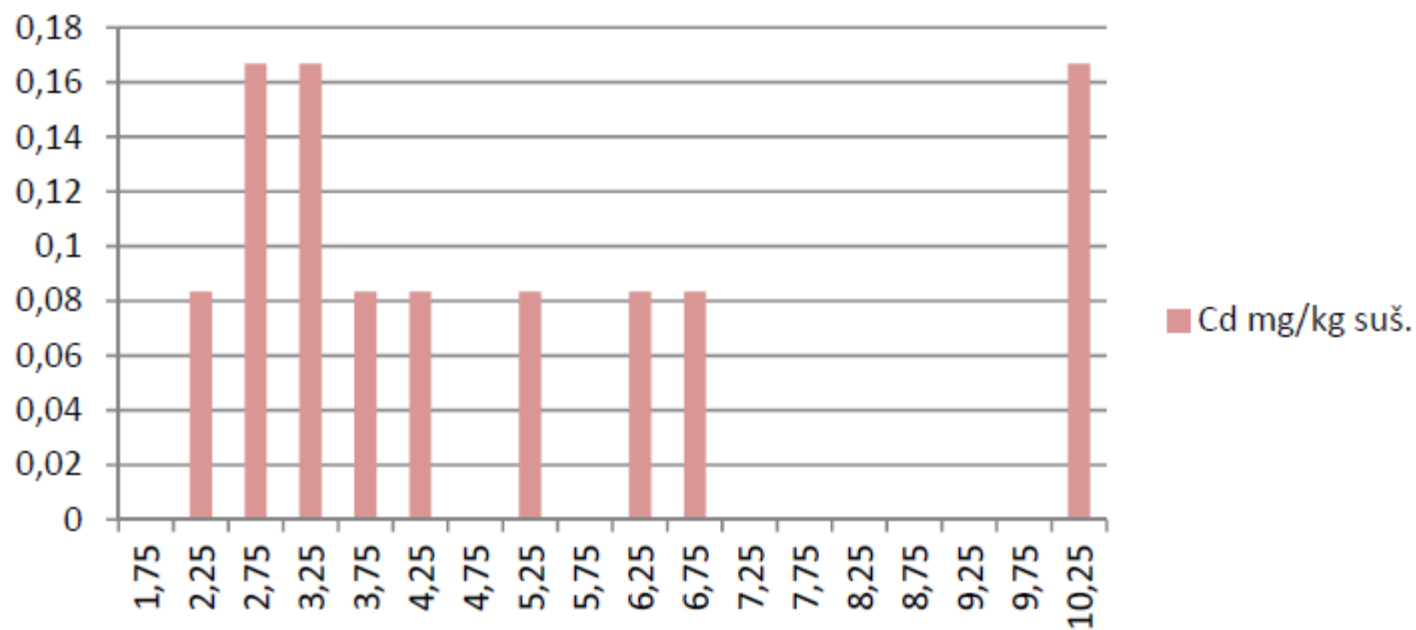
Rozložení pravděpodobnosti výsledků v sušině:



