

**Ústřední kontrolní a zkušební ústav
zemědělský**

Odbor agrochemie, půdy a výživy rostlin

BULLETIN

Odboru agrochemie, půdy a výživy rostlin

Ročník XI., číslo 4 / 2003

Brno 2003

Čtvrté číslo XI. ročníku bulletinu odboru agrochemie, půdy a výživy rostlin je monotematické se zaměřením na problematiku možností využívání kalů z čistíren odpadních vod (ČOV). V prvním příspěvku jsou prezentovány výsledky tříletých pokusů ÚKZÚZ se zaměřením na výnos a kvalitu produkce při hnojení kaly z ČOV a s ověřením přechodu těžkých kovů do zkoušených plodin. Druhý příspěvek uvádí výsledky šetření z hlediska obsahu živin a těžkých kovů odpadních kalů ve Švýcarsku za období 25 let i ve vztahu k zemědělskému využívání. Ve třetím příspěvku je popsáno možné energetické využívání čistírenských kalů, jako jedna z dalších možných variant (dále na příklad v tomto bulletinu neuváděné využití kalů z ČOV jako odpad pro výrobu kompostů, etc.).

Obsah

ING. MARIE SVAČINOVÁ, MIROSLAVA KADEŘÁVKOVÁ <i>ÚKZÚZ Přerov nad Labem</i>	4
<i>Ověření použití tekutých kalů z ČOV v Přerově nad Labem a zahuštěných kalů z ČOV v Sušici na výnos a kvalitu produkce</i>	
DAVID R. KÜLLING, FRANZ X. STADELMANN, TONI CANDINAS <i>Se souhlasem autorů přeložil Ing. Jan Šnejd, ÚKZÚZ Planá nad Lužnicí</i>	61
<i>Živiny a těžké kovy v odpadních kalech 1975 – 1999</i>	
JAROSLAV HYŽÍK	71
<i>Řešení konečného zpracování kalů jejich energetickým využíváním</i>	

Ověření použití tekutých kalů z ČOV v Přerově nad Labem a zahuštěných kalů z ČOV v Sušici na výnos a kvalitu produkce

ing. Marie Svačinová, Miroslava Kadeřávková, ÚKZÚZ Přerov nad Labem

1. ÚVOD

Kaly představují směs usazených minerálních a organických látek, které jsou v procesu čištění zachycovány v primárních usazovacích nádržích. Pro hnojení půd se využívají kaly kanalizační, které vznikají při čistírenských procesech kanalizačních vod. Tyto kaly jsou řídké, čerstvé obsahují až 97 % vody (kal z ČOV v Přerově nad Labem). Jako druhotný produkt při výrobách v cukrovarech, papírnách, vznikají také kaly, které jsou už zahuštěné (kal Sušice).

Kaly jsou aplikovány buď přímo do půdy, nebo jsou využity při výrobě kompostů, za předpokladu, že neobsahují vysoký obsah těžkých kovů. V kalech je obsažen hlavně N a K, z mikroelementů je to B a Mn. Přísně se sleduje obsah těžkých kovů. Kaly mají pH buď neutrální, nebo zásadité. Zároveň se sledují u kalů fytopatogenní zárodky, v případě výskytu se nechávají kaly sedimentovat až dva roky, pokud tyto zárodky neodumřou.

V letech 2000 - 2002 byl sledován v přesné nádobové zkoušce ve vegetační hale v Přerově nad Labem vliv dvou kalů na výnos zemědělských plodin. Jedná se o tekutý kal z ČOV Přerov nad Labem a zahuštěný kal z ČOV Sušice.

Název zkoušky: Ověření použití tekutých kalů z ČOV v Přerově nad Labem a zahuštěných kalů z ČOV v Sušici na výnos a kvalitu produkce.

Účel zkoušky: Účelem zkoušky bylo porovnat vliv odpadních kalů z ČOV na výnos zemědělských plodin a ověřit čerpání těžkých kovů.

2. MATERIÁL A METODY

K zabezpečení pokusu bylo použito zeminy z pole z Přerova nad Labem. Podrobná charakteristika je uvedena **v tabulce č. 1.**

Trvání pokusu: 3 roky (2000 - 2002)

Velikost pokusu: 8 x 5 x 3 = 120 nádob

Zkoušené plodiny:

<i>rok</i>	<i>sled A</i>	<i>sled B</i>	<i>sled C</i>
2000	cibule	ječmen jarní	kukuřice na zeleno
2001	mrkev	řepka ozimá	ječmen jarní
2002	ječmen jarní	cibule	kukuřice na zeleno

Kombinace hnojení:

1. NPK - kontrola
2. NPK + kal Přerov dávka I
3. NPK + kal Přerov dávka II
4. NPK + kal Sušice dávka I
5. NPK + kal Sušice dávka II

Charakteristika kalů je uvedena v následující tabulce:

<i>stanovené prvky</i>	<i>metody stanovení</i>	<i>kal Přerov nad Labem</i>	<i>kal Sušice</i>
N v %	podle Kjeldala	0,20	6,27
P ₂ O ₅ v %	stanoveny v 20% HCl	4,40	2,56
K ₂ O v %		0,84	0,68
CaO v %		6,72	0,51
MgO v %		0,83	0,27
Cd mg/kg	stanoveny v lučavce královské	1,40	1,70
Cr mg/kg		14,00	23,75
Cu mg/kg		120,00	33,81
Hg mg/kg		5,50	0,201
Pb mg/kg		22,00	10,26
Zn mg/kg		1220	374,40
Ni mg/kg		19,00	4,48
As mg/kg		3,80	3,07
obsah vody v %		96,30	84,40

2.1. Hnojení, dávky živin a forma hnojiv

Dávky kalu zapravené do nádob v roce 2000 podle velikosti nádob jsou uvedeny v následující tabulce:

<i>název kalu</i>	<i>dávka kalu na 13 l</i>	<i>dávka kalu na 15 l</i>	<i>odpovídá dávce kalu v t/ha</i>
kal Přerov dávka I	43 g	50 g	10 t/ha
kal Přerov dávka II	86 g	100 g	20 t/ha
kal Sušice dávka I	86 g	100 g	20 t/ha
kal Sušice dávka II	172 g	200 g	40 t/ha

Hlavní živiny N, P, K z čistých solí byly zapraveny před setím. Dusík byl aplikován z močoviny, fosfor z hydrofosforečnanu vápenatého a draslík z uhličitanu draselného.

Dávky čistých živin pro jednotlivé plodiny v g na 13 kg půdy a 15 kg půdy

<i>plodina</i>	<i>N</i>		<i>P₂O₅</i>		<i>K₂O</i>	
	<i>13 kg</i>	<i>15 kg</i>	<i>13 kg</i>	<i>15 kg</i>	<i>13 kg</i>	<i>15 kg</i>
ječmen jarní	2,17	2,50	1,73	2,00	2,60	3,00
cibule	2,17	-	1,73	-	2,17	-
kukuřice na zeleno	-	3,00	-	2,50	-	3,50

2.2. Technika provedení zkoušky

Pokus byl založen v roce 2000 ve vegetační hale v Přerově nad Labem v umělohmotných nádobách o objemu 13 l a 15 l pro kukuřici. Nádoby byly vyhnojeny kaly 27. 3. 2000 podle metodiky.

V roce 2002 byly pěstovány v nádobách tyto plodiny: *ječmen jarní odrůda Maridol*, *cibule sazečka odrůda Všetana* a *kukuřice na zeleno odrůda Cesil 285*.

Čisté živiny N, P, K, byly zapraveny do půdy ve formě roztoků čistých živin podle požadavků jednotlivých plodin před výsevem. Po vyhnojení nádob byly pokusné plodiny vysety a vysázeny do nádob, jak je uvedeno v následující tabulce:

pokusná plodina	počet vysetých semen	počet vyjedených rostlin
ječmen jarní	48	22
cibule	8 sazeček	8 sazeček
kukuřice na zeleno	20	9

3. VÝSLEDKY:

3.1. Zhodnocení vegetačního pozorování

3.1.1. Ječmen jarní

Ječmen jarní odrůdy Maridol byl vyset 19. 4. 2002. Do každé nádoby bylo vyseto 42 zrn. Začátek vzcházení 10 % byl zaznamenán 24. 4. a ke dni 26. 4. vzešlo 75 % rostlin. Vyjedení na 22 rostlin bylo provedeno 30. 4. Vlivem vysokých teplot v měsíci květnu ječmen neodnožil. Začátek sloupkování byl 23. 5. a 3. 6. začal ječmen metat. Kvést začal ječmen 30. 6. Rozdíly v růstu během vegetace nebyly mezi jednotlivými kombinacemi hnojení zjištěny. Ke dni 1. 6. byla u ječmene zaznamenána mléčná zralost a 8. 7. byla zaznamenána vosková zralost. Sklizeň byla provedena u ječmene jarního 15. 7. Vymláčení zrna a jeho zvažení bylo provedeno 9. 8. Výnosy zrna a slámy jsou uvedeny v *tabulce č. 2*.

Během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin. Ošetření proti chorobám a škůdcům uvádí následující tabulka.

Ošetření ječmene proti chorobám a škůdcům

<i>datum ošetření</i>	<i>škodlivý činitel</i>	<i>postřik</i>	<i>dávka</i>
30. 4. 2002	Bzunka ječná	Karate 2,5 WG	3 g/6l
16. 5. 2002	Houbové choroby	Flamenco	1l/ha
24. 5. 2002	Čerň	Tilt 250 EC	0,5 l/ha
6. 6. 2002	Rzi	Alto combi	0,5 l/ha
10. 6. 2002	Mšice	Pirimor 25 WG	0,6 kg/ha
14. 6. 2002	Rzi	Falcon EC	6 ml/10 l

Po sklizni zrna a slámy ječmene byly odebrány vzorky z každé kombinace hnojení na rozboru základních živin N, P, K, Ca, Mg, mikroelementů a těžkých kovů. Výsledky jsou uvedeny v *tabulkách č. 6, 9, 12, 13*.

Po sklizni ječmene byly odebrány průměrné vzorky zeminy z nádob na rozboru. Bylo stanoveno pH, mikroelementy a těžké kovy. Výsledky rozborů půdy jsou uvedeny v *tabulkách č. 18, 19*.

3.1.2. Cibule

Cibule odrůdy Všetana byla pěstována ze sazečky. Do každé nádoby bylo 17. 4. 2002 vysázeno 8 sazeček. Do půdy byl zapraven 18. 4. přípravek Basudin 600 EC proti květilce cibulové v dávce 0,6 g/m². Cibule byla po vzejití velmi nevyrovnaná. K 26. 4. vzešlo 10 % rostlin a ke dni 6. 5. bylo zaznamenáno 75 % vzešlých rostlin. Rovněž byla sledována vyrovnanost porostu po vzejití. Porosty cibule byly nevyrovnané. V druhé polovině května byly příznivé podmínky pro rozvoj plísně cibulové. Od 17. 5. byla cibule několikrát za vegetaci ošetřena proti plísni, jak je uvedeno v následující tabulce.

Ošetření cibule proti chorobám a škůdcům

<i>datum ošetření</i>	<i>škodlivý činitel</i>	<i>postřiky</i>	<i>dávka</i>
18. 4. 2002	Květilka cibulová	Basudin 600EC	0,6 g/m ²
17. 5. 2002	Plíseň cibulová	Ridomil MZ 72 WP	2,5 kg/ha
29. 5. 2002	Plíseň cibulová	Agrobat MZ	2,5 kg/ha
7. 6. 2002	Plíseň cibulová	Ridomil MZ 72 WP	2,5 kg/ha
14. 6. 2002	Plíseň cibulová	Bravo 500	2,5 l/ha

Cibule byla sklizena 24. 7. Zvážení cibule a oddělení natě bylo provedeno 25. 7. Poté byla cibule nakrájena a postupně usušena. Výnosy cibule jsou uvedeny v *tabulce č. 3*. V nati cibule byly stanoveny základní živiny, mikroelementy a obsahy těžkých kovů (*tabulky č. 7, 10, 14*).

Po sklizni cibule byly odebrány průměrné půdní vzorky z nádob na rozboru. Bylo stanoveno pH, základní živiny mikroelementy a těžké kovy. Výsledky rozborů půd jsou uvedeny v *tabulkách č. 18 a 19*.

3.1.3. Kukuřice na zeleno

Kukuřice na zeleno odrůda Cesil 285, byla pěstována v roce 2002 po ječmeni jarním v nádobách o objemu 15 l. Výsev byl proveden 2. 5. po 20 semenech do každé nádoby. 10. 5. vzešlo 10 % rostlin. V období mezi 12. 5. až 20. 5. vzešlo 75 % rostlin. Jednocení rostlin bylo provedeno 23. 5. na 9 rostlin v nádobě.

Během vegetace byl sledován zdravotní stav rostlin a rostliny byly ošetřeny postřiky proti škůdcům, jak je uvedeno v následující tabulce. Vliv hnojení se projevil u jednotlivých kombinací na výšce rostlin kukuřice. Rozdíly byly vyfotografovány 8. 7. Fotografie jsou součástí přílohy.

Začátek metání byl pozorován 15. 7. Rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi hnojení byly nepatrné. Od 18. 7. do 22. 7. bylo zaznamenáno 10 % květů. Plné kvetení kukuřice bylo hodnoceno ke dni 27. 7. Dne 7. 8. byla kukuřice na zeleno sklizena, zvážena a rozřezána na řezačce. Výnosy zelené hmoty jsou uvedeny v **tabulce č. 4**. Sklizená hmota ze všech nádob byla usušena. Z každé kombinace hnojení byl vybrán vzorek suché hmoty a byl předán na rozbor. Zjišťovány byly u kukuřice na zeleno základní živiny, mikroelementy, síra i těžké kovy. Výsledky jsou uvedeny v **tabulkách č. 8, 11, 15**.

Ošetření kukuřice proti chorobám a škůdcům

<i>Datum ošetření</i>	<i>Škodlivý činitel</i>	<i>Postřik</i>	<i>Dávka</i>
16. 5. 2002	Bzunka ječná	Karate 2,5 EC	0,2 l/ha
10. 6. 2002	Mšice	Pirimor 25 WG	0,6 kg/ha
28. 6. 2002	Zavijec kukuřičný	Karate 2,5 EC	1,5 g/4,5 l vody

Po sklizni kukuřice byly odebrány průměrné vzorky půdy z každé kombinace hnojení na rozbor. Bylo stanoveno pH, mikroelementy a těžké kovy. **Tabulky č. 18, 19**.

3.2. Zhodnocení sklizňových výsledků v roce 2002

3.2.1. Zhodnocení sklizňových výsledků ječmene jarního

Výnos zrna ječmene a slámy v roce 2002 je uveden v **tabulce č. 2**. Nejvyšší výnos zrna byl u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. Kombinace č. 1 NPK - kontrola byla překročena o 10 %. Nejvyšší výnos slámy v roce 2002 byl u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I o 6,2 % vyšší než u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

3.2.2. Zhodnocení sklizňových výsledků cibule

Cibule byla v roce 2002 sklizena 7. 8. Nať byla oddělena. Váha čerstvé hmoty cibule je uvedena v **tabulce č. 3**. Po vyhodnocení k nehnojené kontrole má nejvyšší výnos cibule z kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. Průměrná váha cibule z nádoby byla u této kombinace hnojení 35,3 g na nádobu, což je o 55,2 % vyšší než kombinace č. 1 NPK - kontrola. Na druhém místě se umístila cibule z kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I, která překročila kontrolu o 13,4 %.

3.2.3. Zhodnocení sklizňových výsledků kukuřice na zeleno

Výnosy kukuřice na zeleno jsou uvedeny v **tabulce č. 4**. Nejvyšší výnos 793,9 g byl u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. Kombinace č. 1 NPK - kontrola byla překročena o 8,5 %.

3.3. Zhodnocení sklizňových výsledků plodin pěstovaných v letech 2000 až 2002

Průměrné výsledky výnosů jednotlivých plodin podle kombinací hnojení jsou uvedeny v **tabulce č. 5**.

3.3.1. Ječmen jarní

Výnos zrna ječmene byl nejvyšší v roce 2001 u všech kombinací hnojení. Nejvyšší výnos zrna byl u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice dávka - II a dosáhl 27,63 g na nádobu. V roce 2000 byl nejvyšší výnos zrna ječmene u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov dávka I - 22,63 g na nádobu. Nejnižší výnosy zrna byly v roce 2002. Projevil se zde nepříznivě vliv vyšších teplot v měsíci květnu, v důsledku kterých ječmen neodnožil. Ve srovnání s výnosy zrna v letech 2000 a 2001 dosáhly výnosy zrna v roce 2002 pouze 50 %. Ve všech třech sledovaných letech se projevil vliv jednotlivých kombinací hnojení na výnosech zrna. Velmi dobře jsou zachyceny rozdíly ve výnosu zrna v grafu v příloze.

Výnos slámy ječmene byl nejvyšší v roce 2000. Nejvyšší výnos 34,13 g byl zaznamenán u kombinace č. 1 NPK - kontrola v témže roce. V roce 2001 byl nejvyšší výnos

slámy u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka I a dosáhl 20,04 g. V roce 2002 byly výnosy slámy ze všech sledovaných let nejnižší. Nejvyšší výnos slámy v roce 2002 byl 17,20 g u kombinace č. 2 NPK + Kal Přerov - dávka I.

Na výnos zrna i slámy ve všech třech letech příznivě působilo hnojení kombinace č. 5 NPK + Kal Sušice - dávka II.

3.3.2. Cibule

Výnos cibule pěstované v letech 2000 a 2002 je uveden v *tabulce č. 5*. Nejvyšší výnos cibule byl v roce 2000 u kombinace č. 5 NPK + Kal Sušice - dávka II - 64,7 g. V roce 2002 byly výnosy cibule u všech kombinací hnojení nižší až o polovinu ve srovnání s rokem 2000. Nepříznivě se zde projevilo na výnosech napadení rostlin plísní cibulovou. Vliv kombinací hnojení na výnosech cibule se projevil v obou sledovaných letech. Nejvyšší výnosy cibule byly u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. Výnosy cibule v obou letech jsou znázorněny graficky v příloze.

3.3.3. Kukuřice na zeleno

Výnos kukuřice na zeleno v letech 2000 a 2002 je uveden v *tabulce č. 5*. V roce 2000 byly u všech kombinací vyšší výnosy. Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení se projevil rozdíl ve výnosu u cibule v obou zkoušených letech. Nejvyšší výnosy byly zaznamenány u kukuřice pěstované na kombinaci č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. V roce 2000 byl výnos 1268,8 g a v roce 2002 byl výnos kukuřice 793,0 g. Rozdíly ve výnosech v obou sledovaných letech jsou znázorněny graficky v příloze.

3.3.4. Mrkev raná

Mrkev raná odrůda Karotina byla pěstována pouze v roce 2001. Výnosy mrkve jsou uvedeny v *tabulce č. 5*. Nejvyšší výnos kořene mrkve byl 234,4 g u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II. Nejnižší výnos kořene mrkve byl u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I.

3.3.5. Řepka ozimá

Řepka ozimá odrůda Fontan byla vyseta v roce 2000 v srpnu a sklizena v roce 2001. Nejvyšší výnos semene řepky byl 77,1 g u kombinace č. 5 NPK + kal Přerov - dávka II. Nejvyšší výnos slámy dosáhl 27,7 g na nádobu u téže kombinace hnojení.

3.4. Zhodnocení rozborů rostlin

3.4.1. Zhodnocení rozborů rostlin ječmene jarního

3.4.1.1. Obsahy hlavních živin v ječmeni v roce 2002

Obsahy hlavních živin v zrně i slámě jsou uvedeny v *tabulce č. 6*. Jsou poměrně vyrovnané.

V zrně :

Obsah N v zrně se pohyboval v rozmezí 2,90 - 3,07 %.

Obsah P byl velmi vyrovnaný - 0,48 %.

Obsah K se pohyboval od 0,67 - 0,74 % (kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I).

Obsah Ca byl menší než 0,05 % u všech kombinací hnojení.

Obsah Mg v průměru dosáhl 0,17 %.

Ve slámě :

Obsah N pohyboval v rozmezí 1,64 - 1,80 %. Nejvyšší hodnota byla zjištěna u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I.

Obsah P byl vyrovnaný 0,08 - 0,10 %.

Obsah K ve slámě byl podstatně vyšší než u zrna. Nejvyšší hodnota K byla u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II a to 5,70 %.

Obsah Ca ve slámě byl vyšší než v zrně, dosáhl nejvyšší hodnoty 1,17 % u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I.

Obsah Mg byl také ve slámě vyšší než v zrně a pohyboval od 0,22 do 0,27 % (kombinace č. 1 NPK - kontrola).

3.4.1.2. Obsahy hlavních živin v zrně ječmene - srovnání v letech 2000 až 2002

Obsahy hlavních živin v zrně a slámě ječmene v letech 2000 až 2002 jsou uvedeny v **tabulce č. 6.**

Obsahy N v zrně ječmene, který byl pěstován v roce 2000 až 2002 u všech kombinací hnojení byly vyrovnané a pohybovaly se v rozmezí 2,92 - 3,19 % (u kombinace č. 1 NPK - kontrola).

V roce 2001 byly obsahy N v zrně nejvyšší. Pohybovaly se od 2,59 do 2,76 %. Nejvyšší obsah N v zrně byl u ječmene pěstovaného v nehnojené kombinaci č. 1 NPK - kontrola.