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

F

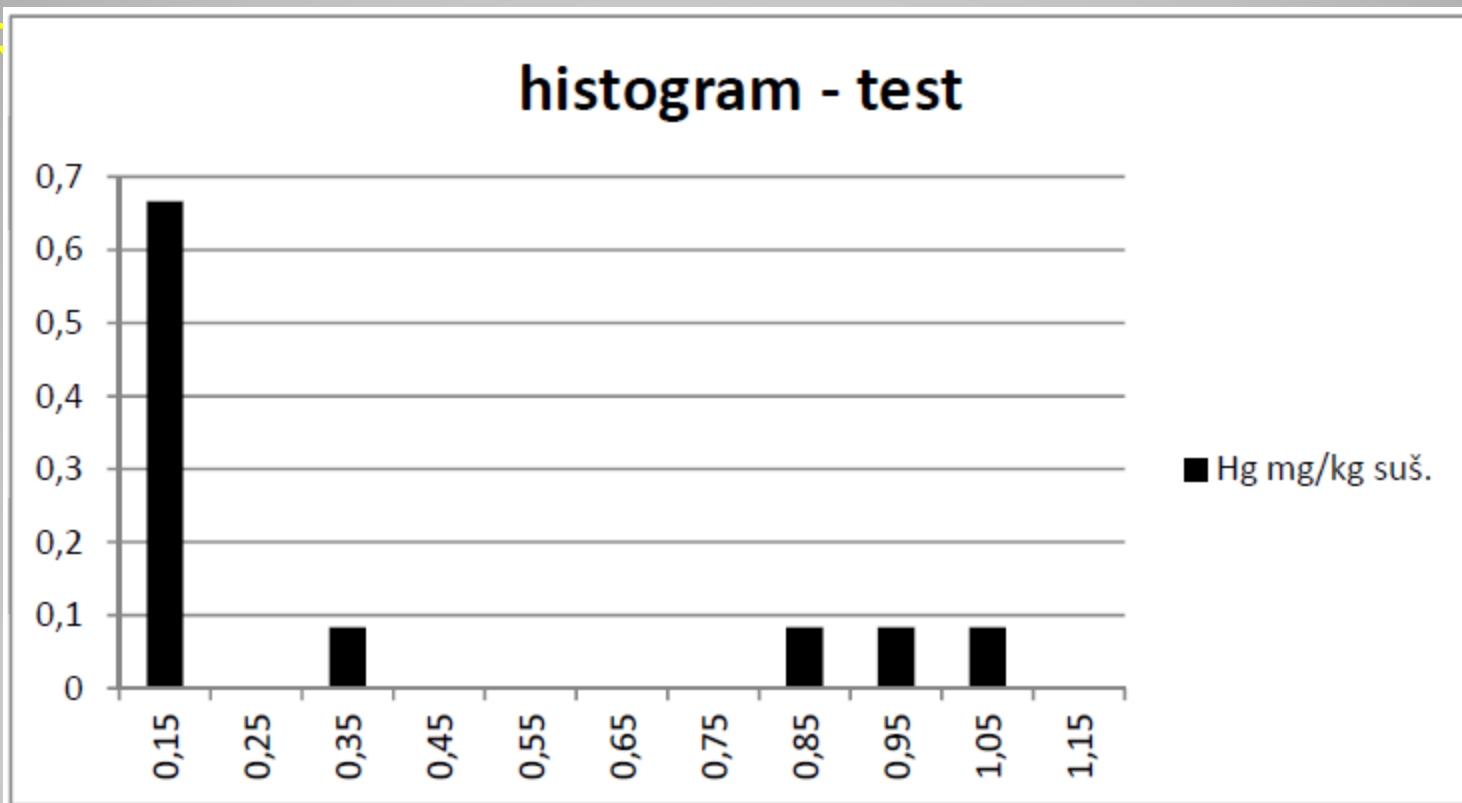
histogram - test



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

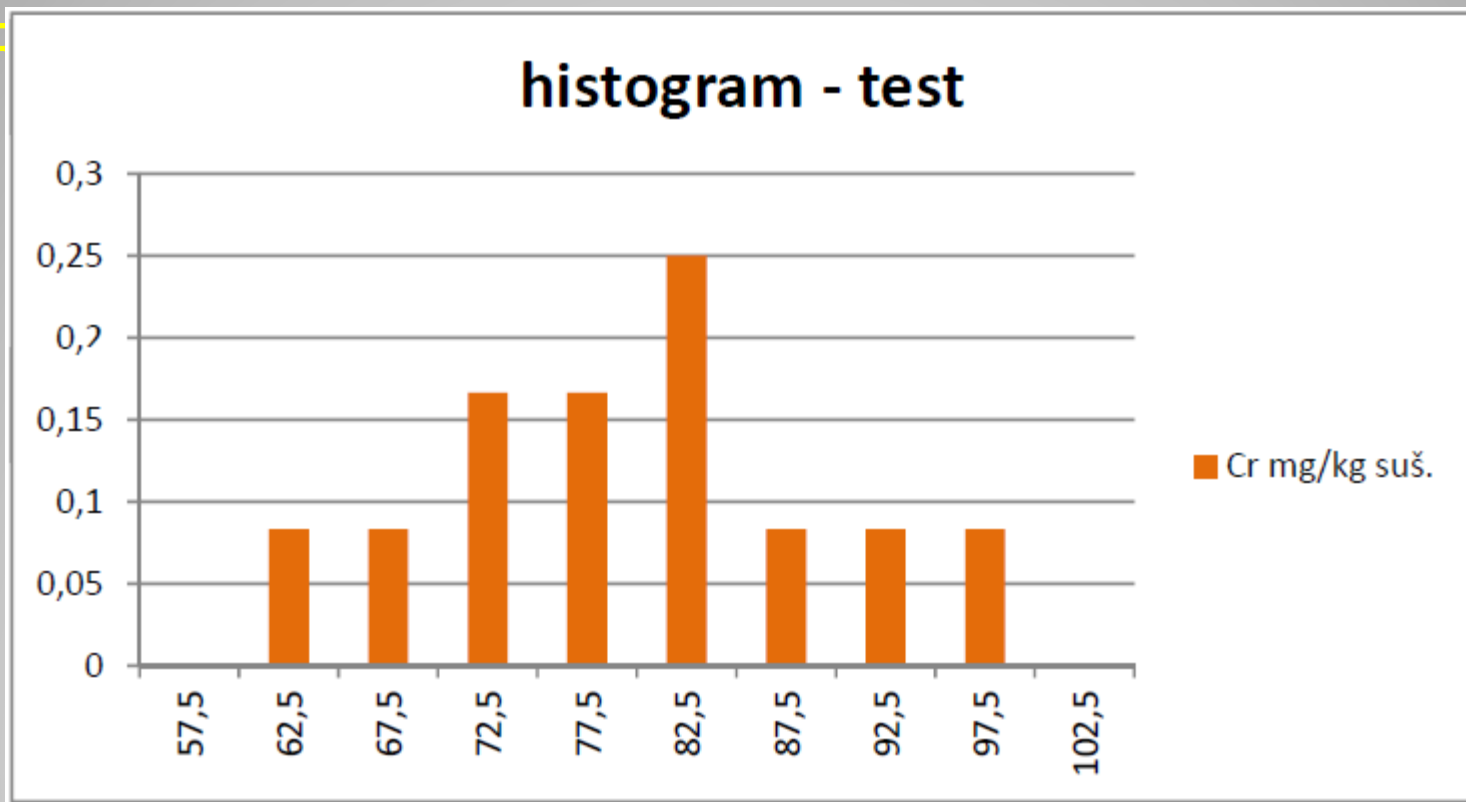
F

histogram - test



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

F



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

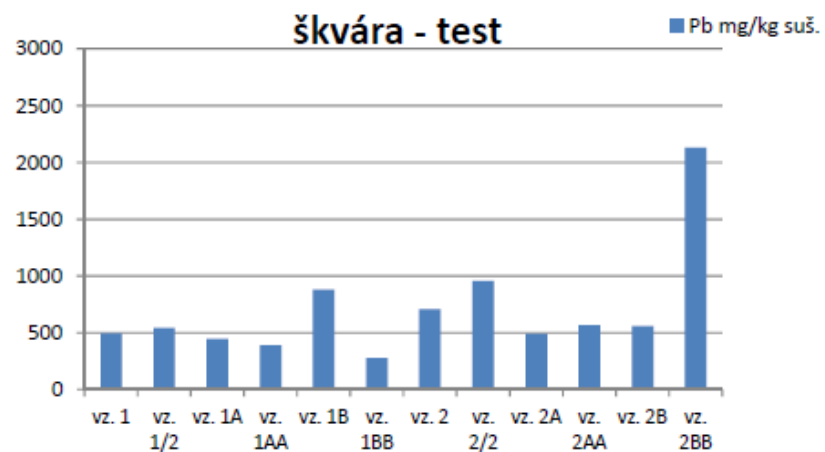
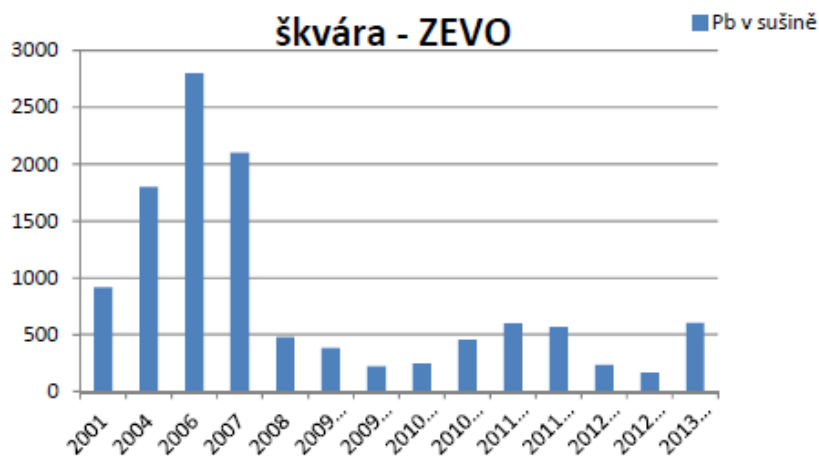
Závěr:

- Jak lze hodnotit odpad na základě prostých vzorků?

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Závěr:

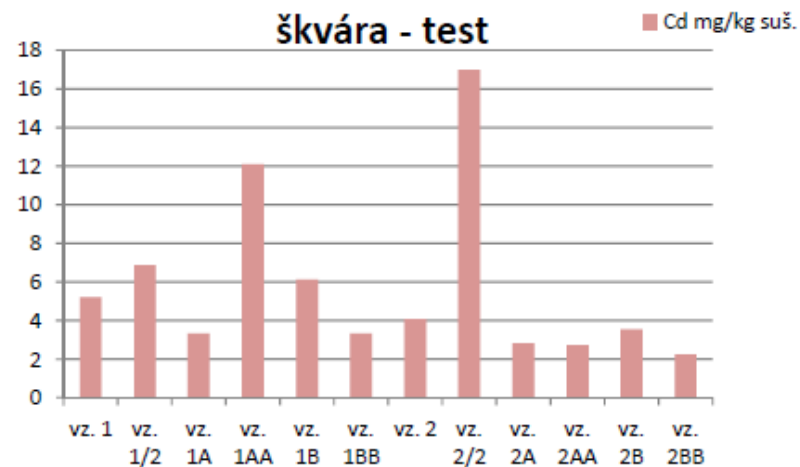
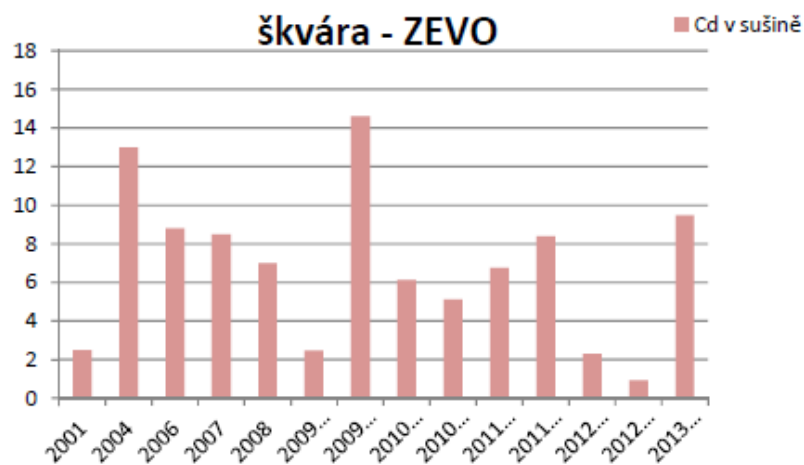
- Jak lze hodnotit odpad na základě prostých vzorků?