Obsah P v zrně byl velmi vyrovnaný a pohyboval od 0,48 do 0,50 % u všech tří hodnocených ročníků. Rozdíly nebyly ani mezi jednotlivými kombinacemi hnojení.

Obsah K nejvíce kolísal u všech kombinací hnojení a u všech tří ročníků. Nejvyšší hodnoty obsahu K v zrně byly zaznamenány v roce 2002. U kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I bylo dosaženo 0,74 % v roce 2002. Nejvyšší hodnota v roce 2000 byla 0,50 % u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Ca a Mg byl vyrovnaný ve všech třech letech a také u kombinací hnojení.

3.4.1.3. Obsahy hlavních živin ve slámě ječmene - srovnání v letech 2000 až 2002

Obsahy N ve slámě se v jednotlivých letech lišily. Nejvyšší obsahy N ve slámě se v roce 2002 pohybovaly od 1,64 do 1,79 %. Nejvyšší obsah N byl zaznamenán u kombinace č. 1 NPK - kontrola a kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a to 1,79 %.

Nejnižší hodnoty byly zaznamenány v roce 2001 u všech kombinací hnojení, hodnoty N se pohybovaly v rozmezí 1,06 - 1,36 %.

Obsah P se pohyboval od 0,08 do 0,12 %. Mezi jednotlivými ročníky i kombinacemi hnojení nebyly výrazné rozdíly.

Obsah K měl nejvyšší zjištěnou hodnotu ve slámě v roce 2002 a dosáhl hodnoty 5,70 % u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I. Nejvyšší hodnota byla zaznamenána

v roce 2001 a to 3,44 % u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I a zároveň to byla nejnižší zjištěná hodnota K ve všech třech sledovaných letech.

Obsah Mg byl nejvyšší v roce 2000, kde dosáhl hodnoty 0,34 % u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I. V dalších letech 2001 a 2002 byly hodnoty u všech kombinací hnojení velmi vyrovnané a pohybovaly se v rozmezí 0,24 - 0,27 %.

Obsah Ca ve slámě kolísal ve všech třech letech. V roce 2001 byly zaznamenány nejnižší hodnoty 0,57 - 0,71 % Ca a také nejmenší rozdíly mezi jednotlivými kombinacemi.

3.4.1.4. Obsahy mikroelementů a síry v ječmeni v roce 2002

Obsahy mikroelementů jsou uvedeny v *tabulce č. 9*.

Nejvyšší obsah Mn v zrně byl 38,2 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II, ve slámě 245 mg/kg.

Obsah B byl nejvyšší v zrně 2,2 mg/kg u kombinace č. 1 NPK - kontrola a u slámy dosáhl nejvyšší hodnoty 24,7 mg/kg rovněž u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

Obsah Mo v zrně byl vyrovnaný, pohyboval se od 1,5 do 1,9 mg/kg. Ve slámě byl obsah molybdenu nižší 0,9 - 1,4 mg/kg.

Obsah S byl ve slámě vyšší než v zrně, nejvyšší hodnota 3000 mg/kg byla u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

3.4.1.5. Obsahy mikroelementů a síry v zrně a slámě ječmene - srovnání v letech 2000 - 2002

Obsahy mikroelementů v zrně ječmene jsou uvedeny v *tabulce č. 9*.

Obsah Mn v zrně byl nejnižší v roce 2001. Obsah se pohyboval v rozmezí od 23,8 do 29,0 mg/kg u kombinace č. 1 NPK - kontrola. Obsahy Mn v letech 2001 a 2002 se od sebe nelišily ani mezi jednotlivými kombinacemi hnojení.

Obsah B v zrně byl u všech kombinací hnojení a u všech ročníků vyrovnaný a dosáhl hodnot 1,20 - 1,60 mg/kg.

Obsahy Mo byly vyrovnané ve všech kombinacích hnojení a ve všech ročnících.

Obsahy S byly hodnoceny v zrna v letech 2000 a 2002. Mezi jednotlivými kombinacemi nebyly patrné rozdíly. Obsah se pohyboval od 1880 do 2020 mg/kg.

Obsahy mikroelementů ve slámě ječmene v letech 2000 - 2002 jsou uvedeny v *tabulce č. 9*.

Nejvyšší hodnoty Mn byly zjištěny ve slámě v roce 2000. Rozdíly byly i mezi kombinacemi hnojení. Nejvyšší obsah 402 mg/kg byl u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I. Nejnižší hodnoty Mn byly v roce 2001 a dosáhly u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I pouze 83,4 mg/kg. V roce 2002 byl nejvyšší obsah Mn 245 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Nejvyšší hodnota B ve slámě byla 31,5 mg/kg v roce 2000 a to u kombinace č. 1 NPK - kontrola. V roce 2001 dosáhly obsahy B nejnižších hodnot. Pohybovaly se od 12,3 do 15,3 mg/kg (kombinace č. 1 NPK - kontrola). Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení nebyly podstatné rozdíly ve všech třech sledovaných ročnících.

Obsah Mo ve slámě ječmene byl poměrně vyrovnaný ve všech třech sledovaných ročnících a u všech kombinací hnojení se pohyboval v rozmezí od 0,9 do 1,8 mg/kg.

Obsah S ve slámě se hodnotil v letech 2000 a 2002. V roce 2000 byly obsahy síry vyšší než v roce 2002. Nejvyšší hodnota síry 3860 mg/kg byla u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II v roce 2000.

3.4.1.6. Obsahy těžkých kovů v ječmeni v roce 2002

Obsah těžkých kovů v zrna ječmene je uveden v *tabulce č. 12*. Byl hodnocen podle *přílohy č. 3 k vyhlášce č. 298/1997 Sb.* U slámy byly těžké kovy hodnoceny podle *přílohy č. 3 k vyhlášce 194/1996 Sb.* Obsahy kadmia v zrna ječmene dosáhly *limitu 0,10 mg/kg v sušině* u kombinace č. 1 NPK - kontroly, kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I a u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

3.4.1.7. Obsahy těžkých kovů v zrně ječmene - srovnání v letech 2000 - 2002

Obsahy TK v zrně ječmene v letech 2000 - 2002 jsou uvedeny v **tabulce č. 12** a znázorněny graficky .

Obsah Cd v zrně kolísá od 0,06 do 0,12 mg/kg. Nejnižší hodnoty 0,06 mg/kg byly v roce 2000. Mezi jednotlivými kombinacemi nebyly podstatné rozdíly.

Obsah Pb byl vyrovnán u všech kombinací hnojení. Všechny zkoušené roky dosáhly hodnoty 0,20 mg/kg.

Obsah Hg v zrně kolísá. Nejvyšší hodnoty 0,005 mg/kg byly dosaženy v roce 2002 hodnocení u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

Obsahy As byly v letech 2000 až 2002 mezi jednotlivými kombinacemi vyrovnané a dosáhly hodnot 0,05 - 0,07 mg/kg.

Obsah Cr dosáhl nejnižší hodnoty v roce 2001, kde obsah Cr byl menší než 0,1 mg/kg u všech kombinací hnojení. Nejvyšší hodnoty 0,28 mg/kg byly zjištěny v roce 2002 u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsahy Ni byly vyrovnané nejvíce v roce 2001. U všech kombinací hnojení byl zjištěn obsah Ni v zrně 0,2 mg/kg. V letech 2000 a 2002 dosáhl Ni 0,30 mg/kg u všech kombinací hnojení.

Obsah Cu byl nejvyšší v roce 2001 u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II a to 6,40 mg/kg. V roce 2002 byl nejvyšší obsah Cu zjištěn v zrně u stejné kombinace hnojení a dosáhl 5,92 mg/kg. Nejnižší obsah Cu byl v roce 2000 v zrně ječmene 3,67 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Zn v zrně ječmene dosáhl nejvyšších hodnot v roce 2002 a to 62,5 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + Kal Sušice dávka II.

3.4.1.7. Obsahy TK ve slámě ječmene - srovnání v letech 2000 - 2002

Obsahy těžkých kovů ve slámě ječmene v letech 2000 - 2002 jsou uvedeny v *tabulce č. 13*.

Nejvyšší hodnoty Cd byly zjištěny v roce 2002 u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I - 0,38 mg/kg. Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení v jednotlivých ročnících nebyly podstatné rozdíly. Nejnížší hodnota Cd byla 0,07 mg/kg zjištěna v roce 2000 u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I. V letech 2000 a 2002 byly hodnoty Cd vyrovnané.

Obsahy Hg dosáhly nejnížší hodnoty 0,014 - 0,015 mg/kg v roce 2001 u kombinací č. 3, 4, 5. Naopak nejvyšší 0,034 mg/kg hodnoty byly v roce 2001 u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I.

Obsah As se lišil v jednotlivých letech. V roce 2000 byla hodnota As nejvyšší 0,60 mg/kg u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Nejvyšší hodnoty Cr ve slámě byly zaznamenány v roce 2002 a dosáhly 1,260 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. V roce 2002 byl obsah Cr nejnížší 1,0 mg/kg u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I. Mezi jednotlivými kombinacemi v jednotlivých ročnících nebylo podstatných rozdílů.

Obsah Cu dosáhl nejnížší hodnoty 3,50 mg/kg v roce 2001 u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I. Nejvyšší obsah Cu byl zaznamenán ve slámě 6,18 mg/kg v roce 2000 a to u stejné kombinace hnojení.

Nejvyšší hodnoty Zn byly v roce 2002. Obsahy Zn ve slámě se proti roku 2000 zvýšily až čtyřnásobně. Nejvyšší hodnota Zn byla u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice dávka II - 99,5 mg/kg.

3.4.2. Zhodnocení rozborů rostlin cibule

3.4.2.1. Obsahy hlavních živin v cibuli v roce 2002

Obsahy hlavních živin v rostlinách cibule jsou obsaženy v *tabulce č. 7*.

Nejnižší obsah N v cibuli byl 1,91 % u kombinace č. 2 a kombinace č. 3. V nati cibule byl nejnížší obsah dusíku 1,82 % u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. Nejvyšší

obsah N v cibuli byl 2,74 % N u kombinace č. 5. V nati byl zjištěn nejvyšší obsah N u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka I a to 2,84 %.

Obsah P byl v cibuli vyrovnaný, dosáhl hodnot 0,23 až 0,27 %. V nati cibule se obsahy P pohybovaly v rozmezí 0,09 - 0,17 %.

Obsah K byl v cibuli poměrně vyrovnaný. V nati byly hodnoty obsahu K vyšší. Nejvyšší hodnota 4,55 % K byla zjištěna u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsah Ca byl v cibuli nejvyšší u kombinace č. 1 NPK - kontrola - 0,61 %. Obsah Ca v nati byl nejvyšší 2,64 % u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I .

Obsah Mg byl vyrovnaný. V cibuli byl průměrný obsah Mg 0,13 %. V nati cibule byl zjištěn nejvyšší obsah Mg 0,58 % u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II .

3.4.2.2. Obsahy hlavních živin v cibuli v letech 2000 - 2002

Obsahy hlavních živin v cibuli v letech 2000 a 2002 jsou uvedeny v *tabulce č. 7*.

Obsah N v cibuli se v roce 2000 pohyboval od 2,63 do 2,88 %. U kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I byl obsah N nejnižší v roce 2002 a to 1,91 % a nejvyšší v roce 2000 a to 2,88 % u téže kombinace.

Nejvyšší obsah P byl zjištěn u cibule v roce 2000 u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a to 0,45 %. V roce 2002 byl obsah P velmi vyrovnaný mezi jednotlivými kombinacemi hnojení, ale oproti roku 2000 byl celkově nižší. Zde se pohybovaly hodnoty v rozmezí 0,23 - 0,27 %. Nejnižší obsah fosforu 0,23 % byl zaznamenán v roce 2002 u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah K byl v roce 2000 vyšší než v roce 2002 u všech kombinací hnojení, nejvyšší hodnota 2,04 % byla zjištěna u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II. V roce 2002 byl obsah K vyrovnaný. Jeho obsah se pohyboval od 1,62 do 1,71 %.

Obsah Ca byl celkově v cibuli vyšší v roce 2002, kde se hodnoty pohybovaly od 0,49 do 0,61 %. V roce 2000 byl obsah Ca celkově nižší. Nejnižší hodnoty 0,20 % dosáhl u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I .

Obsah Mg byl vyrovnaný v obou letech a u všech kombinací hnojení. V obou sledovaných letech se jeho obsah pohyboval v rozmezí 0,10 - 0,14 %.

3.4.2.3. Obsahy hlavních živin v nati cibule v letech 2000 - 2002

Obsah N v nati cibule v roce 2000 se pohyboval od 1,58 do 1,84 %. V roce 2002 byl obsah N celkově vyšší od 1,82 do 2,84 %. Nejvyšší hodnota N byla zjištěna u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsah P v roce 2000 byl velmi vyrovnaný v nati cibule u všech kombinací hnojení a dosahoval hodnot 0,06 - 0,07 %. V roce 2002 byl obsah P celkově vyšší než v roce 2000. Hodnoty P se pohybovaly v rozmezí 0,09 až 0,17 % (kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II).

Obsah Ca v roce 2000 byl vyšší než v roce 2002, pohyboval se v rozmezí 2,43 až 2,87 % (kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I). V roce 2002 se pohyboval obsah Ca od 1,80 do 2,64 % (kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I).

Obsah Mg byl v roce 2000 celkem vyrovnaný ve všech kombinacích hnojení. V roce 2002 byl obsah Mg celkově vyšší. Pohyboval se v rozmezí od 0,49 do 0,58 % (kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II).

3.4.2.4. Obsahy mikroelementů v cibuli v roce 2002

Obsahy mikroelementů v rostlinách cibule jsou uvedeny v **tabulce č. 10**. Obsah mikroelementů se lišil v částech cibule. V nati byly obsahy mikroelementů vyšší.

Nejvyšší obsah Mn v cibuli byl 72,9 mg/kg u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I a nejvyšší obsah Mn v nati byl u kombinace č. 1 NPK - kontrola - 447 mg/kg.

Obsah B byl nejvyšší v cibuli i v nati u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Nejvyšší obsah S v cibuli byl u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a dosáhl 2970 mg/kg a v nati byl nejvyšší obsah S u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II a dosáhl 4480 mg/kg.

3.4.2.5. Obsahy mikroelementů v cibuli - srovnání v letech 2000 a 2002

Obsahy mikroelementů v cibuli a v nati v letech 2000 a 2002 jsou uvedeny v **tabulce č. 10**.

Obsahy Mn byly vyšší v cibuli v roce 2000 a pohybovaly se od 85,5 do 105,0 mg/kg. Nejvyšší dávka byla u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II. Mezi jednotlivými kombinacemi byly rozdíly. V roce 2002 byl obsah Mn 56,5 - 72,9 mg/kg. (komb. č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I).

Obsah B v cibuli se lišil mezi jednotlivými kombinacemi v obou letech. V roce 2002 měl vyšší hodnoty od 14,0 do 15,6 mg/kg (komb. č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II). V roce 2000 se obsah B pohyboval od 12,1 do 13,8 mg/kg (komb. č. 1 NPK - kontrola).

Obsah Mo v cibuli byl vyrovnaný v obou letech 0,1 mg/kg. Pouze u kombinace č. 4 a č. 5 dosáhl v roce 2002 hodnoty 0,2 mg/kg.

Obsah S byl v roce 2000 vyšší u všech kombinací hnojení než v roce 2002 a pohyboval se v rozmezí od 3 460 - 4130 mg/kg (komb. č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II).

Obsahy mikroelementů v nati cibule jsou uvedeny v **tabulce č. 10**.

Obsah Mn v nati byl vyšší u všech kombinací hnojení v roce 2000 a dosáhl nejvyšší hodnoty 1350 mg/kg u kombinace č. 3 a kombinace č. 5.

Obsah B v nati byl vyšší v roce 2000 u všech kombinací hnojení a byl vyrovnaný. Nejvyšší hodnota bóru 40,3 mg/kg byla zjištěna u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I.

Obsah S byl nejvyšší u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov dávka II v roce 2002 a dosáhl 4480 mg/kg. Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení byly rozdíly v obou letech.

3.4.2.6. Obsahy těžkých kovů v cibuli v roce 2002

Obsahy těžkých kovů v cibuli v roce 2002 jsou uvedeny v **tabulce č. 14**. Obsahy TK v cibuli byly přepočítány na čerstvou hmotu a hodnoceny podle **přílohy č. 3 k vyhlášce č. 298/1997 Sb.** Sledované těžké kovy v cibuli nedosáhly limitu.

3.4.2.7. Obsahy těžkých kovů v cibuli v letech 2000 a 2002

Hodnoty těžkých kovů jsou uvedeny v *tabulce č. 14*.

Obsah Cd v cibuli byl v roce 2000 vyšší, pohyboval se v rozmezí 0,18 - 0,19 mg/kg.

Obsah Pb byl vyrovnaný v obou letech a všech kombinacích hnojení. V roce 2002 byl obsah Pb vyšší, nedosáhl limitu.

Obsah Hg nedosáhl limitu 0,5 mg/kg. V roce 2000 byla zjištěna nejvyšší hodnota **0,200 mg/kg** u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II. Zřejmě to byl důsledek vyššího obsahu Hg v kalu 5,5 mg/kg. *Vyhláška č. 382/2001 Sb.* o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě povoluje **limit Hg 4,0 mg/kg sušiny**.

Obsah As nedosáhl limitu v obou letech. V roce 2002 byl obsah As vyšší než v roce 2000. Nejvyšší hodnota 0,04 byla zjištěna v roce 2002 u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Cr v roce 2000 byly u všech kombinací vyrovnané, dosáhly hodnot nižší 0,02 mg/kg. V roce 2002 byly obsahy Cr v cibuli vyšší, dosáhly nejvyšší hodnoty 0,09 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Cu v cibuli byly v roce 2002 vyšší a jejich obsahy se lišily u jednotlivých kombinací hnojení. Nejvyšší obsah Cu byl 0,96 mg/kg byl u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsah Zn byl v roce 2000 vyšší u všech kombinací hnojení než v roce 2002 o polovinu. Nejvyšší obsah Zn byl 14,46 mg/kg v cibuli u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

3. 4. 3. Zhodnocení rozborů rostlin kukuřice na zeleno

3.4.3.1. Obsahy hlavních živin v kukuřici v roce 2002

Obsahy hlavních živin v rostlinách kukuřice jsou uvedeny v *tabulce č. 8*.

Nejvyšší hodnota N byla 1,44 % u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II .

Obsah P byl vyrovnaný (0,18 - 0,22 %).

Obsah K byl nejvyšší 2,54 % u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsah Ca byl vyrovnaný 0,26 - 0,29 %.

Obsah Mg se pohyboval od 0,18 - 0,22 %.

3.4.3.2. Obsahy hlavních živin v kukuřici v letech 2000 a 2002

Obsahy hlavních živin v rostlinách kukuřice jsou uvedeny v **tabulce č. 8**.

Obsah N v roce 2002 byl vyšší než v roce 2000. Nejvyšší obsah N byl 1,44 % u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II 1,44 %. Nejnižší hodnota N byla 0,52 % u kukuřice v roce 2000 u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II. Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení byly rozdíly v obou letech.

Obsahy P byly v obou letech vyrovnané. Pohybovaly se mezi 0,18 - 0,23 %. Mezi jednotlivými kombinacemi a ročníky nebyly podstatné rozdíly.

Obsahy K v roce 2000 byly nižší než v roce 2002. Pohybovaly se v rozmezí 1,48 - 1,71 % (kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I). V roce 2002 se obsahy K pohybovaly od 2,25 do 2,54 % (kombinace č. 2).

Obsah Ca byl poměrně vyrovnaný ve všech kombinacích hnojení a v obou letech. Jeho hodnoty se pohybovaly 0,28 - 0,31 %.

Obsah Mg obsahy v roce 2000 byl obsah vyšší než v roce 2002 u všech kombinací hnojení. V roce 2000 byl obsah Mg 0,24 - 0,35 % (komb. č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II). V roce 2002 byly obsahu Mg v rozmezí 0,18 - 0,22 %.

3.4.3.3 Obsahy mikroelementů v kukuřici v roce 2002

Obsahy mikroelementů jsou uvedeny v **tabulce č. 11**.

Nejvyšší obsah Mn byl 83,0 mg/kg u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

Obsah B byl nejvyšší 18,5 mg/kg u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I.

Obsah Mo byl vyrovnaný a pohyboval se v hodnotách 0,3 - 0,4 mg/kg.

Obsah S byl nejvyšší u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a dosáhl 1120 mg/kg.

3.4.3.4. Obsahy mikroelementů v kukuřice v letech 2000 a 2002

Obsahy mikroelementů jsou uvedeny v *tabulce č. 11*.

Obsahy Mn byly v roce 2002 nižší ve srovnání s rokem 2000. Nejvyšší hodnota Mn 126,0 mg/kg byla zjištěna v kukuřici v roce 2000 u kombinace č. 4 a 5. Mezi jednotlivými kombinacemi hnojení byly rozdíly v obou letech.

Obsah B se pohyboval v obou letech od 13,60 do 18,50 mg/kg. Rozdíly byly mezi jednotlivými kombinacemi hnojení v obou letech.

Obsah **Mo** byl v roce 2002, pohyboval se v rozmezí 0,3 - 0,4 mg/kg. Rozdíly mezi kombinacemi hnojení byly nepatrné v obou letech.