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Závěr:

- Jak lze hodnotit odpad na základě prostých vzorků?

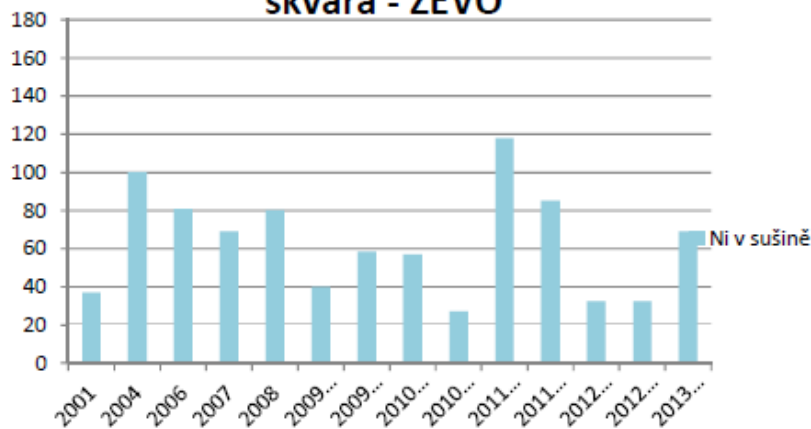


Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

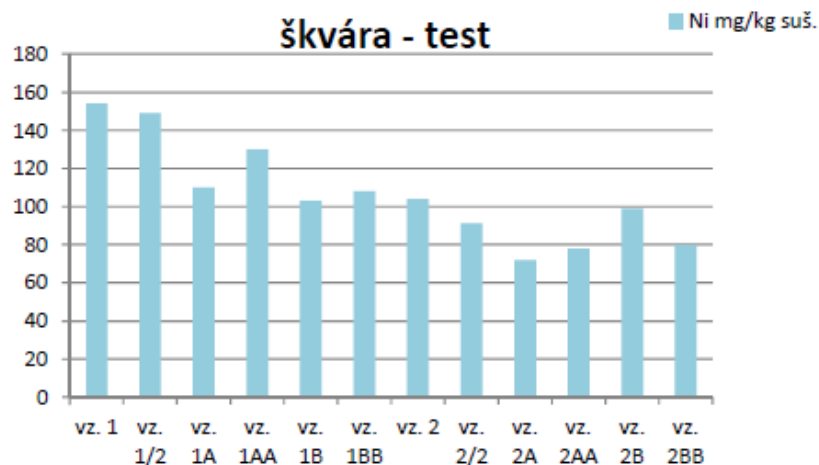
Závěr:

- Jak lze hodnotit odpad na základě prostých vzorků?

škvára - ZEVO



škvára - test



Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – ZEVO Praha

Závěr:

- Splnit požadavek spolehlivého vyhodnocení kvality testovaného odpadu je možné pouze:
 - na základě analýz dostatečného počtu vzorků,
 - za použití analýz kritických parametrů (kritické ukazatelé byly naším testováním vytipovány)
 - a vyhodnocením výsledků pomocí statického přístupu.

TESTOVÁNÍ LABORATOŘÍ NA STANOVENÍ VE VZORKU TUHÝCH ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ



Doškolovací seminář 17.9.2013 –
SAKO Brno a.s.

Doškolovací seminář 17.9.2013 – SAKO Brno a.s.