Obsah S v roce 2000 byl nižší než v roce 2002 u všech kombinací hnojení. Nejvyšší hodnota v roce 2002 byla 1060 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II. U téže kombinace v roce 2002 byl zjištěn obsah síry 1120 mg/kg. V roce 2002 mezi jednotlivými kombinacemi hnojení nebyly velké rozdíly.

3.4.3.5. Obsahy TK v kukuřici v roce 2002

Obsahy těžkých kovů v kukuřici na zeleno jsou uvedeny v *tabulce č. 15*. Těžké kovy v kukuřici byly hodnoceny podle *přílohy č. 3 k vyhlášce č. 194/1996 Sb.* Žádný z těžkých kovů nedosáhl limitu.

3.4.3.6. Obsahy těžkých kovů v mrkvi v roce 2001

Obsahy těžkých kovů v mrkvi jsou uvedeny v *tabulce č. 16*. U kořene byly obsahy těžkých kovů přepočítány na čerstvou hmotu a hodnoceny podle *vyhlášky č. 298/1997 Sb.* Obsah Cd v kořeni mrkve dosáhl u čtyř kombinací hnojení *limitu 0,1 mg/kg*. (kombinace č.1, č.2 , č.3 a č.5).

Ostatní těžké kovy nedosáhly požadované normy.

3.4.3.7. Obsahy těžkých kovů v řepce ozimé pěstované v roce 2002

Obsahy těžkých kovů v řepce ozimé jsou uvedeny v **tabulce č. 17**. Obsahy těžkých kovů v semeni řepky byly hodnoceny podle vyhlášky **č. 298/1997 Sb.** a ve slámě řepky podle přílohy **č. 3 k vyhlášce 194/1996 Sb.** Obsahy těžkých kovů nepřesáhly normu.

3.5. Zhodnocení agrochemických rozborů půdy po sklizni plodin

Po sklizni všech plodin byly odebrány průměrné půdní vzorky ze všech kombinací hnojení. Základní živiny v půdě byly stanoveny metodou Mehlich III. Obsahy těžkých kovů kromě Hg v půdě byly stanoveny 2M HNO₃. Obsahy základních živin a mikroelementů jsou uvedeny v **tabulce č. 18** a obsahy těžkých kovů po jednotlivých plodinách jsou uvedeny v **tabulce č. 19**, také jsou znázorněny graficky v příloze.

3.5.1. Půda po ječmeni v roce 2002

Předplodinou v roce 2001 byla mrkev. V půdě po sklizni ječmene se pH/KCl v průměru u všech kombinací nepatrně zvýšilo.

Obsah P se snížil v půdě u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 8 %, u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I o 2 %. U ostatních kombinací hnojení došlo ke zvýšení obsahu P, nejvíce u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I o 29 %.

Obsah K se zvýšil v půdě v roce 2002 u všech kombinací hnojení, nejvíce u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I o 130 %.

Obsah Mg se snížil v půdě u všech kombinací hnojení o 36 %, nejvíce u kombinace č. 1 NPK - kontrola.

Obsah Ca se snížil v půdě u všech kombinací, nejvíce u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka II a to o 11 % a u kombinace č. 3 NPK + kal Sušice - dávka I o 10 %.

Obsah S se snížil v půdě u všech kombinací hnojení v průměru o 30 %.

Obsah Mn se zvýšil u dvou kombinací hnojení o 17 %. Jde o kombinaci č. 1 NPK - kontrola a kombinaci č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I .

Obsah B se zvýšil u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II o 32 %.

3.5.2. Půda po cibuli v roce 2002

Cibule byla pěstovaná v roce 2002 po řepce ozimé. V půdě po sklizni cibule pH/KCl nepatrně pokleslo u všech kombinací hnojení.

Obsah P se zvýšil v půdě v roce 2002 u všech kombinací hnojení, nejvíce u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 34 % .

Obsah K byl velmi vysoký po sklizni cibule, došlo ve srovnání s rokem 2001 o trojnásobné zvýšení .

Obsah Mg se zvýšil nejvíce u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II o 5 %. U ostatních kombinací hnojení došlo k poklesu.

Obsah Ca se zvýšil u čtyř kombinací, nejvíce u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II o 19,5 %.

Obsah S kolísal v půdě. U kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II se zvýšil o 60 %.

Obsah Mn se snížil u kombinace č. 1 NPK - kontrola a kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I o 8 %. U ostatních kombinací došlo ke zvýšení Mn v průměru o 7 %.

Obsah B se snížil u prvních třech kombinací. U kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I a kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II došlo ke zvýšení o 35 %.

3.5.3. Půda po kukuřici v roce 2002

Kukuřice byla pěstována v roce 2002 po ječmeni. Po sklizni cibule se pH/KCl v půdě nezměnilo.

Obsah P se u všech kombinací hnojení nepatrně zvýšil.

Obsah K se zvýšil také u všech kombinací, nejvíce u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II o 51 %.

Obsah Mg se nepatrně zvýšil u prvních čtyř kombinací hnojení. U kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II o 21 %.

Obsah Ca se zvýšil u všech kombinací, nejvíce u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 18 %.

Obsah S se zvýšil u třech kombinací, nejvíce u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I o 33 % . Ke snížení obsahu síry o 21 % došlo u kombinace č. 1 NPK - kontrola a kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Mn se snížil u třech kombinací, nejvíce o 20 % u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

Obsah B kolísal. U první a druhé kombinace se obsah bóru nepatrně zvýšil. U dalších tří kombinací došlo ke snížení obsahu bóru. Nejvíce až o 20 % u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

3.5.4. Obsah TK v půdě po ječmeni

Ječmen byl pěstován po mrkvi. Obsahy TK v půdě nepřesáhly limit a jsou uvedeny v *tabulce č. 19*.

Obsah As se u všech kombinací nepatrně zvýšil.

Obsah Cd se nezměnil.

Obsah Cr se zvýšil nejvíce u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II o 48 %.

Obsah Hg a Ni se nezměnil.

Obsah Pb se zvýšil o 15 - 20 %.

Obsah Cu se zvýšil u všech kombinací, nejvíce u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a to o 40 %.

Obsah Zn se zvýšil u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 7,5 % a u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II o 23 %.

3.5.5. Obsah TK v půdě po cibuli

Cibule byla pěstovaná po řepce ozimé. Obsahy TK jsou uvedeny v *tabulce č. 19*.

Obsah As v půdě kolísal. U kombinace č. 1 NPK - kontrola, kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I a kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II byl obsah As nižší, než v půdě v roce 2001. Nejvíce poklesl obsah As až o 17 % u kombinace č. NPK - kontrola. U kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II a kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I se obsah As v půdě zvýšil o 10 %.

Obsahy Cd, Hg a Ni se téměř nezměnily.

Obsah Pb se zvýšil nejvíce u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II o 23 %.

Obsah Cu se také zvýšil v půdě nejvíce u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II a to o 51 %.

Obsah Zn v půdě se zvýšil u všech kombinací, nejvíce u kombinace č. 4. NPK + kal Sušice - dávka II a to o 31 %.

3.5.6. Obsah TK v půdě po kukuřici

Kukuřice byla pěstována po ječmeni.

Obsah As v půdě se snížil u všech kombinací hnojení. Nejvíce u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II o 27 %.

Obsah Cd, Hg a Ni se nezměnil.

Obsah Cr se zvýšil u všech kombinací hnojení, nejvíce u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 25 %.

Obsah Pb v půdě poklesl u čtyř kombinací hnojení, nejvíce o 37 % u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I. Zvýšil se u kombinace č. 4. NPK + kal Sušice - dávka II o 32 %.

Obsah Cu se nepatrně snížil o 8 % u kombinace č. 2 NPK + kal Přerov - dávka I.

Obsah Zn se snížil u všech kombinací hnojení, nejvíce u kombinace č. 3 NPK + kal Přerov - dávka II.

3.5.7. Zhodnocení agrochemických rozborů půdy po ukončení nádobové zkoušky v roce 2002

V roce 2002 se snížilo pH/KCl u všech kombinací hnojení po všech pěstovaných plodinách ve srovnání s půdou před založením pokusu.

Nejvyšší pokles pH/KCl byl v půdě po kukuřici, kdy pH/KCl se snížilo v průměru na 5,1. Hodnota pH/KCl v půdě před založením pokusu byla 6,4. K nejvyššímu snížení pH/KCl došlo u kombinací č. 4 a č. 5, kde byl zapraven kal ze Sušice.

Obsah P poklesl v půdě po všech pěstovaných plodinách nejvíce u sledu A po ječmeni až o 24 %.

Obsah K poklesl v půdě po ječmeni o 28 % ve sledu A. Po cibuli se obsah K zvýšil o 112 % ve sledu B. V půdě po kukuřici se snížil obsah K o 20 % ve sledu C.

Obsah Mg se v roce 2002 zvýšil v půdě po sklizni všech plodin u všech sledů. Nejvíce se v půdě zvýšil obsah Mg po ječmeni jarním ve sledu A o 105 %.

Obsah Ca se zvýšil v půdě po všech pěstovaných plodinách. Nejvíce se zvýšil po kukuřici u sledu C až o 83 %.

3.5.8. Obsah těžkých kovů v půdě po ukončení nádobové zkoušky v roce 2002

Obsah As se zvýšil u všech kombinací hnojení a u všech sledů. Nejvíce u sledu A po ječmeni u kombinace č. 1 NPK - kontrola o 41 %.

Obsah Cd, Hg a Ni se v půdě nezměnil.

Obsah Cr kolísal. Ke zvýšení obsahu Cr došlo nejvíce ve sledu A v půdě po ječmeni u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Pb byl vyšší u některých kombinací hnojení u sledu A a C. Nejvíce došlo ke zvýšení Pb u kombinace č. 4 NPK + kal Sušice - dávka I.

Obsah Cu se zvýšil v půdě u všech kombinací hnojení ve všech sledech. Nejvyšší hodnota Cu byla 4,41 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II.

Obsah Zn se zvýšil v půdě u všech kombinací hnojení a ve všech sledech. Nejvíce na 17,60 mg/kg u kombinace č. 5 NPK + kal Sušice - dávka II u sledu A.

4. ZÁVĚRY

Kaly příznivě působily na výnosy všech plodin. Ječmen, kukuřice, cibule i řepka ozimá dosáhly nejvyšších výnosů na půdě vyhnojené kalem ze Sušice v dávce II - 40 t/ha. Výnos mrkve příznivě ovlivnil kal z Přerova v dávce II - 20 t/ha.

V roce 2002 došlo v půdě po sklizni k poklesu obsahu fosforu u všech sledovaných plodin a u všech sledů. Obsah draslíku se zvýšil po ječmeni u *sledu A* a po cibuli u *sledu B*. U *sledu C* v půdě po kukuřici v roce 2002 došlo k poklesu obsahu draslíku. Obsahy vápníku a hořčíku v půdě se zvýšily po všech plodinách a u všech sledů.

Obsah těžkých kovů v kalech se nepříznivě projevil v jednotlivých plodinách. *Obsah Cd* v zrnu ječmene dosáhl v roce 2001 a 2002 *limitu 0,1 mg/kg* podle *přílohy č. 3 k vyhlášce č. 298/1997 Sb.* Také v kořeni mrkve byla dosažena limitní hodnota *0,1 mg/kg u Cd*. V cibuli, kukuřici na zeleno a v řepce ozimé nedosáhly těžké kovy limitu.

V roce 2002 došlo v půdě u manganu až k pětinasobnému zvýšení. Obsah bóru se zvýšil v půdě čtyřnásobně. Oba sledované mikroelementy se zvýšily v půdě po všech plodinách, u všech kombinací hnojení a u všech tří sledů.

Obsahy těžkých kovů v půdě v roce 2002 ve srovnání s rokem 2000 byly následující: Obsahy **As, Pb, Zn, Cu** se zvýšily. Obsahy **Cd, Hg a Ni** se v podstatě nezměnily.

I když oba dva kaly z Přerova nad Labem i ze Sušice příznivě působily na výnosy sledovaných plodin, nelze je doporučit ke hnojení ječmene jarního a mrkve. Obsahy těžkých kovů ve sledovaných plodinách byly vyšší, než povolují platné vyhlášky.

V kalu z Přerova nad Labem byl zjištěn nadlimitní obsah **Hg -5,5 mg/kg**. *Limit obsahu Hg v kalech podle přílohy k "vyhlášce č. 382/2001 Sb. o podmínkách použití upravených kalů na zemědělské půdě" má hodnotu 4,0 mg/kg sušiny.* Je nutné, aby ČOV v Přerově nad Labem provedla takové opatření, které by zamezilo vstupu rtuti do kanalizační sítě, aby čistírenský kal mohl být použit na zemědělské půdě.

Agrochemická charakteristika použité zeminy ornice z Přerova nad Labem

tabulka č. 1

1. Zrnitostní složení:

Frakce:	< 0,01 mm%	30,90
	< 0,001 mm%	21,00
	0,001 - 0,01 mm%	9,90
	0,01 - 0,05 mm%	10,80
	0,05 - 0,25 mm%	27,90
	0,25 - 2,00 mm%	33,60

2. Druh půdy: Písčitohlinitá střední

3. Humus v %	2,09
4. Organický C v %	1,21
5. Nt v %	0,12
6. pH/KCl	6,4
7. Výměnný H + mmol/100g	0
8. "S" mmol/100g	19
9. "T" mmol/100g	19
10. "V" %	100

11. Obsah přijatelných živin v mg/kg	P	448
stanovených ve výluhu Mehlich III.	K	106
	Mg	58
	Ca	525

zásobenost půdy
velmi vysoký
vyhovující
nízký

12. Mikroelementy	B	0,17
	Mo	0,26
	Zn	2,6
	Cu	1,56
	Mn	11,3
	Fe	67,5

13. TK stanovené ve 2M HNO ₃ mg/kg	As	1,38
	Zn	10,3
	Pb	7,35
	Cd	0,14
	Ni	0,85
	Cu	2,73
	Cr	1,39
	Hg	0,02

Sklizňové výsledky ječmene jarního v roce 2002

tabulka č. 2

kombinace hnojení	opakování									
	1	2	3	4	5	6	7	8	průměr	výnos v % ke kontrole
	váha v g v čerstvém stavu									
zrno										
1. Kontrola	12,5	8,0	8,0	13,0	13,5	12,0	9,0	12,0	11,0	100,00
2. Kal Přerov - dávka I.	13,0	11,5	11,5	11,5	12,5	11,0	11,0	10,0	11,5	95,65
3. Kal Přerov - dávka II.	9,0	12,0	12,0	11,0	9,0	9,0	9,0	11,0	10,3	93,64
4. Kal Sušice - dávka I.	9,5	12,0	12,5	12,5	10,0	11,0	12,0	11,0	11,3	102,73
5. Kal Sušice - dávka II.	12,0	9,0	11,0	13,0	12,0	13,5	12,0	14,0	12,1	110,00
sláma										
1. Kontrola	18,5	17,5	16,0	16,0	18,5	15,0	13,0	15,0	16,20	100,00
2. Kal Přerov - dávka I.	17,5	17,5	15,5	16,5	19,0	16,5	18,0	17,0	17,20	106,17
3. Kal Přerov - dávka II.	15,0	16,0	16,0	15,0	15,5	16,0	16,0	15,0	15,60	96,30
4. Kal Sušice - dávka I.	16,5	17,0	16,5	15,0	17,0	17,0	14,5	15,0	16,00	98,77
5. Kal Sušice - dávka II.	16,0	16,0	16,0	17,0	17,5	16,0	17,0	17,0	16,60	102,47

Sklizňové výsledky cibule v roce 2002

tabulka č. 3

kombinace hnojení	opakování									
	1	2	3	4	5	6	7	8	průměr	výnos v % ke kontrole
	váha v g v čerstvém stavu									
cibule										
1. NPK - kontrola	11,0	25,0	16,0	27,0	30,0	24,0	44,0	15,0	22,75	100,00
2. NPK + kal Přerov - dávka I.	25,0	21,0	28,5	23,0	32,0	24,0	31,0	22,0	25,81	113,45
3. NPK + kal Přerov - dávka II.	18,0	24,0	30,0	22,0	20,0	11,0	26,0	23,0	19,50	85,71
4. NPK + kal Sušice - dávka I.	29,0	30,0	30,0	24,0	15,0	25,0	20,0	30,0	23,38	102,77
5. NPK + kal Sušice - dávka II.	47,0	36,0	34,0	35,0	41,5	29,0	30,0	30,0	35,31	155,21
nať										
1. NPK - kontrola	6,0	10,0	7,0	11,0	14,0	9,0	24,0	7,0	11,00	100,00
2. NPK + kal Přerov - dávka I.	12,0	9,0	10,0	13,0	15,0	13,0	17,0	15,0	13,00	118,18
3. NPK + kal Přerov - dávka II.	13,5	19,0	15,0	10,0	15,5	12,0	10,0	10,0	13,13	119,36
4. NPK + kal Sušice - dávka I.	20,0	19,0	18,0	11,5	10,0	11,0	9,0	12,0	13,81	125,55
5. NPK + kal Sušice - dávka II.	17,0	10,0	14,0	12,0	20,0	8,0	16,0	12,0	13,63	123,91

Sklizňové výsledky kukuřice na zeleno v roce 2002

tabulka č. 4

kombinace hnojení	opakování									
	1	2	3	4	5	6	7	8	průměr	výnos v % ke kontrole
	váha v g									
1. NPK - kontrola	650,0	600,0	850,0	750,0	800,0	700,0	700,0	800,0	731,00	100,00
2. NPK + kal Přerov - dávka I.	650,0	850,0	600,0	700,0	800,0	800,0	600,0	700,0	713,00	97,54
3. NPK + kal Přerov - dávka II.	700,0	700,0	700,0	750,0	700,0	800,0	600,0	800,0	719,00	98,36
4. NPK + kal Sušice - dávka I.	700,0	650,0	700,0	700,0	800,0	800,0	800,0	850,0	750,00	102,60
5. NPK + kal Sušice - dávka II.	800,0	800,0	800,0	700,0	400,0	800,0	900,0	750,0	744,00	101,78

Průměrné výnosy plodin pěstovaných v letech 2000 - 2001 - 2002 - váha v g

tabulka č. 5

kombinace hnojení	rok	ječmen jarní		cibule	kukuřice	mrkev		řepka ozimá	
		zrno	sláma	cibule		kořen	nat'	semena	sláma
1. NPK - kontrola	2000	22,38	34,13	46,80	1038,50	x	x	x	x
	2001	26,86	18,10	x	x	230,70	118,30	66,10	24,90
	2002	11,00	16,20	22,80	731,00	x	x	x	x
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	22,63	25,63	52,20	1025,00	x	x	x	x
	2001	27,50	18,43	x	x	219,60	118,50	67,40	22,40
	2002	11,50	17,20	25,80	713,00	x	x	x	x
3. NPK + kal Přerov - dávka II	2000	21,38	30,00	54,80	1087,50	x	x	x	x
	2001	24,43	19,25	x	x	234,40	117,10	61,50	22,60
	2002	10,30	15,60	19,50	719,00	x	x	x	x
4. NPK + kal Sušice - dávka I	2000	21,93	29,00	50,00	1168,80	x	x	x	x
	2001	27,07	17,75	x	x	182,90	121,70	74,60	26,30
	2002	11,30	16,00	23,40	750,00	x	x	x	x
5. NPK + kal Sušice - dávka II	2000	22,44	30,75	64,70	1268,80	x	x	x	x
	2001	27,63	20,04	x	x	215,10	118,20	77,10	27,70
	2002	12,10	16,60	35,30	793,00	x	x	x	x

Výsledky rozboru rostlin ječmene- hlavních živiny v letech 2000 - 2002

tabulka č. 6

kombinace hnojení	rok	zrno					sláma				
		koncentrace v % sušiny					koncentrace v % sušiny				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
1. NPK - kontrola	2000	3,19	0,49	0,52	<0,05	0,14	1,57	0,12	3,72	0,96	0,24
	2001	2,76	0,45	0,58	0,05	0,16	1,36	0,12	3,75	0,62	0,24
	2002	3,07	0,48	0,73	<0,05	0,17	1,79	0,09	5,15	1,03	0,27
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	3,04	0,5	0,55	0,05	0,15	1,41	0,12	4,1	1,03	0,26
	2001	2,63	0,45	0,57	0,05	0,16	1,14	0,10	3,88	0,67	0,25
	2002	2,90	0,48	0,74	<0,05	0,16	1,67	0,08	5,7	0,78	0,22
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	2,92	0,47	0,72	0,05	0,16	1,37	0,13	4,66	1,12	0,29
	2001	2,63	0,46	0,60	0,05	0,16	1,09	0,10	3,8	0,71	0,26
	2002	2,90	0,47	0,72	<0,05	0,17	1,64	0,08	5,39	0,88	0,24
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	3,10	0,48	0,60	0,05	0,14	2,47	0,12	4,09	1,59	0,34
	2001	2,59	0,46	0,53	0,05	0,16	1,06	0,1	3,44	0,57	0,25
	2002	3,07	0,48	0,73	<0,05	0,16	1,80	0,1	5,13	1,17	0,26
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	3,03	0,48	0,50	0,05	0,16	1,61	0,13	3,91	1,33	0,3
	2001	2,69	0,48	0,57	0,05	0,16	1,36	0,12	3,5	0,59	0,23
	2002	3,03	0,48	0,67	<0,05	0,15	1,79	0,08	5,19	0,91	0,26