Cílem semináře bylo:

- ověřit, jak kvalitní informace lze získat na základě odběru omezeného počtu vzorků

TESTOVÁNÍ LABORATOŘÍ NA STANOVENÍ VE VZORKU TUHÝCH ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

Tabulka 1: Přehled zúčastněných laboratoří (seřazených abecedně)

Název laboratoře	Adresa laboratoře
ALS Czech Republic s.r.o.	Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
Aquatest a.s.	Geologická 4, 152 00 Praha 5
Bioanalytika CZ, s.r.o.	Píšťovy 820, 537 01 Chrudim
Laboratoř MORAVA s.r.o.	Oderská 456, 742 13 Studénka
Monitoring, s.r.o.	Novákových 439/6, 180 00 Praha 8
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě	Partyzánské náměstí č.7, 702 00 Ostrava
Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem	Moskevská 15, 400 01 Ústí nad Labem

Příprava vzorků

(dle požadavků Osvědčení č. Os 54/11/VeM)

byly připraveny 2 směsné vzorky z
vzorkovaného souboru tvořeného 3 kontejnery
(každý o objemu 14 m³)

Příprava vzorků

(dle požadavků Osvědčení č. Os 54/11/VeM)

směsný vzorek byl připraven následujícím postupem:

- Z každého kontejneru bylo odebráno 5 dílčích vzorků – terénní vzorek
- Terénní vzorek byl zhomogenizován, následně prosítován na frakce:
 - < 10 mm,
 - > 10 mm – rozdrčení částic < 10 mm
- Homogenizace celého vzorku
- Rozdělen na 10 podvzorků (10 laboratorních vzorků)

TESTOVÁNÍ LABORATOŘÍ NA STANOVENÍ VE VZORKU TUHÝCH ZBYTKŮ PO SPALOVÁNÍ KOMUNÁLNÍCH ODPADŮ

Tabulka 1: Přehled zúčastněných laboratoří (seřazených abecedně)

Název laboratoře	Adresa laboratoře
ALS Czech Republic s.r.o.	Na Harfě 336/9, 190 00 Praha 9
Aquatest a.s.	Geologická 4, 152 00 Praha 5
Bioanalytika CZ, s.r.o.	Píšťovy 820, 537 01 Chrudim
Laboratoř MORAVA s.r.o.	Oderská 456, 742 13 Studénka
Monitoring, s.r.o.	Novákových 439/6, 180 00 Praha 8
Zdravotní ústav se sídlem v Ostravě	Partyzánské náměstí č.7, 702 00 Ostrava
Zdravotní ústav se sídlem v Ústí nad Labem	Moskevská 15, 400 01 Ústí nad Labem

Každá laboratoř obdržela dvojici vzorků

Tabulka 2: Přehled výsledků stanovení v sušině

vzorek 1		označení laboratoře							
ukazatelé v sušině		1	2	3	4	5	6	7	8
sušina	%	-	81,9	-	-	-	-	81,8	-
As	mg/kg suš.	<5,0	5,89	11	9	9,12	20	<0,2	11,3
Cd	mg/kg suš.	2,62	3,25	6,07	5,01	3,35	3,1	2,39	3,9
Cr	mg/kg suš.	95,3	117	133	138	99,2	230	70,1	298,4
Hg	mg/kg suš.	<0,100	0,048	<0,24	<0,3	0,011	<0,1	0,0184	0,01
Ni	mg/kg suš.	41,4	43,8	85,5	60,6	47,8	150	49,3	93,6
Pb	mg/kg suš.	262	231	503	403	31,8	280	150	322,8
V	mg/kg suš.	32,6	30,2	30,3	31,1	39,8	36	18,7	52,6

vzorek 2		označení laboratoře							
ukazatelé v sušině		1	2	3	4	5	6	7	8
sušina	%	-	83	-	-	-	-	82,3	-
As	mg/kg suš.	<5,0	3,61	10,2	10	6,85	20	<0,2	11,9
Cd	mg/kg suš.	3,04	8,62	6,83	5,34	3,17	2,4	3,1	3,1
Cr	mg/kg suš.	111	112	144	115	97,6	180	60,4	433,3
Hg	mg/kg suš.	<0,100	0,058	<0,24	<0,3	0,016	<0,1	0,0161	0,008
Ni	mg/kg suš.	66,7	42,7	79,8	62	56,9	100	47,5	118,5
Pb	mg/kg suš.	242	256	830	379	19,9	270	150	501,4
V	mg/kg suš.	29,1	30,3	32,8	32,4	40,7	36	13,8	45,9

Tabulka 3: Přehled výsledků stanovení v sušině – hodnocení dle tabulky 10.1 přílohy 10 k Vyhlášce č.294/2005 Sb.

vzorek 1		označení laboratoře								Vyhláška č.294,
ukazatelé v sušině		1	2	3	4	5	6	7	8	tab. 10.
As	mg/kg suš.	<5,0	5,89	11	9	9,12	20	<0,2	11,3	10
Cd	mg/kg suš.	2,62	3,25	6,07	5,01	3,35	3,1	2,39	3,9	1
Cr	mg/kg suš.	95,3	117	133	138	99,2	230	70,1	298,4	200
Hg	mg/kg suš.	<0,100	0,048	<0,24	<0,3	0,011	<0,1	0,0184	0,01	0,8
Ni	mg/kg suš.	41,4	43,8	85,5	60,6	47,8	150	49,3	93,6	80
Pb	mg/kg suš.	262	231	503	403	31,8	280	150	322,8	100
V	mg/kg suš.	32,6	30,2	30,3	31,1	39,8	36	18,7	52,6	180