Výsledky rozboru rostlin cibule - hlavní živiny v letech 2000 a 2002

tabulka č. 7

kombinace hnojení	rok	cibule					nať cibule				
		koncentrace v % sušiny					koncentrace v % sušiny				
		N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
1. NPK - kontrola	2000	2,86	0,37	1,95	0,45	0,12	1,63	0,06	5,45	2,82	0,43
	2002	2,03	0,24	1,67	0,61	0,14	2,74	0,15	4,27	2,48	0,52
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	2,88	0,36	2,00	0,31	0,11	1,68	0,06	5,94	2,85	0,44
	2002	1,91	0,25	1,62	0,49	0,13	2,72	0,15	3,98	2,64	0,49
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	2,75	0,39	2,04	0,27	0,11	1,58	0,07	6,19	2,69	0,37
	2002	1,91	0,25	1,66	0,51	0,13	2,84	0,17	4,55	2,19	0,53
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	2,63	0,38	1,88	0,20	0,10	1,81	0,06	5,71	2,87	0,39
	2002	2,08	0,27	1,71	0,59	0,14	2,79	0,14	3,82	2,48	0,57
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	2,71	0,45	2,00	0,26	0,11	1,84	0,07	5,80	2,43	0,41
	2002	2,74	0,23	1,66	0,53	0,13	1,82	0,09	3,570	1,80	0,58

Výsledky rozboru rostlin kukuřice - hlavní živiny v letech 2000 a 2002

tabulka č. 8

kombinace hnojení	rok	koncentrace sušiny v %				
		N	P	K	Ca	Mg
1. NPK - kontrola	2000	0,54	0,22	1,67	0,27	0,24
	2002	0,96	0,22	2,32	0,29	0,18
2. NPK + Kal Přerov - dávka I	2000	0,70	0,22	1,71	0,30	0,3
	2002	1,01	0,21	2,54	0,26	0,18
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	0,52	0,18	1,48	0,27	0,25
	2002	0,99	0,18	2,27	0,28	0,20
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	0,70	0,22	1,52	0,30	0,30
	2002	1,03	0,20	2,45	0,27	0,19
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	0,88	0,23	1,51	0,31	0,35
	2002	1,44	0,18	2,25	0,28	0,22

Výsledky rozborů rostlin ječmene - mikroelementy v letech 2000 - 2001 - 2002

tabulka č. 9

kombinace hnojení	rok	zrno				sláma			
		obsah prvku v mg/kg				obsah prvku v mg/kg			
		Mn	B	Mo	S	Mn	B	Mo	S
1. NPK - kontrola	2000	32,60	1,30	1,60	2020	234,0	31,50	1,20	2930
	2001	29,00	1,70	1,60	x	109,0	15,30	1,40	x
	2002	33,60	2,20	1,70	1960	191,0	24,70	1,20	3000
2. NPK + Kal Přerov - dávka I	2000	36,90	1,30	1,70	1980	282,0	30,30	1,30	2840
	2001	26,40	1,40	1,40	x	108,0	13,10	1,30	x
	2002	32,80	1,50	1,70	1880	183,0	21,00	1,30	2580
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	36,50	1,30	1,90	1890	303,0	26,80	1,80	3860
	2001	27,20	1,40	1,60	x	116,5	14,50	1,30	x
	2002	32,70	1,60	1,90	1880	199,0	21,80	1,40	2730
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	39,60	1,20	1,50	1930	402,0	27,20	1,00	3240
	2001	23,80	1,30	1,50	x	83,4	12,40	1,10	x
	2002	35,80	1,40	1,60	1940	225,0	23,30	1,10	2880
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	34,20	1,20	1,60	1880	325,0	30,20	1,20	2760
	2001	26,00	1,30	1,40	x	88,5	14,00	1,10	x
	2002	38,20	1,30	1,50	1910	245,0	24,30	0,90	2750

Výsledky rozborů rostlin cibule - mikroelementy v letech 2000 a 2002

tabulka č. 10

kombinace hnojení	rok	cibule				nať cibule			
		obsah prvku v mg/kg				obsah prvku v mg/kg			
		Mn	B	Mo	S	Mn	B	Mo	S
1. NPK- kontrola	2000	96,4	13,8	<0,1	3990	1210	38,1	0,2	2770
	2002	69,3	14,1	0,1	2850	447	25,1	0,3	3950
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	93,8	13,3	<0,1	3630	1330	40,3	0,1	2710
	2002	62,3	14,7	<0,1	2830	428	27,6	0,3	3950
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	105,0	14,1	<0,1	4130	1350	39,2	<0,1	2930
	2002	56,5	14,0	0,1	2670	379	25,2	0,4	4480
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	85,5	12,1	<0,1	3800	1280	36,9	<0,1	2780
	2002	72,9	14,8	0,2	2750	413	27,1	0,5	4240
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	98,5	12,4	<0,1	3460	1350	37,4	<0,1	2560
	2002	70,2	15,6	0,2	2970	426	29,1	0,4	3420

Rozbory rostlin kukuřice mikroelementy v letech 2000 a 2002

tabulka č. 11

kombinace hnojení	rok	obsah prvku v mg/kg			
		Mn	B	Mo	S
1. NPK - kontrola	2000	82,1	18,4	0,2	716
	2002	83,0	18,5	0,4	1100
2. NPK+ kal Přerov - dávka I	2000	93,7	14,4	0,2	872
	2002	60,1	18,2	0,3	1060
3. NPK + Kal Přerov - dávka II	2000	89,3	13,6	0,1	769
	2002	61,5	18,0	0,4	1030
4. NPK + Kal Sušice - dávka I	2000	126,0	18,5	0,2	885
	2002	59,6	15,8	0,4	1080
5. NPK + Kal Sušice - dávka II	2000	126,0	15,2	0,3	1060
	2002	74,4	15,6	0,4	1120

Výsledky rozborů rostlin ječmene - těžké kovy - zrno - srovnání let 2000 - 2001 - 2002

tabulka č. 12

přípustné množství		mg/kg							
		Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
		1,00	0,30	0,500	0,50	4,0	80,0	80,0	6
kombinace hnojení	rok								
1. NPK - kontrola	2000	0,07	0,30	0,004	0,07	0,16	5,13	43,70	0,30
	2001	0,12	0,20	0,004	0,06	0,10	5,80	54,65	0,20
	2002	0,11	0,20	0,005	0,07	0,18	4,00	57,30	0,30
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	0,06	0,20	0,003	0,07	0,13	4,24	49,80	0,30
	2001	0,11	0,20	0,003	0,06	0,10	6,05	50,20	0,20
	2002	0,11	0,20	0,001	0,06	0,20	4,55	61,50	0,30
3. NPK + kal Přerov - dávka II	2000	0,07	0,20	0,003	0,07	0,16	4,87	46,90	0,20
	2001	0,08	0,20	0,003	0,06	0,10	6,40	52,20	0,20
	2002	0,12	0,20	0,001	0,05	0,28	5,92	62,00	0,30
4. NPK + kal Sušice - dávka I	2000	0,07	0,20	0,003	0,07	0,15	3,88	48,80	0,30
	2001	0,11	0,20	0,003	0,05	0,10	5,60	48,50	0,20
	2002	0,09	0,20	0,003	0,07	0,24	5,26	62,50	0,30
5. NPK + kal Sušice - dávka II	2000	0,08	0,20	0,003	0,06	0,18	3,67	43,60	0,30
	2001	0,12	0,20	0,002	0,05	0,10	5,30	51,20	0,20
	2002	0,08	0,20	0,001	0,06	0,21	5,20	61,00	0,30

Výsledky rozborů rostlin ječmene - těžké kovy - sláma - srovnání let 2000 - 2001 - 2002

tabulka č. 13

		mg/kg							
		Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
		přípustné množství	1,00	10,00	0,100	2,00	není uvedeno		
kombinace hnojení	rok								
1. NPK - kontrola	2000	0,11	0,20	0,024	0,55	0,50	4,05	20,90	0,50
	2001	0,23	0,30	0,025	0,36	0,28	4,00	38,60	0,40
	2002	0,35	0,60	0,200	0,41	1,09	4,17	58,90	0,80
2. NPK + kal Přerov - dávka I	2000	0,11	0,20	0,023	0,51	0,48	4,08	24,90	0,70
	2001	0,25	0,40	0,034	0,36	0,21	3,70	37,80	0,40
	2002	0,38	1,50	0,018	0,35	1,00	3,84	88,60	0,80
3. NPK + kal Přerov - dávka II	2000	0,14	0,20	0,026	0,60	0,47	5,45	34,50	0,50
	2001	0,28	0,20	0,014	0,35	0,20	3,70	37,80	0,30
	2002	0,32	0,80	0,023	0,42	1,06	3,77	91,90	0,90
4. NPK + kal Sušice - dávka I	2000	0,07	0,20	0,024	0,54	0,45	6,18	24,10	0,50
	2001	0,26	0,30	0,015	0,29	0,20	3,50	38,20	0,20
	2002	0,32	0,80	0,019	0,41	1,02	4,31	94,80	0,90
5. NPK + kal Sušice - dávka II	2000	0,17	0,20	0,025	0,54	0,60	5,62	22,20	0,60
	2001	0,09	0,40	0,015	0,30	0,26	3,83	41,20	0,30
	2002	0,33	0,70	0,023	0,47	1,26	4,40	99,50	1,00

Výsledky rozborů těžkých kovů v cibuli - srovnání v letech 2000 a 2002

tabulka č. 14

		mg/kg							
		Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
		0,1	0,5	0,01	0,5	0,1	10	10	0,5
přípustné množství									
kombinace hnojení	rok								
1. NPK - kontrola	2000	0,19	0,03	0,002	0,02	<0,2	0,06	12,21	0,14
	2002	0,10	0,06	0,006	0,02	0,05	0,91	7,44	0,11
2. NPK+ kal Přerov - dávka I	2000	0,17	<0,04	0,002	0,01	<0,02	0,64	11,46	0,12
	2002	0,10	0,06	0,006	0,02	0,05	0,74	6,41	0,09
3. NPK + kal Přerov - dávka II	2000	0,16	0,07	0,2020	0,01	<0,02	0,66	12,55	0,15
	2002	0,09	0,07	0,009	0,03	0,07	0,96	7,86	0,12
4. NPK + kal Sušice - dávka I	2000	0,18	0,05	0,001	0,01	<0,02	0,46	11,12	0,13
	2002	0,07	0,06	0,005	0,03	0,07	0,60	6,10	0,15
5. NPK + kal Sušice - dávka II	2000	0,02	0,04	0,006	0,02	<0,02	0,68	14,46	0,17
	2002	0,10	0,08	0,006	0,04	0,09	0,76	7,96	0,13

Výsledky rozborů těžkých kovů v kukuřici - srovnání v letech 2000 a 2002

tabulka č. 15

přípustné množství		mg/kg							
		Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
		1	10		2	není uvedeno			
kombinace hnojení	rok								
1. NPK - kontrola	2000	0,03	0,50	0,004	0,36	0,17	1,7	22,7	<0,2
	2002	0,16	0,80	0,007	0,39	3,53	3,74	77	0,5
2. NPK+ kal Přerov - dávka I	2000	0,06	0,60	0,004	0,34	0,1	1,97	31,6	<0,2
	2002	0,15	0,50	0,005	0,33	0,93	3,81	44,9	0,3
3. NPK + kal Přerov - dávka II	2000	0,07	0,50	0,0030	0,36	<0,10	1,68	23,3	<0,2
	2002	0,13	0,40	0,004	0,27	0,52	3,8	46,9	<0,2
4. NPK + kal Sušice - dávka I	2000	0,08	<0,2	0,004	0,37	0,27	2	27,7	0,2
	2002	0,13	0,40	0,004	0,29	0,52	3,46	45,50	<0,2
5. NPK + kal Sušice - dávka II	2000	0,11	<0,2	0,004	0,29	0,19	2,44	33,6	0,2
	2002	0,15	0,60	0,006	0,31	0,59	4,28	53,8	0,2

Výsledky rozborů rostlin mrkve - těžké kovy

tabulka č. 16

kombinace hnojení	mg/kg původní hmoty							
	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
kořen <i>přípustné množství</i>	0,1	0,3	0,05	0,5	0,2	10,0	25,0	2,0
1. Kontrola	0,12	0,09	0,0014	0,02	0,03	0,72	7,26	0,15
2. Kal Přerov - dávka I.	0,10	0,08	0,0013	0,02	0,04	0,55	7,18	0,10
3. Kal Přerov - dávka II.	0,12	0,07	0,0012	0,02	0,01	0,57	8,54	0,17
4. Kal Sušice - dávka I.	0,09	0,06	0,0013	0,02	0,03	0,50	7,87	0,12
5. Kal Sušice - dávka II	0,10	0,09	0,0013	0,02	0,03	0,61	9,35	0,17
nať <i>přípustné množství</i>	1,0	10,0	0,1	2,0	<i>není stanoveno</i>			
1. Kontrola	0,22	0,18	0,0018	0,06	0,18	1,03	15,12	0,17
2. Kal Přerov - dávka I.	0,24	0,20	0,0020	0,06	0,09	1,06	15,28	0,18
3. Kal Přerov - dávka II.	0,31	0,25	0,0021	0,06	0,19	1,16	20,43	0,18
4. Kal Sušice - dávka I.	0,21	0,16	0,0018	0,06	0,16	0,93	15,61	0,16
5. Kal Sušice - dávka II	0,28	0,20	0,0019	0,06	0,08	1,14	20,89	0,17

Výsledky rozborů řepky ozimé - těžké kovy

tab.č.17

kombinace hnojení	mg/kg v sušině							
	Cd	Pb	Hg	As	Cr	Cu	Zn	Ni
semeno <i>přístupné množství</i>	0,1	0,5	0,01	0,5	0,1	10,0	10,0	0,5
1. Kontrola	< 0,02	< 0,2	0,002	< 0,02	0,12	3,00	44	0,50
2. Kal Přerov - dávka I	< 0,02	< 0,2	0,002	< 0,02	< 0,1	3,50	47,8	0,60
3. Kal Přerov - dávka II	< 0,02	< 0,2	0,002	< 0,02	0,16	3,40	46	0,40
4. Kal Sušice - dávka I	< 0,02	< 0,2	0,002	0,02	0,11	3,60	48	0,40
5. Kal Sušice - dávka II	0,02	< 0,2	0,002	< 0,02	< 0,1	3,60	48,5	0,50
sláma <i>přípusné množství</i>	1,0	10,0	0,1	2,0	není stanoveno			
1. Kontrola	0,20	0,20	0,006	0,15	< 0,1	2,40	15,5	0,30
2. Kal Přerov - dávka I	0,07	0,20	0,0060	0,11	< 0,1	2,60	12,5	0,30
3. Kal Přerov - dávka II	< 0,02	0,20	0,007	0,14	< 0,1	3,10	13,2	< 0,2
4. Kal Sušice - dávka I	0,06	0,20	0,006	0,14	< 0,1	2,60	14,6	0,30
5. Kal Sušice - dávka II	0,14	0,20	0,005	0,15	< 0,1	2,40	16,5	< 0,2

Výsledky rozborů půdy po sklizni na obsah hlavních živin , mikroelementů a síry v mg/kg - srovnání roku 2000 - 2001 - 2002

tabulka č. 18

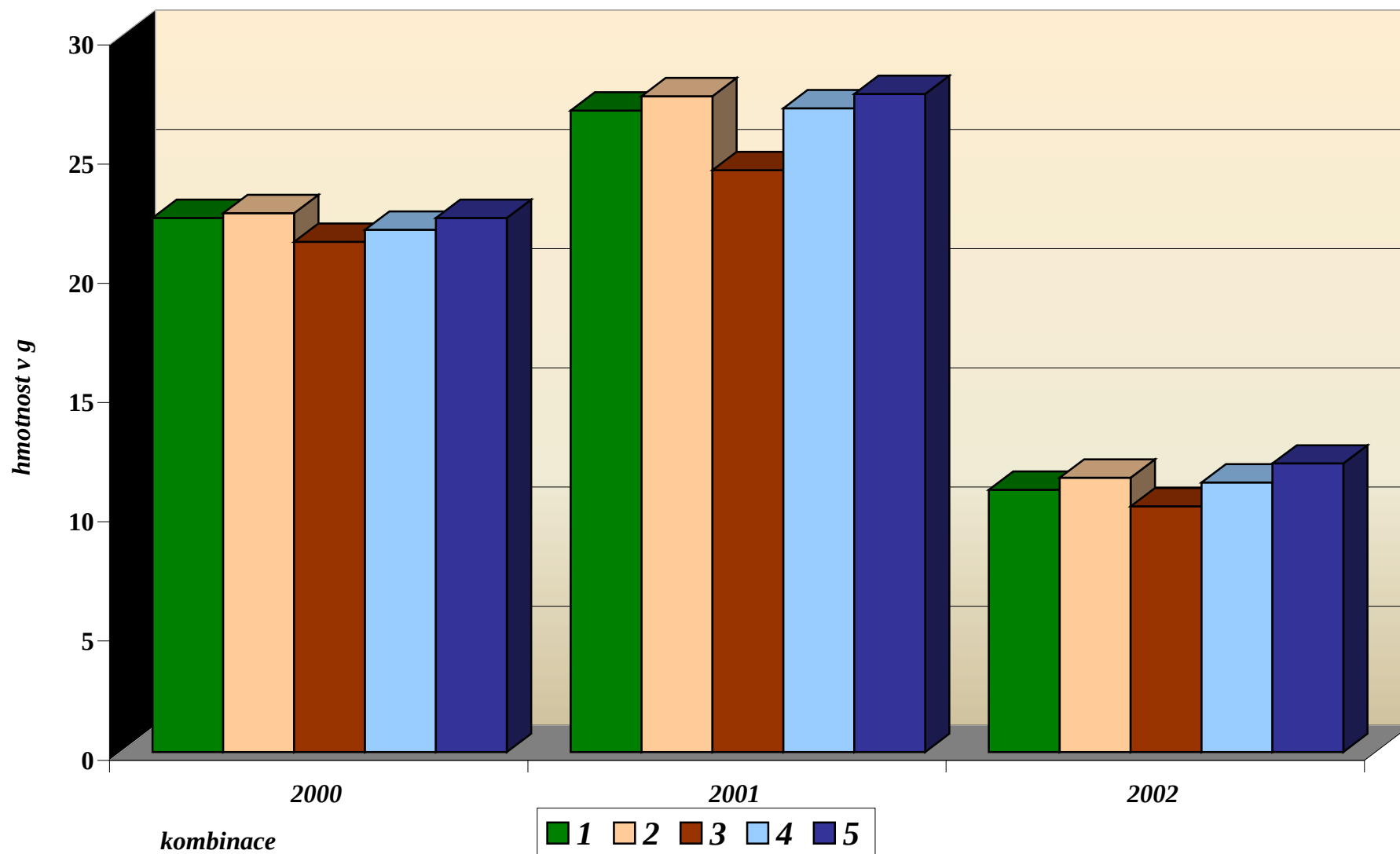
plodina	kombinace hnojení	pH/KCl	obsah prvků v mg/kg						
			P	K	Mg	Ca	S	Mn	B
	<i>před založením pokusu</i>	6,4	448	106	58	525		11,3	0,17
Sled plodin A									
2000 cibule	1. NPK - kontrola	5,3	433	212	76	674	94,3	19,0	0,201
2001 mrkev		5,4	412	139	118	795	153,0	65,8	0,425
2002 ječmen		5,3	378	229	75	726	104,0	77,0	0,433
2000 cibule	2. NPK + kal Přerov - dávka I	5,1	434	226	79	663	93,9	20,1	0,180
2001 mrkev		5,1	327	123	126	883	158,0	70,9	0,375
2002 ječmen		5,3	423	253	82	744	113,0	71,0	0,417
2000 cibule	3. NPK + kal Přerov - dávka II	5,1	421	218	76	650	313,0	21,5	0,141
2001 mrkev		5,2	348	125	121	867	136,0	66,8	0,455
2002 ječmen		5,3	392	247	78	783	87,5	69,0	0,397
2000 cibule	4. NPK + kal Sušice - dávka I	4,8	402	203	73	611	103,7	25,5	0,109
2001 mrkev		5,0	412	126	113	723	129,0	64,1	0,310
2002 ječmen		5,1	405	291	76	677	81,4	73,0	0,394
2000 cibule	5. NPK + kal Sušice - dávka II	4,8	434	221	84	658	166,3	26,3	0,261
2001 mrkev		4,9	396	125	119	766	146,0	62,5	0,310
2002 ječmen		5,1	414	233	87	756	108,0	73,0	0,408
Sled plodin B									
2000 ječmen	1. NPK - kontrola	6,1	399	229	140	836	197	16,6	0,165
2001 řepka		5,8	320	77	118	795	153	65,8	0,425
2002 cibule		5,4	429	244	109	859	86	62,0	0,417
2000 ječmen	2. NPK + kal Přerov - dávka I	5,7	404	169	104	770	189	15,9	0,145
2001 řepka		5,8	318	81	126	883	158	70,9	0,375
2002 cibule		5,3	422	208	110	838	63,4	65,0	0,410
2000 ječmen	3. NPK + kal Přerov - dávka II	5,7	411	177	111	841	229	17,7	0,185
2001 řepka		5,8	378	98	121	867	136	66,8	0,455
2002 cibule		5,4	447	260	128	926	113	71,0	0,421
2000 ječmen	4. NPK + kal Sušice - dávka I	5,4	427	193	112	843	180	14,2	0,235
2001 řepka		5,7	342	60	113	723	129	64,1	0,310
2002 cibule		5,2	381	210	108	829	90,6	69,0	0,425
2000 ječmen	5. NPK + kal Sušice - dávka II	5,3	412	190	107	720	171	20,2	0,283
2001 řepka		5,7	345	63	119	766	146	62,5	0,310
2002 cibule		5,2	408	201	109	839	97,5	68,0	0,410
Sled plodin C									
2000 kukuřice	1. NPK - kontrola	5,9	129	58	167	1333	612	12,3	0,241
2001 ječmen		6,0	362	139	101	907	174	77,0	0,380
2002 kukuřice		6,0	402	96	104	1070	139	72,0	0,403
2000 kukuřice	2. NPK + kal Přerov - dávka I	5,9	372	102	189	1196	558	10,6	0,320
2001 ječmen		5,9	368	139	85	829	108	68,6	0,445
2002 kukuřice		5,9	378	95	86	901	114	64,0	0,420
2000 kukuřice	3. NPK + kal Přerov - dávka II	6,0	375	74	164	1052	571	19,3	0,313
2001 ječmen		6,0	360	127	97	925	109	75,7	0,510
2002 kukuřice		6,0	364	80	86	936	119	61,0	0,410
2000 kukuřice	4. NPK + kal Sušice - dávka I	5,8	376	68	165	1163	549	14,5	0,278
2001 ječmen		6,0	395	147	89	898	103	69,9	0,415
2002 kukuřice		5,9	379	87	88	1030	138	67,0	0,407
2000 kukuřice	5. NPK + kal Sušice - dávka II	5,5	383	93	147	1120	466	16,4	0,279
2001 ječmen		5,9	382	132	95	961	148	71,7	0,415
2002 kukuřice		6,0	363	67	75	883	133	67,0	0,414