vzorek 2		označení laboratoře								Vyhláška č.294,
ukazatelé v sušině		1	2	3	4	5	6	7	8	tab. 10.
As	mg/kg suš.	<5,0	3,61	10,2	10	6,85	20	<0,2	11,9	10
Cd	mg/kg suš.	3,04	8,62	6,83	5,34	3,17	2,4	3,1	3,1	1
Cr	mg/kg suš.	111	112	144	115	97,6	180	60,4	433,3	200
Hg	mg/kg suš.	<0,100	0,058	<0,24	<0,3	0,016	<0,1	0,0161	0,008	0,8
Ni	mg/kg suš.	66,7	42,7	79,8	62	56,9	100	47,5	118,5	80
Pb	mg/kg suš.	242	256	830	379	19,9	270	150	501,4	100
V	mg/kg suš.	29,1	30,3	32,8	32,4	40,7	36	13,8	45,9	180

Vzorkování tuhých zbytků spalování

Tabulka 4: Základní charakteristiky výsledků stanovení v sušině

vzorek 1							
ukazatelé v sušině		průměr	medián	směrodatná odchylka	relativní směrodatná odchylka	minimum	maximum
As	mg/kg suš.	8,9	9,1	5,40	59,62%	<0,2	20
Cd	mg/kg suš.	3,7	3,3	1,17	35,44%	2,39	6,07
Cr	mg/kg suš.	148	125	72,3	57,87%	70,1	298,4
Hg	mg/kg suš.	0,10	0,074	0,103	139,20%	0,01	<0,3
Ni	mg/kg suš.	72	55	34,8	63,35%	41,4	150
Pb	mg/kg suš.	273	271	135,8	50,11%	31,8	503
V	mg/kg suš.	34	32	9,06	28,43%	18,7	52,6

vzorek 2							
ukazatelé v sušině		průměr	medián	směrodatná odchylka	relativní směrodatná odchylka	minimum	maximum
As	mg/kg suš.	8,5	8,4	5,66	67,24%	<0,2	20
Cd	mg/kg suš.	4,5	3,1	2,10	67,02%	2,4	8,62
Cr	mg/kg suš.	157	114	109,4	96,42%	60,4	433,3
Hg	mg/kg suš.	0,10	0,079	0,102	129,51%	0,008	<0,3
Ni	mg/kg suš.	72	64	24,5	38,15%	42,7	118,5
Pb	mg/kg suš.	331	263	231,1	87,86%	19,9	830
V	mg/kg suš.	33	33	8,84	27,12%	13,8	45,9

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – SAKO Brno a.s.

ukazatelé v sušině	preciznost stanovení replikátního vzorku (vzorek 1 a vzorek 2)							
	označení laboratoře							
	1	2	3	4	5	6	7	8
As	pod mezí	42,54%	6,69%	9,33%	25,19%	0,00%	pod mezí	4,58%
Cd	13,15%	80,18%	10,44%	5,65%	4,89%	22,56%	22,92%	20,26%
Cr	13,49%	3,87%	7,04%	16,11%	1,44%	21,61%	13,17%	32,68%
Ni	41,48%	2,25%	6,11%	2,02%	15,40%	35,45%	3,30%	20,81%
Pb	7,03%	9,10%	43,48%	5,44%	40,80%	3,22%	0,00%	38,41%
V	10,05%	0,29%	7,02%	3,63%	1,98%	0,00%	26,72%	12,06%

ukazatelé v sušině	relativní směrodatná odchylka výsledků	
	vzorek 1	vzorek 2
As	59,62%	67,24%
Cd	35,44%	67,02%
Cr	57,87%	96,42%
Ni	63,35%	38,15%
Pb	50,11%	87,86%
V	28,43%	27,12%

Tabulka 8: Přehled výsledků stanovení ve vodném výluhu

vzorek 1		označení laboratoře							
ukazatelé ve vodném výluhu		1	2	3	4	5	6	7	8
As	mg/l	<0,005	<0,003	<0,001	<0,00002	0,012	<0,002	0,005	<0,04
Ba	mg/l	0,176	1,47	1,8	1,13	1,78	2,2	1,49	1,26
Cd	mg/l	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,000002	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,002
Cu	mg/l	0,11	1,44	1,16	1,23	0,93	0,9	0,61	0,87
Cr	mg/l	<0,005	0,0139	0,0318	0,02	0,04	0,032	0,026	0,014
Hg	mg/l	<0,0003	<0,001	<0,00001	<0,00001	<0,0005	<0,0003	<0,0002	<0,0002
Mo	mg/l	0,0066	0,0544	0,0606	0,062	0,1	0,017	0,071	0,066
Ni	mg/l	<0,005	0,0109	0,0235	0,011	0,06	0,011	0,017	<0,01
Pb	mg/l	0,358	0,471	0,995	0,556	0,11	0,015	0,024	0,101
Se	mg/l	<0,010	<0,009	<0,005	<0,00002	0,024	<0,003	<0,005	<0,001
Sb	mg/l	<0,005	0,003	0,0025	<0,000002	0,0038	<0,003	0,0077	0,0011
Zn	mg/l	0,074	0,599	1,11	1,01	0,49	0,62	0,066	0,512

vzorek 2		označení laboratoře							
ukazatelé ve vodném výluhu		1	2	3	4	5	6	7	8
As	mg/l	<0,005	<0,003	<0,001	<0,00002	0,02	<0,002	0,007	<0,04
Ba	mg/l	0,173	1,51	1,88	1,38	1,8	1,8	1,49	1,46
Cd	mg/l	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,000002	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,002
Cu	mg/l	0,118	1,37	1,44	1,02	0,89	0,89	0,66	0,95
Cr	mg/l	<0,005	0,0153	0,0344	0,017	0,04	0,023	0,03	0,014
Hg	mg/l	<0,0003	<0,001	<0,00001	<0,00001	<0,0005	<0,0003	<0,0002	<0,0002
Mo	mg/l	0,0063	0,0538	0,0594	0,053	0,04	0,016	0,071	0,055
Ni	mg/l	<0,005	0,0119	0,0318	0,0099	0,1	0,01	0,015	<0,01
Pb	mg/l	0,0683	0,862	0,938	0,412	0,13	0,015	<0,01	0,155
Se	mg/l	<0,010	0,01	<0,005	<0,00002	0,023	<0,003	<0,005	<0,001
Sb	mg/l	<0,005	<0,003	0,0013	<0,000002	0,0043	<0,003	0,0092	0,0011
Zn	mg/l	0,086	0,643	1,24	0,629	0,71	0,5	0,076	0,55

vzorek 1		označení laboratoře								Vyhláška č.294/2005		
ukazatelé ve vodném výluhu		1	2	3	4	5	6	7	8	I	IIa	IIb
As	mg/l	<0,005	<0,003	<0,001	<0,00002	0,012	<0,002	0,005	<0,04	0,05	2,5	0,2
Ba	mg/l	0,176	1,47	1,8	1,13	1,78	2,2	1,49	1,26	2	30	10
Cd	mg/l	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,000002	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,002	0,004	0,5	0,1
Cu	mg/l	0,11	1,44	1,16	1,23	0,93	0,9	0,61	0,87	0,2	10	5
Cr	mg/l	<0,005	0,0139	0,0318	0,02	0,04	0,032	0,026	0,014	0,05	7	1
Hg	mg/l	<0,0003	<0,001	<0,00001	<0,00001	<0,0005	<0,0003	<0,0002	<0,0002	0,001	0,2	0,02
Mo	mg/l	0,0066	0,0544	0,0606	0,062	0,1	0,017	0,071	0,066	0,05	3	1
Ni	mg/l	<0,005	0,0109	0,0235	0,011	0,06	0,011	0,017	<0,01	0,04	4	1
Pb	mg/l	0,358	0,471	0,995	0,556	0,11	0,015	0,024	0,101	0,05	5	1
Se	mg/l	<0,010	<0,009	<0,005	<0,00002	0,024	<0,003	<0,005	<0,001	0,01	0,7	0,05
Sb	mg/l	<0,005	0,003	0,0025	<0,000002	0,0038	<0,003	0,0077	0,0011	0,006	0,5	0,07
Zn	mg/l	0,074	0,599	1,11	1,01	0,49	0,62	0,066	0,512	0,4	20	5

vzorek 2		označení laboratoře								Vyhláška č.294/2005		
ukazatelé ve vodném výluhu		1	2	3	4	5	6	7	8	I	IIa	IIb
As	mg/l	<0,005	<0,003	<0,001	<0,00002	0,02	<0,002	0,007	<0,04	0,05	2,5	0,2
Ba	mg/l	0,173	1,51	1,88	1,38	1,8	1,8	1,49	1,46	2	30	10
Cd	mg/l	<0,0005	0,0006	<0,0005	<0,000002	<0,0005	<0,001	<0,0005	<0,002	0,004	0,5	0,1
Cu	mg/l	0,118	1,37	1,44	1,02	0,89	0,89	0,66	0,95	0,2	10	5
Cr	mg/l	<0,005	0,0153	0,0344	0,017	0,04	0,023	0,03	0,014	0,05	7	1
Hg	mg/l	<0,0003	<0,001	<0,00001	<0,00001	<0,0005	<0,0003	<0,0002	<0,0002	0,001	0,2	0,02
Mo	mg/l	0,0063	0,0538	0,0594	0,053	0,04	0,016	0,071	0,055	0,05	3	1
Ni	mg/l	<0,005	0,0119	0,0318	0,0099	0,1	0,01	0,015	<0,01	0,04	4	1
Pb	mg/l	0,0683	0,862	0,938	0,412	0,13	0,015	<0,01	0,155	0,05	5	1
Se	mg/l	<0,010	0,01	<0,005	<0,00002	0,023	<0,003	<0,005	<0,001	0,01	0,7	0,05
Sb	mg/l	<0,005	<0,003	0,0013	<0,000002	0,0043	<0,003	0,0092	0,0011	0,006	0,5	0,07
Zn	mg/l	0,086	0,643	1,24	0,629	0,71	0,5	0,076	0,55	0,4	20	5