Výsledky rozborů půdy po sklizni na obsah těžkých kovů - srovnání roku 2000 -2001-2002

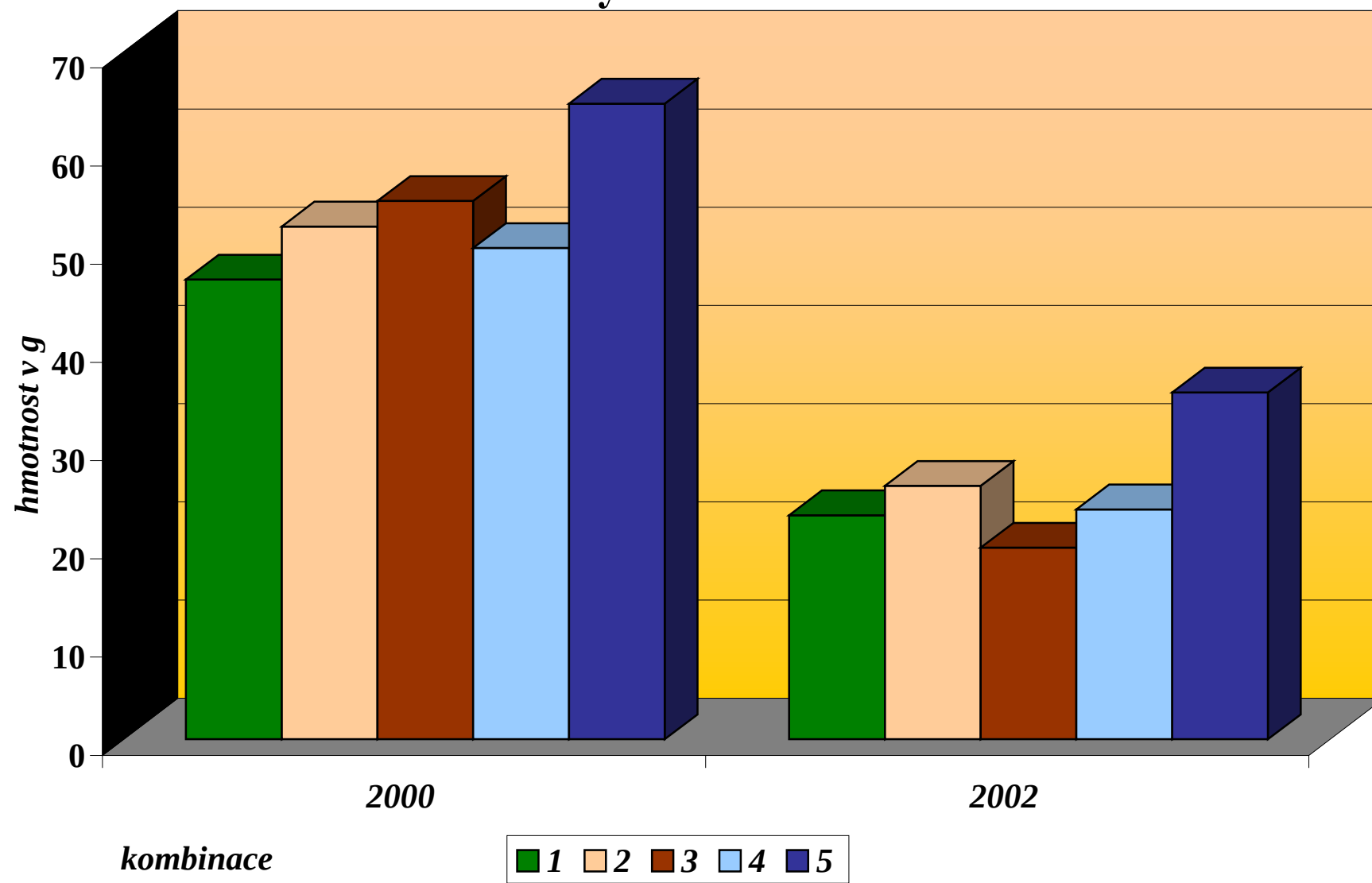
tabulka č. 19

plodina	kombinace hnojení	obsah těžkých kovů v mg/kg							
		As	Cd	Cr	Hg	Ni	Pb	Cu	Zn
	přípustné množství	4,5	1,00	40,0	0,80	25,00	70,0		100,00
před založením pokudu		1,38	0,14	1,39	0,02	0,85	7,35	2,73	10,3
Sled plodin A									
2000 cibule	1. NPK - kontrola	1,80	<0,10	1,30	0,020	1,03	7,40	0,85	2,93
2001 mrkev		1,74	<0,10	1,19	0,022	<1,00	7,00	2,84	13,76
2002 ječmen		1,95	0,12	1,40	0,017	<1,00	8,80	3,80	14,80
2000 cibule	2. NPK + kal Přerov - dávka I.	1,70	<0,10	1,23	0,020	<1,00	7,60	0,99	3,23
2001 mrkev		1,90	<0,10	1,00	0,023	<1,00	8,00	3,07	16,91
2002 ječmen		1,84	0,12	1,20	0,019	<1,00	8,30	3,40	14,90
2000 cibule	3. NPK + kal Přerov - dávka II.	1,80	<0,10	1,30	0,030	<1,00	7,50	0,91	3,20
2001 mrkev		1,87	<0,10	1,19	0,015	<1,00	7,00	3,00	14,76
2002 ječmen		1,82	0,11	<1,00	0,019	<1,00	7,50	3,60	14,50
2000 cibule	4. NPK + kal Sušice - dávka I.	1,80	<0,10	1,30	0,020	<1,00	7,50	0,83	3,52
2001 mrkev		1,83	<0,10	1,10	0,019	<1,00	7,00	3,11	18,01
2002 ječmen		1,93	0,11	1,50	0,016	<1,00	8,80	4,20	16,70
2000 cibule	5. NPK + kal Sušice - dávka II.	1,80	<0,10	1,30	0,020	<1,00	7,60	0,80	3,75
2001 mrkev		1,70	<0,10	1,08	0,021	<1,00	7,00	3,00	14,26
2002 ječmen		1,89	0,12	1,60	0,016	<1,00	8,60	4,20	17,60
Sled plodin B									
2000 ječmen jarní	1. NPK - kontrola	1,80	<0,10	1,30	0,030	<1,00	8,60	0,96	3,25
2001 řepka ozimá		1,81	<0,10	1,07	0,025	<1,00	7,00	2,90	10,08
2002 cibule		1,51	0,10	1,05	0,017	<1,00	6,73	4,16	11,56
2000 ječmen jarní	2. NPK + kal Přerov - dávka I.	1,70	<0,10	1,40	0,020	<1,00	10,40	0,94	2,94
2001 řepka ozimá		2,00	<0,10	1,17	0,016	<1,00	7,00	3,07	10,60
2002 cibule		1,70	0,10	1,35	0,017	<1,00	7,16	3,96	11,93
2000 ječmen jarní	3. NPK + kal Přerov - dávka II.	1,80	<0,10	1,40	0,020	<1,00	9,60	0,95	3,41
2001 řepka ozimá		1,57	<0,10	<1,00	0,025	<1,00	6,00	2,60	8,88
2002 cibule		1,68	0,11	1,58	0,026	<1,00	7,40	5,98	12,65
2000 ječmen jarní	4. NPK + kal Sušice - dávka I.	1,80	<0,10	1,40	0,020	<1,00	7,60	0,94	3,42
2001 řepka ozimá		1,57	<0,10	<1,00	0,018	<1,00	6,00	2,69	9,69
2002 cibule		1,72	0,11	1,29	0,017	<1,00	7,31	5,96	12,69
2000 ječmen jarní	5. NPK + kal Sušice - dávka II.	1,80	<0,10	1,30	0,020	<1,00	7,40	0,92	3,40
2001 řepka ozimá		1,84	<0,10	<1,00	0,021	<1,00	7,00	2,92	10,14
2002 cibule		1,69	0,11	1,47	0,020	<1,00	7,21	4,41	12,08
Sled plodin C									
2000 kukuřice	1. NPK - kontrola	1,80	<0,10	1,40	0,020	<1,00	8,50	1,00	3,35
2001 ječmen jarní		2,03	<0,10	1,20	0,020	<1,00	8,00	3,40	13,51
2002 kukuřice		1,73	0,11	1,50	0,020	<1,00	7,57	3,41	11,97
2000 kukuřice	2. NPK + kal Přerov - dávka I.	1,80	<0,10	1,20	0,020	<1,00	7,30	0,95	3,36
2001 ječmen jarní		2,00	0,10	1,60	0,021	<1,00	11,00	2,85	12,91
2002 kukuřice		1,64	0,12	1,37	0,018	<1,00	6,91	3,07	12,05
2000 kukuřice	3. NPK + kal Přerov - dávka II.	1,80	<0,10	1,40	0,020	<1,00	7,70	0,96	3,35
2001 ječmen jarní		2,06	<0,10	1,44	0,025	<1,00	8,00	3,03	13,16
2002 kukuřice		1,51	0,11	1,30	0,022	<1,00	7,02	2,93	10,80
2000 kukuřice	4. NPK + kal Sušice - dávka I.	1,90	<0,10	1,50	0,020	<1,00	7,70	1,03	3,10
2001 ječmen jarní		2,12	0,10	1,57	0,023	<1,00	7,00	3,12	12,08
2002 kukuřice		1,76	0,12	1,35	0,020	<1,00	9,22	3,28	11,12
2000 kukuřice	5. NPK + kal Sušice- dávka II.	1,80	<0,10	1,40	0,020	<1,03	7,40	1,00	3,61
2001 ječmen jarní		2,08	<0,10	1,56	0,020	<1,00	8,00	3,11	12,56
2002 kukuřice		1,72	0,12	1,36	0,016	<1,00	7,24	3,31	12,05

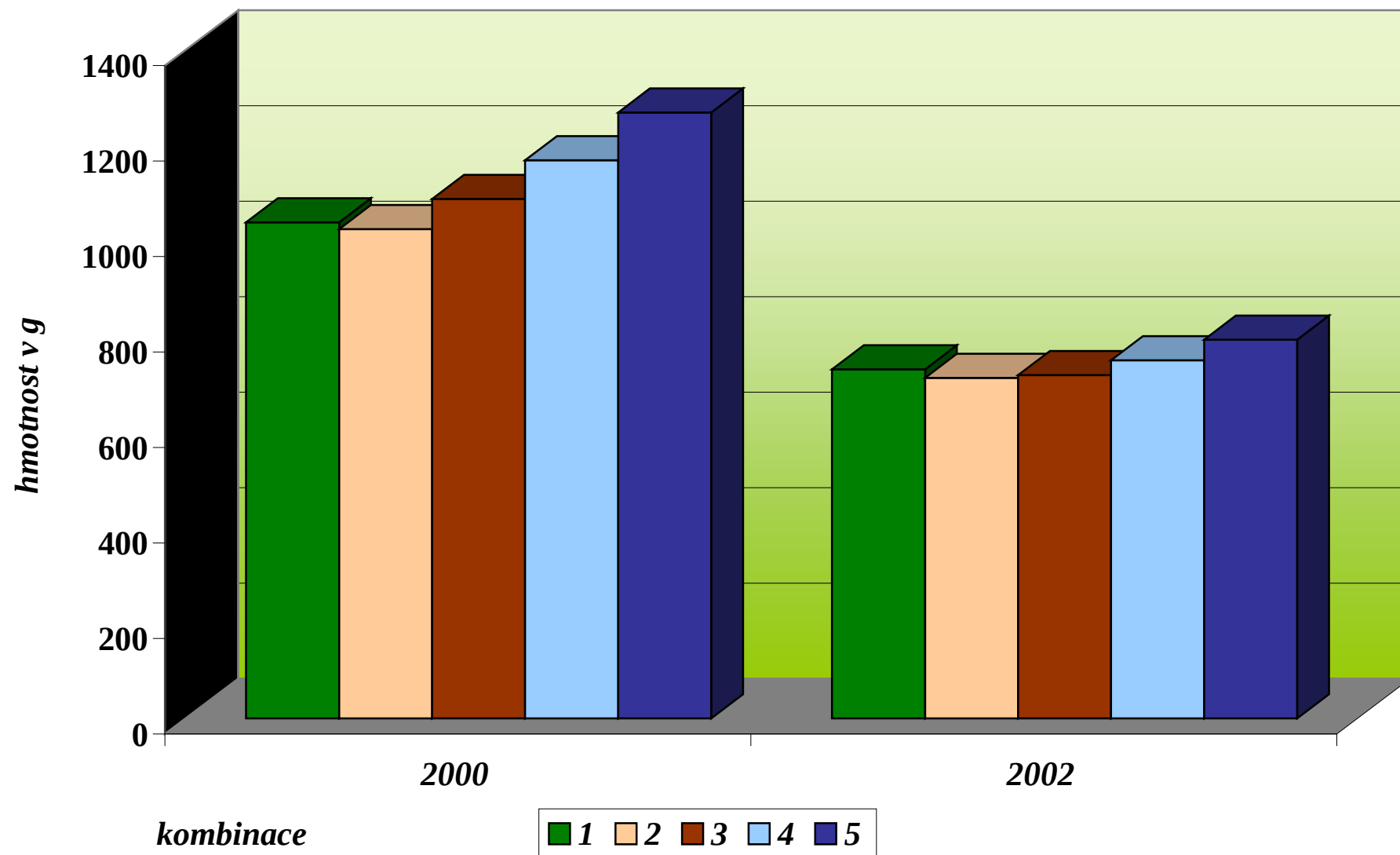
Výnos zrna ječmene



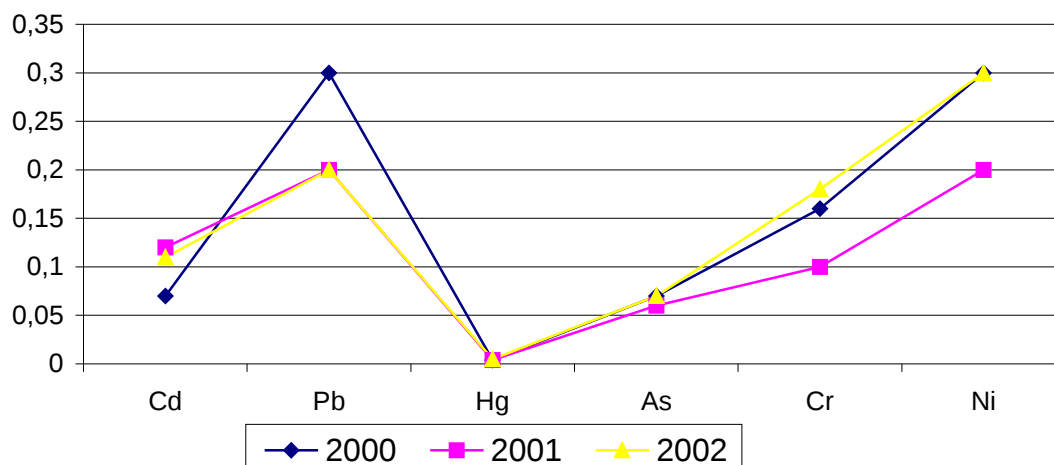
Výnos cibule



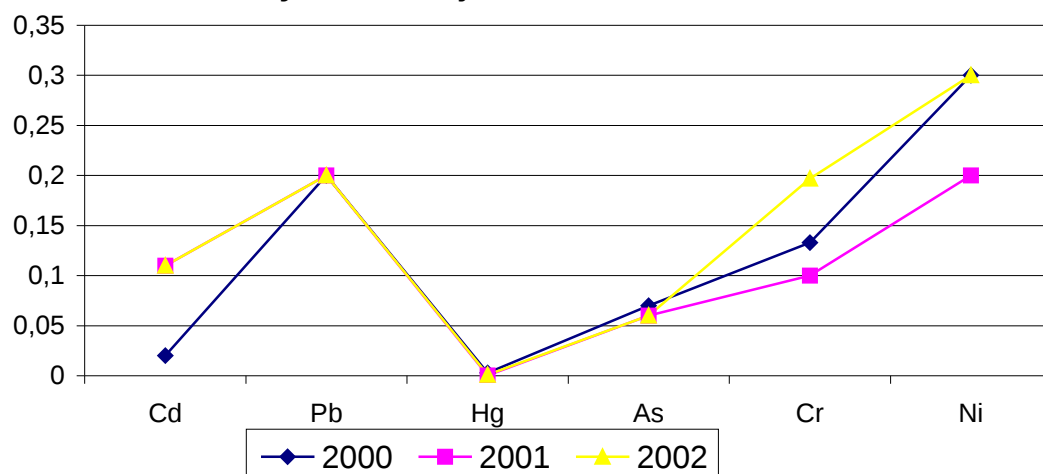
Výnos kukuřice



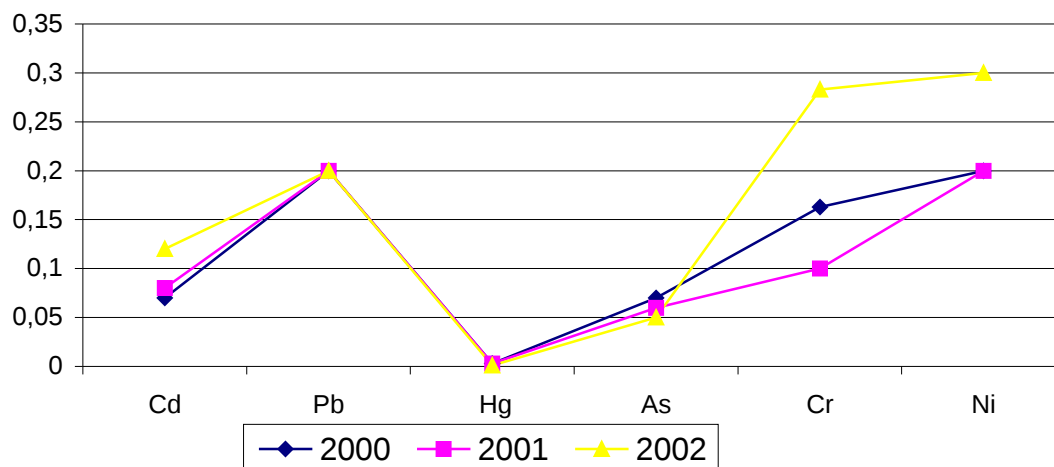
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 1



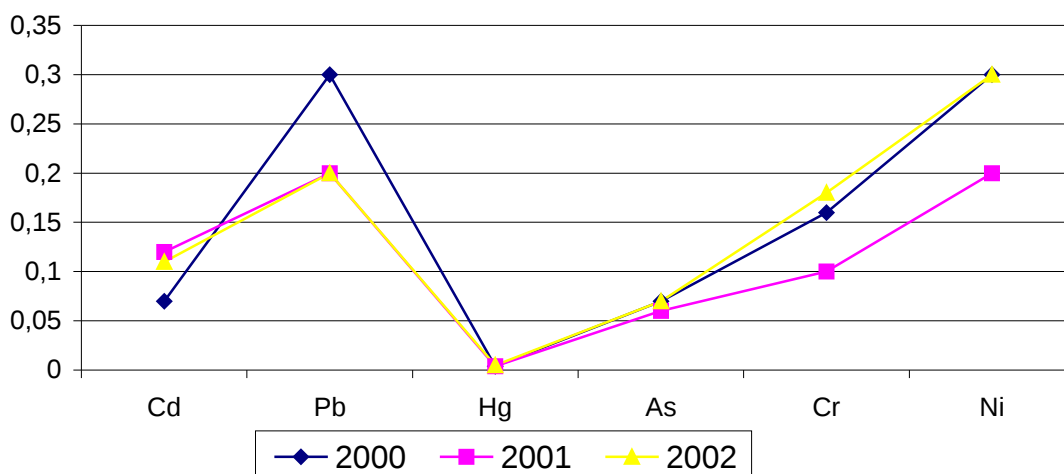
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 2