Vzorkování tuhých zbytků spalování

Tabulka 10: Základní charakteristiky výsledků stanovení ve vodném výluhu

.S.

vzorek 1							
ukazatelé ve vodném výluhu		průměr	medián	směrodatná odchylka	relativní směrodatná odchylka	minimum	maximum
Ba	mg/l	1,41	1,48	0,564	39,92%	0,176	2,2
Cu	mg/l	0,906	0,915	0,384	42,34%	0,11	1,44
Cr	mg/l	0,0228	0,023	0,0109	47,79%	<0,005	0,04
Mo	mg/l	0,0547	0,0613	0,0280	51,17%	0,0066	0,1
Ni	mg/l	0,0186	0,011	0,0165	88,87%	<0,005	0,06
Pb	mg/l	0,329	0,234	0,318	96,65%	0,015	0,995
Zn	mg/l	0,560	0,556	0,353	63,04%	0,066	1,11

vzorek 2							
ukazatelé ve vodném výluhu		průměr	medián	směrodatná odchylka	relativní směrodatná odchylka	minimum	maximum
Ba	mg/l	1,44	1,50	0,509	35,40%	0,173	1,88
Cu	mg/l	0,917	0,920	0,387	42,16%	0,118	1,44
Cr	mg/l	0,0223	0,0200	0,0110	49,16%	<0,005	0,04
Mo	mg/l	0,0443	0,0534	0,0209	47,10%	0,0063	0,071
Ni	mg/l	0,0242	0,0110	0,0296	122,37%	<0,005	0,1
Pb	mg/l	0,324	0,143	0,354	109,18%	0,01	0,938
Zn	mg/l	0,554	0,590	0,346	62,47%	0,076	1,24

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – SAKO Brno a.s.

ukazatelé ve vodném výluhu	preciznost stanovení replikátního vzorku (vzorek 1 a vzorek 2)							
	označení laboratoře							
	1	2	3	4	5	6	7	8
Ba	1,52%	2,38%	3,85%	17,65%	0,99%	17,72%	0,00%	13,03%
Cu	6,22%	4,42%	19,09%	16,54%	3,90%	0,99%	6,98%	7,79%
Cr	pod mezí	8,50%	6,96%	14,37%	0,00%	29,00%	12,66%	0,00%
Mo	4,12%	0,98%	1,77%	13,87%	75,96%	5,37%	0,00%	16,11%
Ni	pod mezí	7,77%	26,60%	9,33%	44,31%	8,44%	11,08%	pod mezí
Pb	120,45%	51,99%	5,23%	26,37%	14,77%	0,00%	pod mezí	37,39%
Zn	13,29%	6,28%	9,80%	41,20%	32,49%	18,99%	12,48%	6,34%

ukazatelé ve vodném výluhu	relativní směrodatná odchylka výsledků	
	vzorek 1	vzorek 2
Ba	39,92%	35,40%
Cu	42,34%	42,16%
Cr	47,79%	49,16%
Mo	51,17%	47,10%
Ni	88,87%	122,37%
Pb	96,65%	109,18%
Zn	63,04%	62,47%

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – SAKO Brno a.s.

Závěr:

- Rozdíly mezi výsledky zúčastněných laboratoří (zejména hraniční výsledky) signalizují odlišné postupy laboratoří při úpravě a zpracování vzorku. Tyto rozdíly u některých ukazatelů (např. As, Ni, Pb stanovené v sušině a Ni, Pb, Zn ve vodném výluhu) nelze vysvětlit pouze odkazem na heterogenitu dodaného vzorku.

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – SAKO Brno a.s.

Závěr:

- Heterogenita materiálu ve vzorku může být v některých ukazatelích natolik významná, že výsledek reprezentující celý dodaný vzorek by měl být připraven jako průměrná koncentrace z opakovaných stanovení několika zkušebních vzorků.

Vzorkování tuhých zbytků spalování komunálních odpadů – SAKO Brno a.s.

Závěr:

- Heterogenita vzorkovaného odpadu je v některých ukazatelích natolik významná, že ke spolehlivému vyhodnocení kvality testovaného odpadu je nutné analyzovat dostatečný počet vzorků (analýzy kritických parametrů) a výsledky vyhodnocovat pomocí statického přístupu.

A man wearing a bright yellow and orange high-visibility vest over a dark long-sleeved shirt is kneeling on the ground. He is focused on a large black plastic bin, using a small tool to work inside. To his right, a brown chicken is pecking at the ground. The background consists of a rocky, uneven terrain with some wooden planks and a tire. The overall scene suggests an outdoor work or maintenance activity.

Děkuji za Vaši pozornost!!!

Petr Kohout