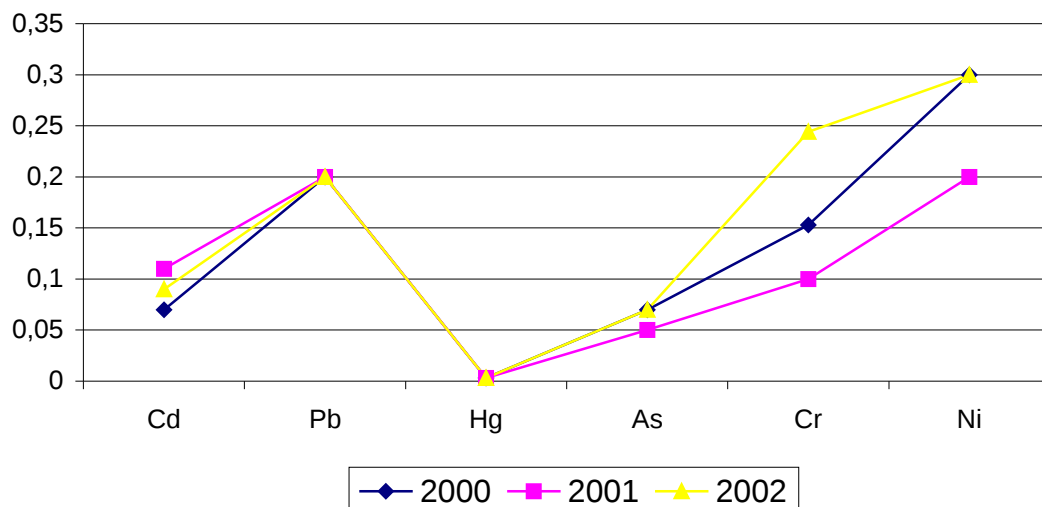
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 3



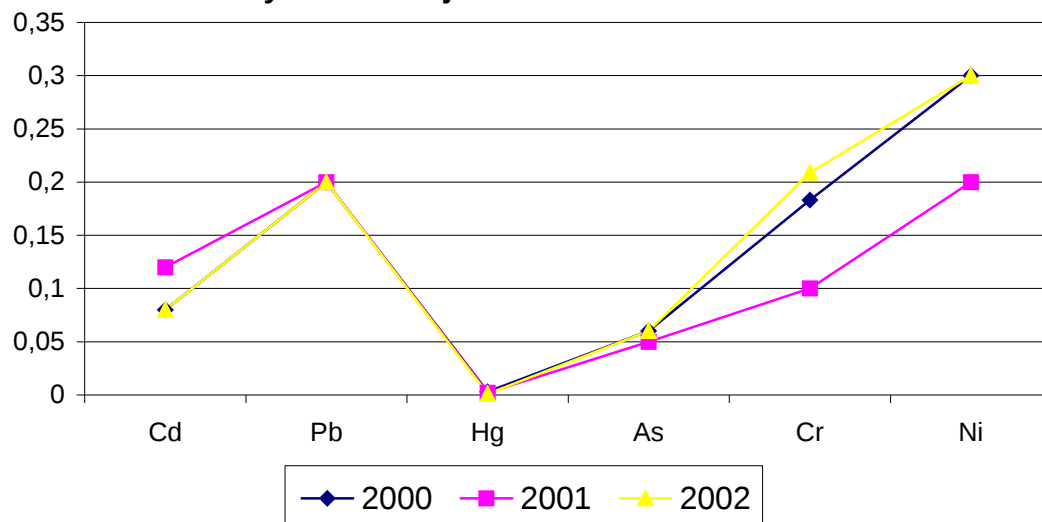
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 1



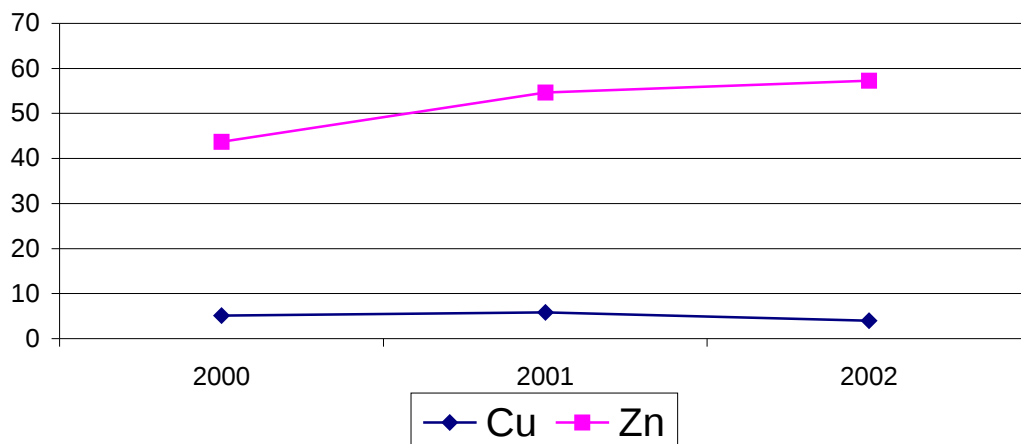
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 4



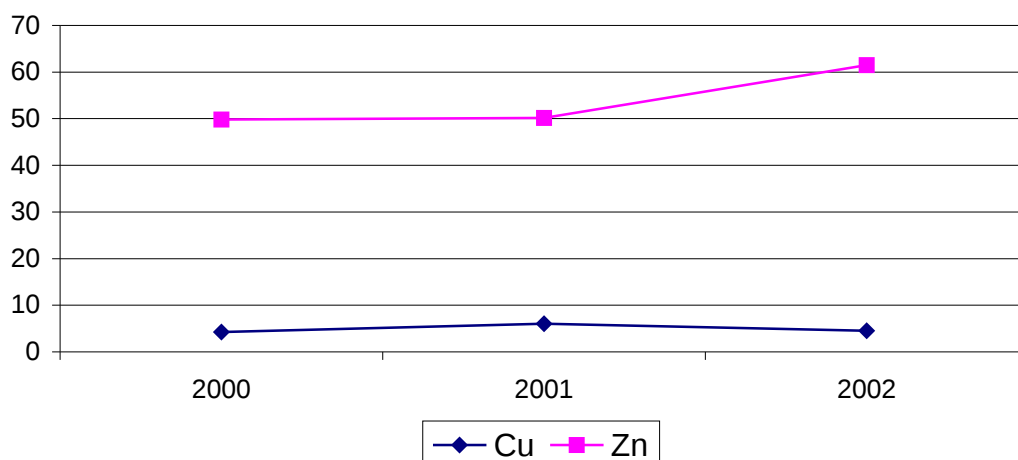
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 5



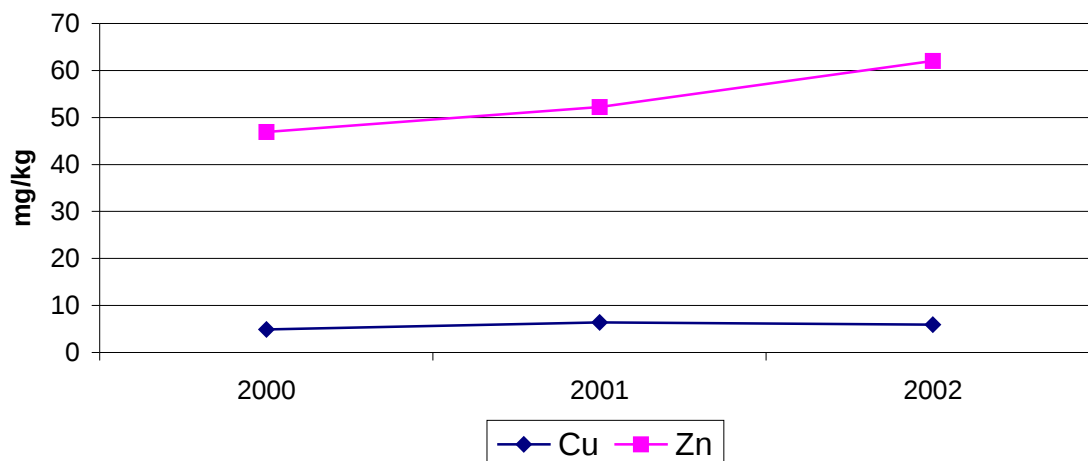
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 1



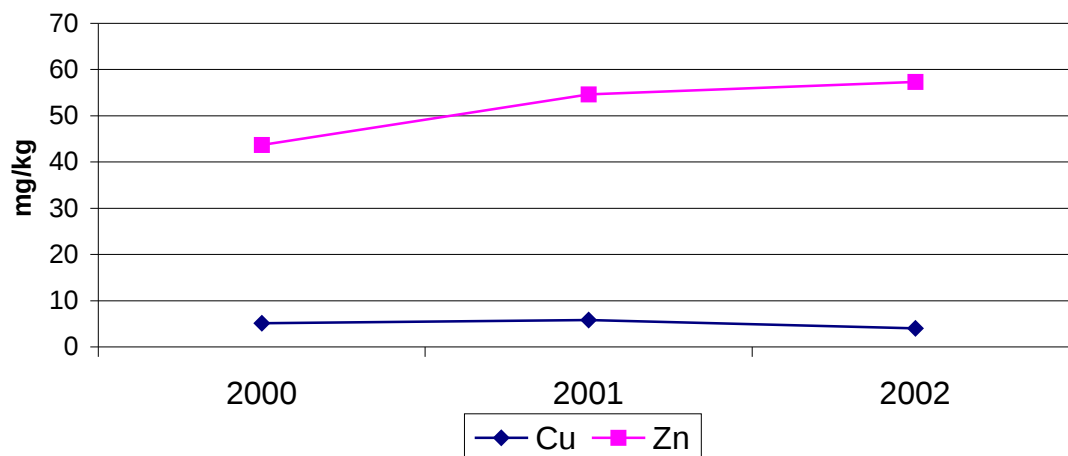
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 2



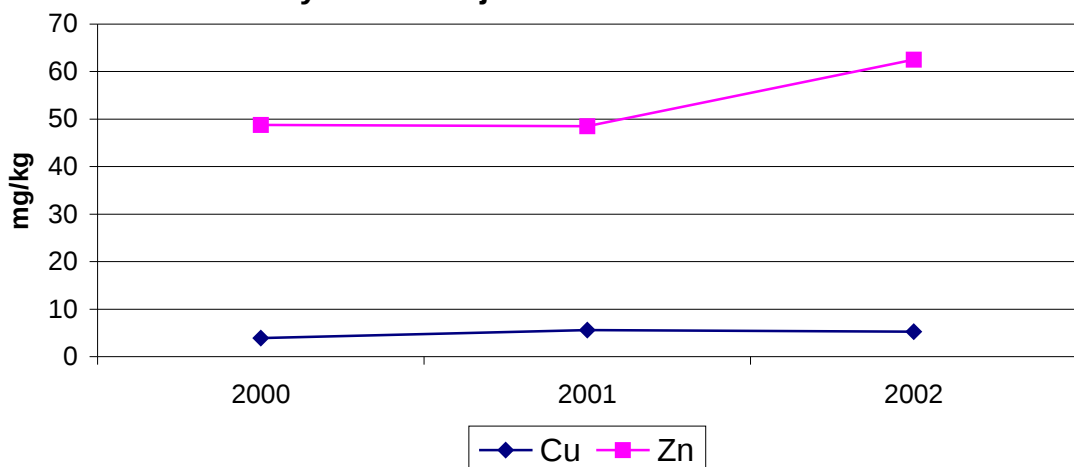
Obsahy TK v zrně ječmene - kombinace č. 3



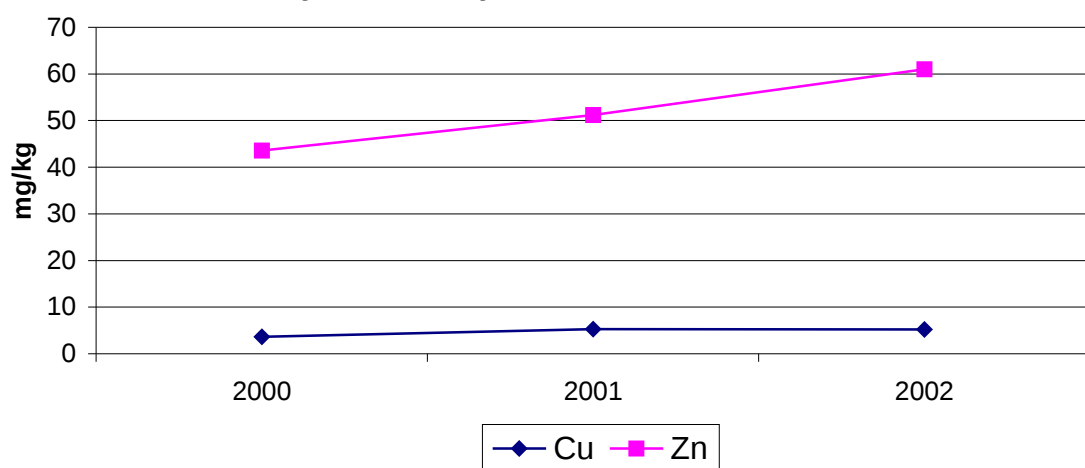
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 1



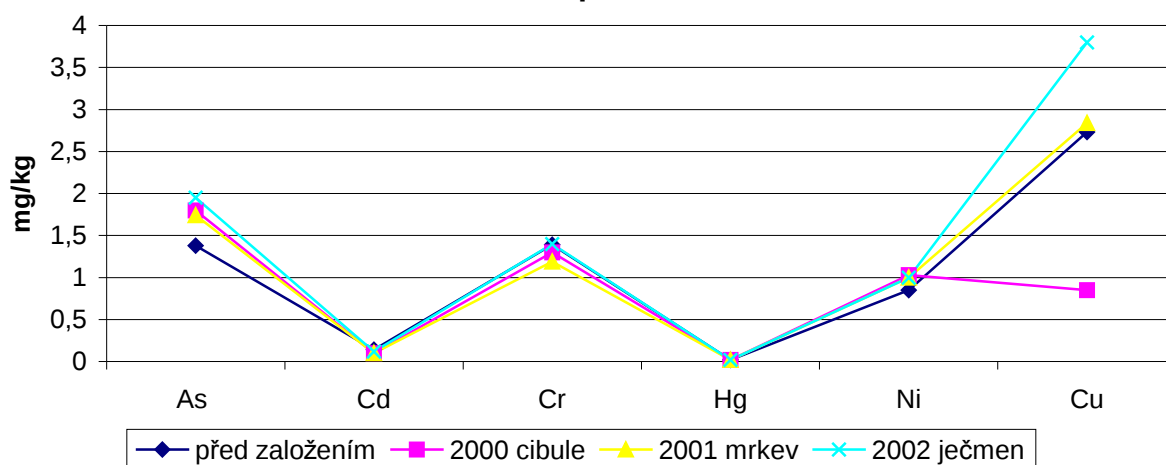
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 4



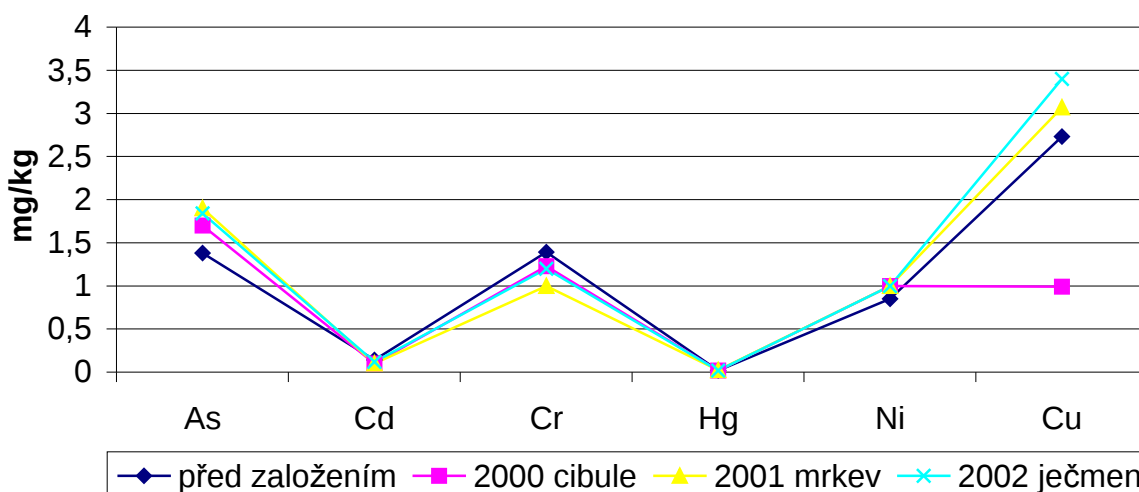
Obsahy TK v zrne ječmene - kombinace č. 5



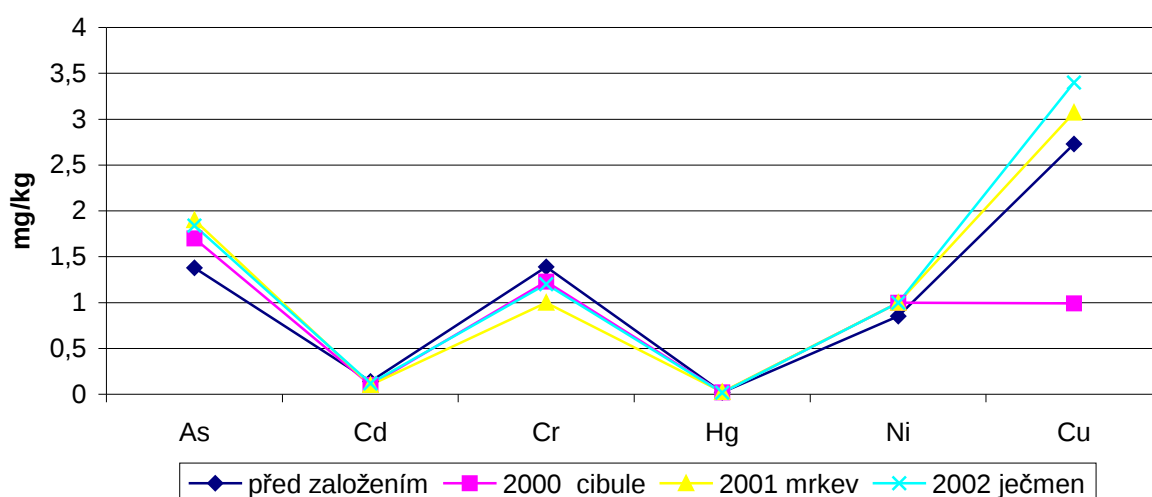
Sled A - obsah TK v půdě - kombinace č. 1

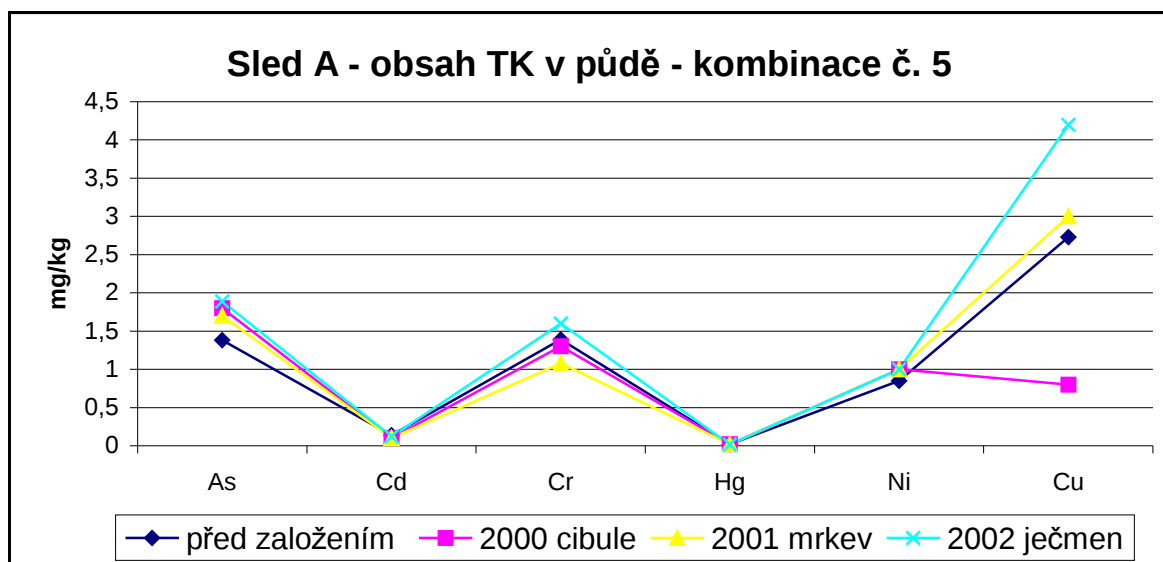
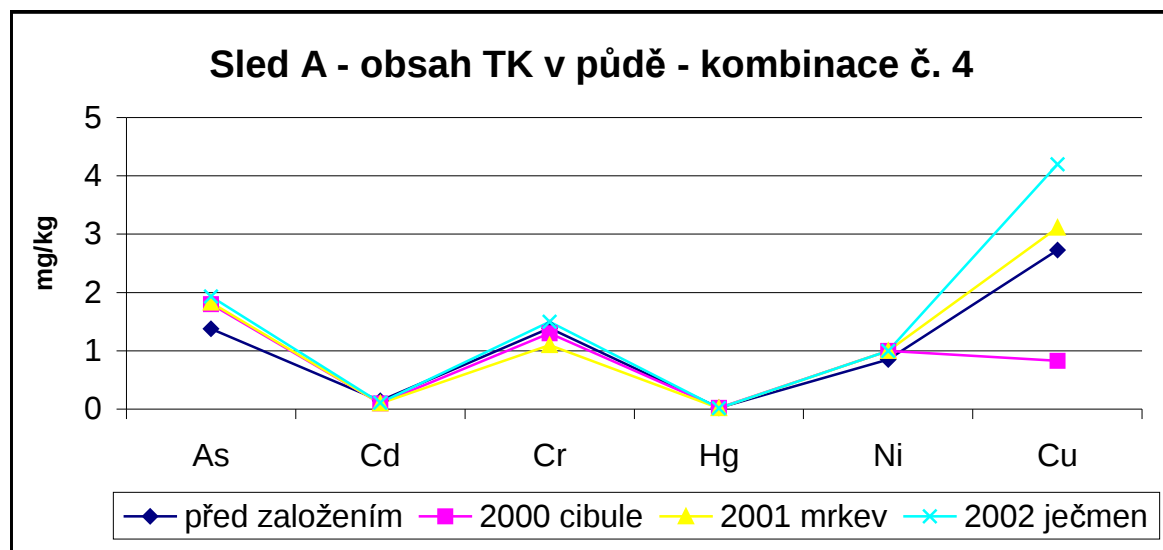
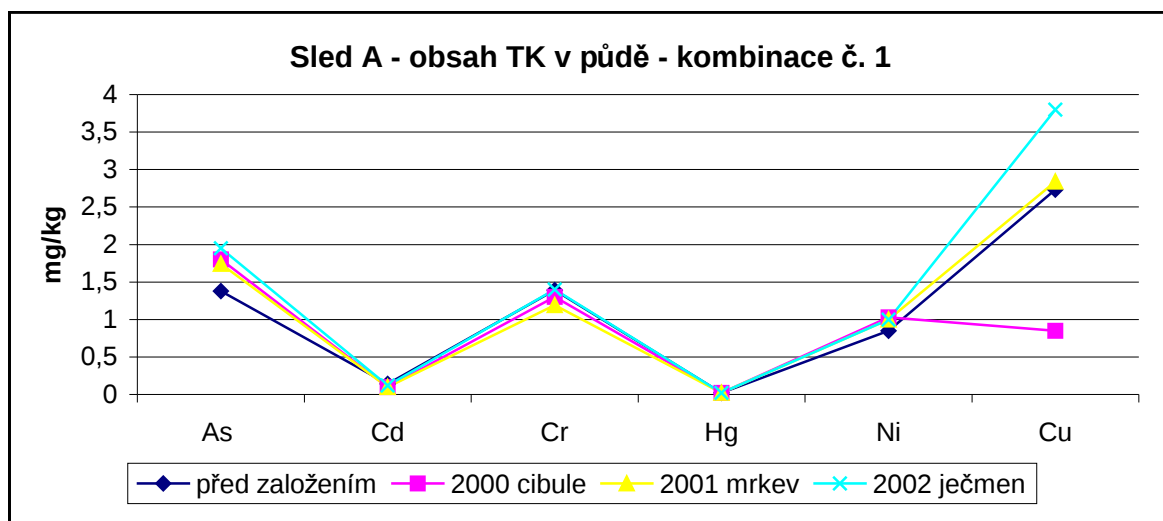


Sled A - obsah TK v půdě - kombinace č. 2

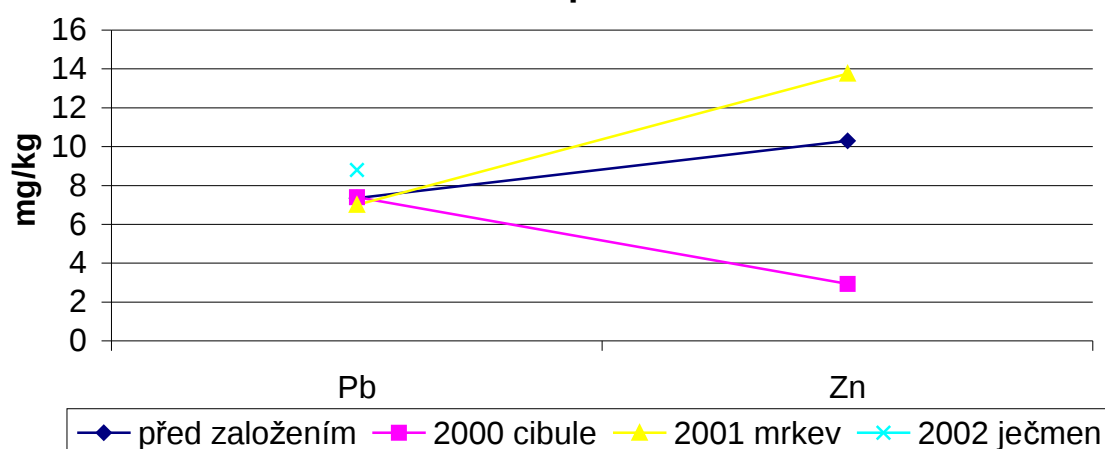


Sled A - obsah TK v půdě - kombinace č. 3

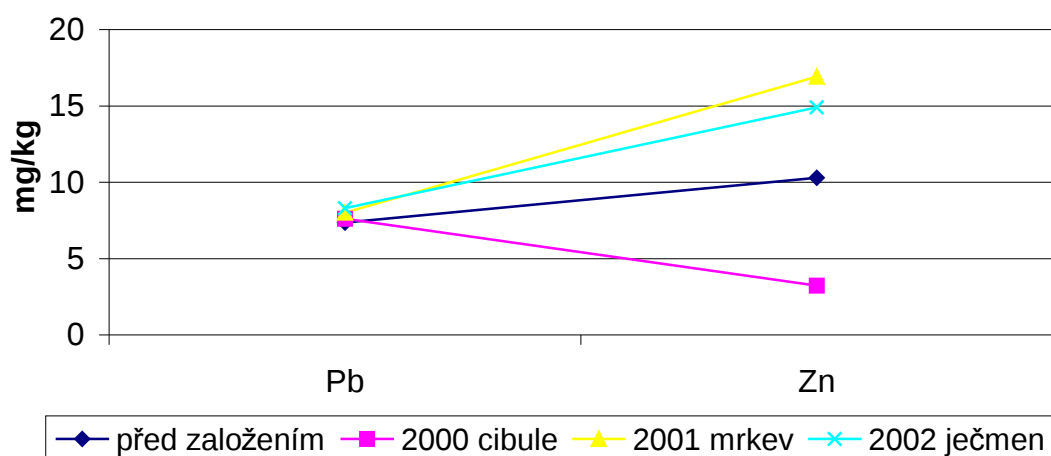




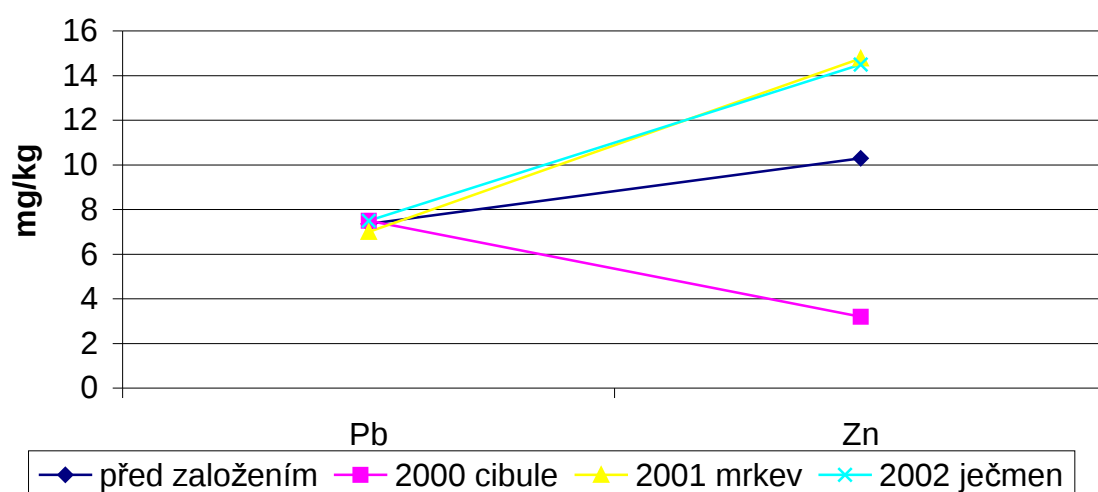
Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 1



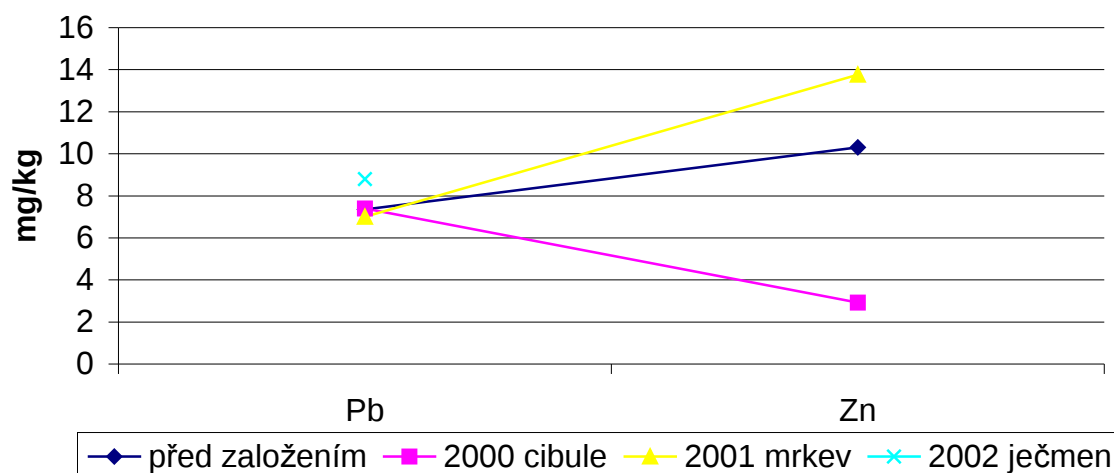
Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 2



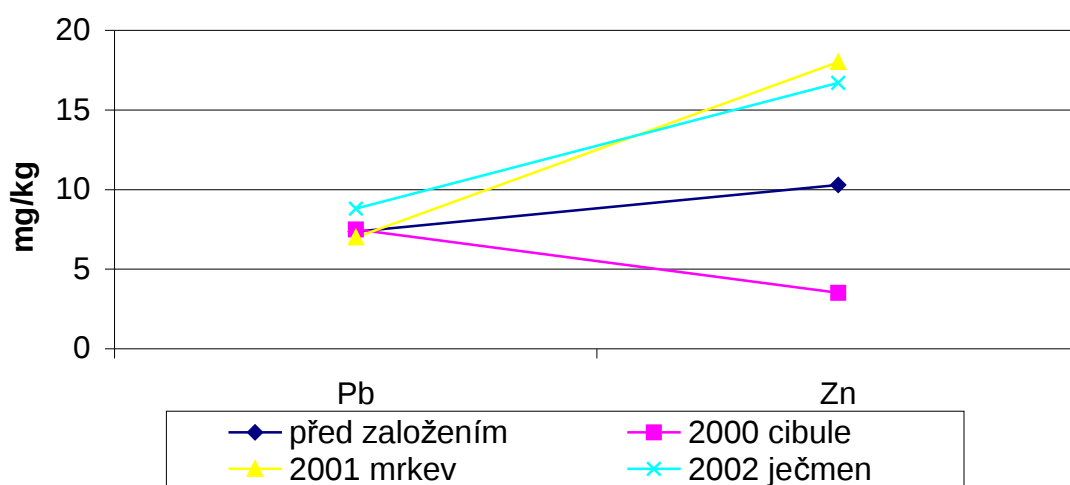
Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 3



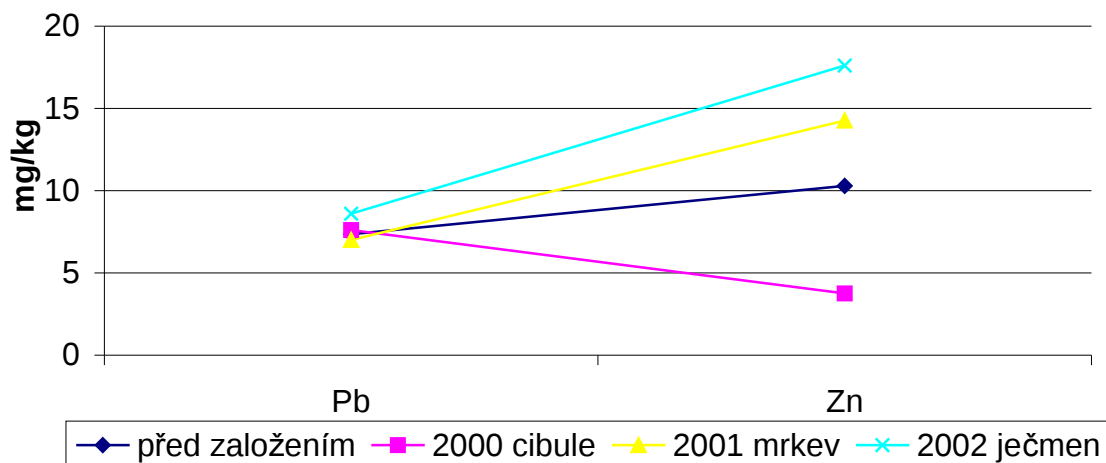
Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 1



Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 4



Sled A - obsah Pb a Zn v půdě - kombinace č. 5



Živiny a těžké kovy v odpadních kalech 1975 - 1999

David R. Külling, Franz X. Stadelmann, Toni Candinas

AGRARForschung 9 (5): 200-205, 2002

Se souhlasem autorů přeložil Ing. Jan Šnejd, ÚKZÚZ Planá nad Lužnicí

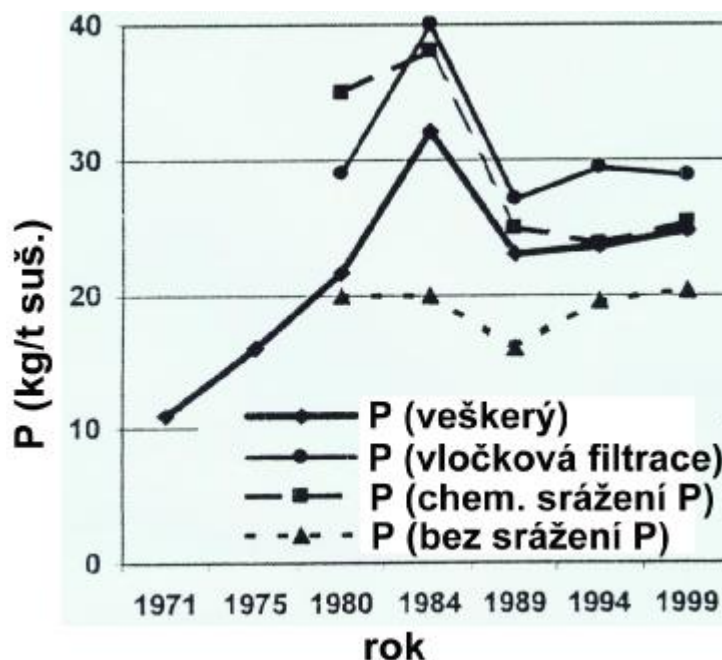
Shrnutí

Ve Švýcarsku jsou odpadní kaly, zejména jejich složení a obsahy látek, intenzivně sledovány již 25 let. Obsahy živin vykazují v průběhu času jen nepatrné změny. Obsahy i využití živin stoupalo v prvních 15 letech paralelně s množstvím kalů a od té doby zůstalo stabilní. Naproti tomu těžké kovy s výjimkou mědi po vzestupu v prvních pěti letech doznávají prudký pokles.

Obsahy TK se sice výrazně snížily, přesto však nenabudou odpadní kaly minimálně do roku 2005 jako hnojivo většího významu. Výrazně se zvýšila snaha ochránit člověka a životní prostředí a to vede k tendenci snižovat současnou spotřebu hnojiv i tržní riziko.

Roku 1999 provedla kompetentní místa Kantonů a Spolkové správy anketní šetření, na základě kterého byla zjištěna data o množství a kvalitě čistírenských kalů. Statistické zpracování získaných dat stejně jako výpočty středních hodnot a kalkulace prospěšnosti a škodlivých účinků byla provedena stejným způsobem jako u předchozích prací (Candinas *et al.* 1989, 1991 a 1999). Kaly z čistě průmyslových zařízení nebyly do tohoto šetření zahrnuty. Produkované množství kalů násobené obsahem látek v kalech v čistíreně odpadních vod (ČOV) dává údaj o roční produkci těchto látek pro tuto čistící stanici. Součet produkce kalů ze všech čistíren dává celkovou produkci kalů z čistících stanic celého Švýcarska. Dělením roční produkce dané látky veškerým množstvím kalů se vypočte váhový průměr obsahu. Pro 24 % všech stanic nebyly zjištěny obsahy užitečných látek a pro 22 % z nich nebyly zjištěny obsahy těžkých kovů. Pro sumarizaci veškerých množství těchto látek pro Švýcarsko slouží průměrné obsahy všech ČOV, které jsou k dispozici.

Obr. 1:
*Obsahy fosforu v čistírenských
 kalech při různých postupech
 odstraňování fosforu
 z odpadních vod, 1971-1999.*



Počet ČOV, stupeň připojení obyvatelstva a množství produkováných kalů dosáhl stálým vzestupem v průběhu desetiletí nasycení (tab. 1). 80 až 85 % všech ČOV upravuje produkované kaly sama. 80 % těchto ČOV přispělo údaji k tomuto průzkumu.

Pro srovnávací účely bylo možno uvést i údaje z roku 1975 a 1980. Tyto pocházejí ze starších pramenů. Mohou se však jen omezeně srovnávat s později získanými výsledky jež nespočívají na váhových průměrech, nýbrž na aritmetických průměrech výsledků zkoušek získaných z 164 až 226 dílčích hodnot.

Kaly z čistících stanic jsou bohaté na živiny

Obsah dusíku (N) v kalech v průběhu let stoupal, obsahy vápníku (Ca) a hořčíku (Mg) poklesly (tab. 2). Zajímavé jsou hodnoty u fosforu (P). Průměrný obsah P u všech ČOV od roku 1971 do 1984 plynule vzrůstal (údaje od roku 1971 až 1975 jsou získány od Furrera 1975). To souvisí především s všeobecným zaváděním chemického srážení fosforu. Se zavedením zákazu komponent fosforu v pracích prostředcích poklesl průměrný obsah P od roku 1986 do roku 1989 o 28 % a od té doby se P však opět zvýšil o 7 % (obr. 1). Obsah fosforu v čistících kalech v důsledku chemického srážení nebo flotace, tzv. 4. stupně čistoty, se pak vyvíjel obdobně. V čistících kalech bez srážení šel obsah P naproti tomu v období přechodně od 1984 do 1989 dolů o 20%, od roku 1994 se pak opět dostal na úroveň jaká byla před zavedením zákazu používání sloučenin fosforu v pracích prostředcích.

Efektivnost segregace fosforu rok od roku stoupá. Výrazného zlepšení bylo dosaženo zákazem fosfátů v pracích prostředcích. Mikroorganismů odstraněných z odpadní vody, která po zákazu fosforu v práscích obsahuje méně P, je stejně tolik jako fosforu před tím. V odpadních kalech bez srážení P stoupá stupeň využití od roku 1984 do 1994 z 28 % na 53 %, u kalů s chemickým srážením P z 68 % na 83 % (*Candinas a Chassot 1997*). Mikroorganismy odebírají z vody, která obsahuje daleko méně fosforu (28 %), stejné množství fosforu jako dříve. U čistících stanic bez srážení P stoupl stupeň účinnosti od roku 1984 do r. 1994 z 28 % na 53 %, u čističek s chemickým srážením P z 68 % na 83 % (*Candinas a Chassot 1997*).

Co se týče fosforu je u 96,6 % odpadních vod aplikováno chemické čištění, u 0,7 % biologické a u 2,7 % není prováděno vůbec žádné odstraňování fosforu. Odstraňování fosforu flokulačním činidlem z 0,1 % kalů nabývá na významu stejně jako už před pěti lety prováděné odstraňování solí železa z 90,9 % kalů, na rozdíl od solí hliníku z 9,0 % (*Candinas et al. 1999*).

Tabulka 1: *Počet čistících stanic (ČOV), počet přidružených obyvatel, produkované a zemědělsky využívané množství čistících kalů v sušině*

	<i>jednotka</i>	<i>1974</i>	<i>1980</i>	<i>1984</i>	<i>1989</i>	<i>1994</i>	<i>1999</i>
počet komunálních čističek		430	710	855	930	977	979
přidružené obyvatelstvo	%	46	70	81	88	91	95
celková produkce kalů	1000 t	90	170	176	213	211	209
zemědělsky využito	1000 t	72	110	88	107	116	84

Tabulka 2: *Průměrné váhové obsahy živin (kg/t suš. v kalu z čistících stanic(ČOV)*

<i>obsažená látka</i>	<i>1975</i>	<i>1980</i>	<i>1984</i>	<i>1989</i>	<i>1994</i>	<i>1999</i>
celkový dusík	38	36	40	45	42,6	43,6
<i>čpavkový dusík - N</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>13</i>	<i>15</i>	<i>17,0</i>	<i>18,9</i>
fosfor (P), veškeré čističky	16,1	21,7	32	23	23,6	24,7
<i>čističky s vložkovou filtrací</i>	<i>NZ</i>	<i>29</i>	<i>40</i>	<i>27</i>	<i>29,3</i>	<i>28,8</i>
<i>čističky s chem. srážením P</i>	<i>NZ</i>	<i>35</i>	<i>38</i>	<i>25</i>	<i>23,7</i>	<i>25,4</i>
<i>čističky bez chem. srážení P</i>	<i>NZ</i>	<i>20</i>	<i>20</i>	<i>16</i>	<i>19,5</i>	<i>20,2</i>
draslík (K)	NZ	NZ	NZ	NZ	3,6	3,9
vápník (pokud není vápněno)	85	68	73	64	69,0	63,4
hořčík	6,0	6,8	5,7	5,1	5,1	5,1

NZ: není zjištěno

Tabulka 3: Produkce kalů v sušině a živiny v kalech (v 1000t)

<i>obsažená látka</i>	<i>1975</i>	<i>1980</i>	<i>1984</i>	<i>1989</i>	<i>1994</i>	<i>ZV⁹⁴</i>	<i>1999</i>	<i>ZV⁹⁹</i>
sušina	95	170	176	213	211	116	209	84
celkový dusík	3,60	6,10	7,00	9,50	9,00	4,75	8,90	4,20
fosfor	1,53	3,69	5,56	4,90	4,98	2,94	5,06	2,40
draslík	NZ	NZ	NZ	NZ	0,76	0,42	0,81	0,31
vápník	8,1	11,6	12,9	13,5	14,7	7,6	13,0	5,9
hořčík	0,57	1,16	1,00	1,09	1,07	0,62	1,04	0,44

ZV^{xx}: Produkce, která byla v roce XX zemědělsky využita

NZ: není zjištěno

Produkce dusíku do roku 1989 zřetelně narůstala, jak to odpovídalo vzrůstajícímu množství kalů, od té doby se však snižuje více než množství produkovaných kalů (tab. 3). Za to mohou být zodpovědné ztráty dusíku, které se zvyšují se zaváděním termického ošetřování kalů. Produkce fosforu po silném vzestupu do roku 1984 do roku 1989 zřetelně ubývala a od roku 1989 se opět zvyšuje. To však neplatí pro zemědělsky využívaný podíl. Od roku 1994 je situace podobná i u produkce K, zatímco produkce Ca a Mg do roku 1994 respektive 1989 přibývala a poslední dobou mírně klesá..

O efektivitě využití živin v zemědělství jsou k dispozici relativně ověřené informace pouze pro roky 1994 a 1999. Tyto údaje se týkají přibližně poloviny veškerých živiny obsažených v čistících kalech ve Švýcarsku.

Obsahy těžkých kovů v kalech klesají

Obsahy těžkých kovů v kalech byly sníženy v průměru od roku 1974 do 1994 ze 138 % na 38 % od roku 1992 platných limitních hodnot (StoV 1986) (obr. 3). Roku 1999 bylo dosaženo v průměru už jen 32 % limitních hodnot. Jen u mědi se nacházely průměrné obsahy 1999 s 57 % ještě lehce nad polovinou hraničních hodnot. Obsah Cd se pohyboval v roce 1975 ještě pětikrát nad dnešní limitní hodnotou, byl ale dosud redukován faktorem 15. Druhé největší zredukování od roku 1980 se podařilo u olova a sice faktorem šest. Absolutní obsahy stejně jako platné hraniční hodnoty z platné vyhlášky (StoV 1986) jsou uvedeny v tabulce 4.

Ročně produkované množství kalu v čistírně odpadních vod nemá ostatně žádnou zřejmou souvislost s obsahem těžkých kovů v kalu.

Celkové koncentrace všech halogen-organických sloučenin (AOX) v čistírenských kalech měla od roku 1994 do 1999 ještě stoupající tendenci. (tabulka 4).

Tabulka 4. Váhové průměrné obsahy těžkých kovů (g/t suš.) kalů 1975 - 1999, obsahy AOX 1994, 1999 a platné limitní hodnoty. Pro AOX (adsorbovatelné halogen-organické sloučeniny): směrná hodnota.

<i>škodlivina</i>	<i>1975</i>	<i>1980</i>	<i>1984</i>	<i>1989</i>	<i>1994</i>	<i>1999</i>	<i>LH</i>
kadmium (Cd)	25,2	16,9	5,7	4,0	2,4	1,6	5
kobalt (Co)	26,9	15,6	10,4	10,2	7,9	10,1	60
chrom (Cr)	268	311	207	129	84	76,2	500
měď (Cu)	453	510	447	388	388	339	600
rtuť (Hg)	NZ	NZ	3,6	2,6	1,9	1,8	5
molybden (Mo)	8,0	10,6	11,3	7,0	5,6	6,0	20
nikl (Ni)	103	96	77,7	42,6	40,3	32,0	80
olovo	590	610	409	232	133	97	500
zinek	2505	2273	1858	1378	1110	945	2000
AOX	NZ	NZ	NZ	NZ	263	305	500
TKP	5,33	2,92	1,05	1,00	0,76	0,63	
TKŽ	11,42	10,10	6,11	4,78	4,00	3,34	

LH: limitní hodnota podle StoV, [SR 814.013]

TKP: hodnota těžké kovy-fosfáty (GSA, 1994)

TKŽ: hodnota: těžké kovy-živiny

NZ: není zjištěno

$$TKŽ = (((VO_{x1}^2 + TK_{x2}^2 + ... VO_{xn}^2) / n)^{1/2}) / (P + N_{celkový} + K/5)$$

TKŽ = hodnota: těžké kovy-živiny; VO_x = váhový obsah TK x v g/t suš.

n = Počet sledovaných TK; P, N a K = obsahy v kg/t suš.

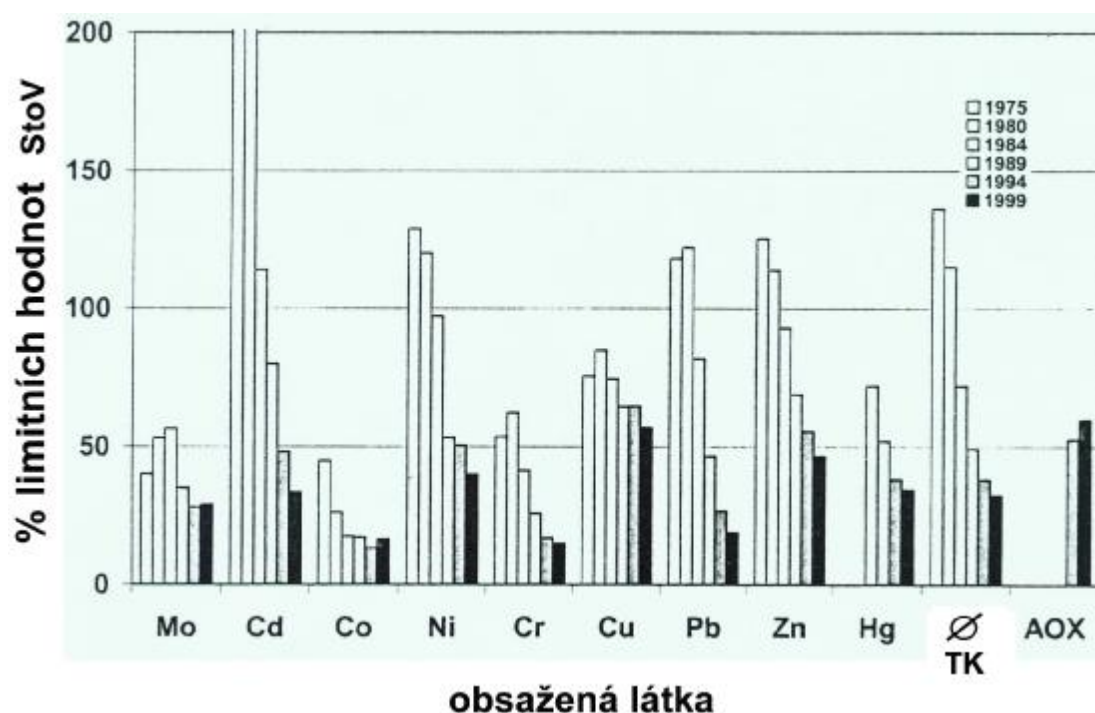
Obr. 2: Těžké kovy/živiny - poměr jako nově definovaný indikátor pro zatížení škodlivinami z hnojiv

Poměr TK/živiny se zlepšuje

Hodnota těžké kovy-fosfáty (TKP) se vyvinula jako měřítko zátěže těžkými kovy specificky pro poradenství při využití kalů. (Tab. 4). Obsahy jednotlivých TK jsou kvadraticky vyjádřeny v procentech příslušné limitní hodnoty. Kvadratické vyjádření umožňuje porovnání jednotlivých hodnot navzájem a zvýrazňuje tak s tím spojené vyšší riziko. TKP se počítá jako poměr průměrných hodnot a obsah fosfátů.

TKP zohledňuje všech devět těžkých kovů, které platná vyhláška stanovuje (StoV 1986). Hodnota AOX, která představuje sumu adsorbovatelných halogenorganických sloučenin, není naproti tomu uvedena. Podle stupnice pro hodnocení podle hodnoty TKP, kterou používá Úřad pro ochranu vod a hospodaření s kaly v Kantonu Bern (GSA 1994) byla kvalita čistírenských kalů do roku 1980 špatná, roku 1984 ještě nedostatečná. V letech 1989 a 1994 uspokojivá a od roku 1999 je dobrá. Čistírenské kaly aplikované v zemědělství si již před pěti lety vysloužili predikát «dobré» a po r. 1999 s hodnotami TKP od 0,55 dosáhly hned kurz označení «velmi dobré».

Obr. 3: Průměrné využití hraničních hodnot platných od r. 1992 podle látkových směrníc (=100%) v kalu.



Nesnadné porovnání s ostatními hnojivy

Porovnání kvality čistírenských kalů s ostatními hnojivy, co se týče hodnoty TKP, je velmi obtížné. Za prvé je hodnotou TKP zohledněna jediná živina a to fosfor. K tomu přistupuje fakt, že u různých hnojiv jsou limitní hodnoty pro těžké kovy jinak nastaveny. U minerálních hnojiv jsou limity pouze pro kadmium, chrom a vanad. U ostatních hnojivých odpadů jako jsou čistírenské kaly a komposty se limity mění podle předpisů o hnojivech podle obsahu živin a organických látek. (DübV 2001). Proto jsou zde k hodnotám TKP vypočteny i hodnoty těžkých kovů- živin (TKŽ) (obr. 2). K tomu jsou uvedeny váhové obsahy TK přičemž TK s nízkými limitními hodnotami jsou úměrně tomu hodnoceny. Váhové faktory jsou nepřímo úměrné limitním hodnotám u čistírenských kalů.

Ačkoliv čistírenské kaly jsou vysloveně fosforečným hnojivem, neměli bychom pro porovnání s ostatními statkovými a minerálními hnojivy hodnotit pouze fosfor, nýbrž brát na zřetel všechny tři hlavní živiny P, N a K v rámci obsahu veškerých živin (DübV 2001).

Podíly těžkých kovů v kalech klesají

Celkové podíly těžkých kovů v čistírenských kalech do roku 1980 s přibývajícím produkcí kalů masivně stoupaly (tab. 5). Do roku 1994 však poklesly o více než 50 %, ačkoliv produkce kalů ve stejném časovém úseku narostla o 23%. Při prakticky stagnující produkci kalů šel od té doby podíl TK ještě o 10% dolů. Vesměs se projevil od roku 1980 do roku 1999 silný pokles u kadmia o 88 %, u olova o 80 % a u chromu o 70%. Měď poklesla pouze o 15 %.

Candinas et al. (1989) doporučují, používat v zemědělství pouze kvalitativně lepší polovinu kalů. V tom případě by šlo pouze o cca 40% z veškerého podílu TK v produkovaných kalech. Zda lze toho cíle v praxi dosáhnout ukáže poměr části kalů použitých v zemědělství (1994: 55 %, 1999: 41%), s podílem frakce kovů, která bude skutečně do zemědělské půdy vpravena. Ukazuje se, že zemědělsky využívány jsou převážně jen kaly chudé na Hg a Cd. Jen 36 % rtuti a 37 % kadmia obsaženého v kalech se dostane do půdy. Podíl všech kovů, které se přišly do zemědělství činil v roce 1994 54 % a v roce 1999 44 % z celého v kalech vyprodukovaného množství TK, jež má lehce vzrůstající tendenci. Na

základě těchto výsledků lze konstatovat, že při správném rozhodování o způsobu využití kalů, se obsah škodlivin v kalech využívaných v zemědělství snižuje.

Tabulka 5: Podíly těžkých kovů v (t/rok)

Kov	1975	1980	1984	1989	1994	MK ⁹⁴	%MK ⁹⁴	1999	MK ⁹⁹	%MK ⁹⁹
kadmium (Cd)	2,4	2,9	1,00	0,86	0,51	0,22	43	0,34	0,13	37
kobalt (Co)	2,5	2,7	1,84	2,17	1,68	0,91	54	1,24	0,82	39
chrom (Cr)	25,5	52,9	36,4	27,4	17,8	8,74	49	15,7	6,20	39
měď (Cu)	43,0	86,7	79,0	82,9	82,0	41,1	50	69,8	29,7	41
rtuť (Hg)	NZ	NZ	0,64	0,55	0,41	0,21	51	0,28	0,10	36
molybden (Mo)	0,8	1,8	1,99	1,50	1,18	0,62	53	1,23	0,49	39
nikl (Ni)	9,8	16,3	13,7	9,08	8,52	3,76	44	6,61	2,87	42
olovo (Pb)	56,1	103,7	72,0	49,5	28,0	15,9	57	20,0	8,1	40
zinek (Zn)	238	386	327	293	234	132	56	195	91	46
součet	378	653	534	467	375	204	54	321	140	43

MK^{xx}: Množství kovů, které bylo v roce XX aplikováno v zemědělství

%MK^{xx}: Podíl TK vpravených do zemědělství z celkového množství vyprodukovaných kovů v kalech v roce XX v %

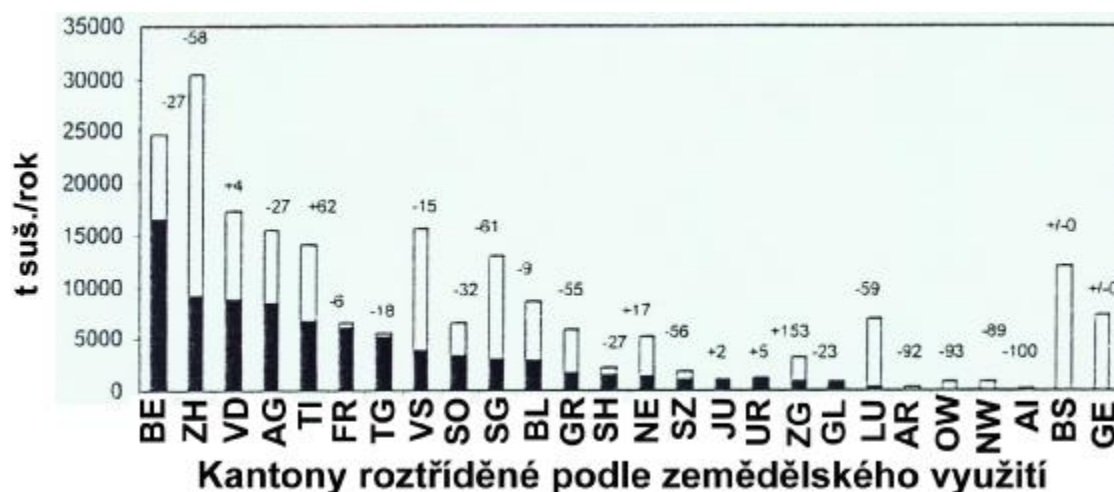
NZ: není zjištěno

Pokles ve využití kalů k hnojivým účelům

Od roku 1993 máme snahu ekologizovat zemědělství a tak soupeří mezi sebou užívání statkových hnojiv a hnojivých odpadů. Tak dochází k tomu, že náklady na zemědělské využití kalů se zvýšily a náklady na zpracování odpadů spalováním však klesly.

Obsahy těžkých kovů a zvláště těžko odbouratelných organických škodlivin v čistírenských kalech v poslední době značně poklesly. Jiné sloučeniny jako PAH nebo ftaláty zůstaly konstantní nebo se mírně zvýšily (Küpper und Tarradellas 2002). V posledních letech se zohledňují při rozhodování o využití kalů v zemědělství ještě i méně známé stopové látky jako jsou např. antibiotika, hormonální látky apod. Zvažují se i případná obchodní rizika. Kaly jsou hnojivým odpadem se značným rizikovým potenciálem především vzhledem k obsahu organických škodlivin a možnému nebezpečí ohrožení potravinového řetězce (Herter a Külling 2001).

Ačkoliv se celkové množství produkováných čistírenských kalů se v 90tých letech podstatně nezměnilo, činil podíl zemědělsky využívaných kalů v roce 1999 41 % z celkového množství, což je o 25 % méně než tomu bylo ještě o pět let dříve. Zbytek byl z převážné části spalován. Počet kantonů, které likvidují více než 90 % čistících kalů mimo zemědělství se od roku 1994 do roku 1999 dvakrát až šestkrát zvýšil, zatímco už jen pět až šest kantonů více než 90 % kalů směřovalo do zemědělství. (obr. 4).



Obr. 4: Podíly z produkce čistírenských kalů využívaných v zemědělství v jednotlivých kantonech a jejich změny mezi roky 1994 a 1999

V několika kantonech se podíl zemědělsky využívaných kalů v období 1994 až 1999 zvýšil (Candinas et al.1999). Ústup od zemědělského využívání kalů byl zřejmě ovlivněn i zákazem skládkování kalů platným od 1. ledna 2000. Už od roku 2005 by mělo být skládkování a pravděpodobně i zemědělské využití zakázáno (Candinas a Chardonnnens 2002). Jednotlivé kantony jsou na tuto záležitost rozdílně připraveny. Kantony Basilej – město, Ženeva, Lucern, Obwalden, Nidwalden a oba Appenzell se zcela zřekly využití kalů v zemědělství. Bern, kanton s největším množstvím zemědělsky využívaných kalů (obr. 4), připravuje koncept pro řešení této problematiky. Ostatní kantony se chystají rovněž tuto záležitost řešit.

Literatura

- CANDINAS T., GUPTA S.K., ZAUGG W. UND BESSON J.-M. 1989: *15 Jahre Schwermetalle im Klärschlamm. Schweiz. Landw. Fo.*, **28**, 161-173.
- CANDINAS T., CHASSOT G. BESSON J.-M. UND LISCHER P. 1991: *Nutz- und Schadstoffe im Klärschlamm. Schweiz. Landw. Fo.*, **30**, 45-59.
- CANDINAS T. UND CHASSOT G. 1997. KLÄRSCHLAMM 1984, 1989 UND 1994: *Abfall. Dünger und Träger von Umweltinformationen. Interner Bericht IUL Liebefeld*, 24 S.
- CANDINAS T., CHASSOT G.M. UND BESSON J.-M. 1999: *Klärschlamm: Die Qualität ist laufend besser geworden. Agrarforschung* **6** (4), 145-148.
- CANDINAS T. UND CHARDONNENS M. 2002: *Die Haltung der Bundesämter und weiteres Vorgehen. In: Risikoabschätzung zur landwirtschaftlichen Abfalldüngerverwertung. Schriftenreihe der FAL.*
- DÜBV. 2001: Verordnung des EVD über das Inverkehrbringen von Düngern (Düngerbuchverordnung, DüBV; SR 916.171.1. Ausgabedatum 28.2.2001. BBL Logistik-Vertrieb, CH - Bern.
- FURRER O.J. 1977: *Der Düngerwert des Klärschlammes. In: „Klärschlamm-Verwertung in der Landwirtschaft“, Informations-Tagung vom 24.3.1977 am Schweiz. landw. Technikum, Zollikofen.* 13-26.
- GSA (AMT FÜR GEWÄSSERSCHUTZ UND ABFALLWIRTSCHAFT DES KANTONS BERN). 1994. *Prüfstein für die Schlammqualität. Informationsbulletin* 1/94, Bern.
- HEITER U. UND KÜLLING D. 2001: *Risikoanalyse zur Abfalldüngerverwertung in der Landwirtschaft.* 271 S. FAL Reckenholz. Zürich.
- KÜPPER T. UND TARRADELLAS J. 2002: *Eintrag von organischen Schadstoffen in die Umwelt. In: Risikoabschätzung zur landwirtschaftlichen Abfalldüngerverwertung. Schriftenreihe der FAL.*
- LÖTSCHER R., KUPPER T., CANDINAS T., HUNGERBÜHLER N. UND BESSON J.-M. 1999: *Abfälle zur Verwendung im Pflanzenbau. Agrarforschung*, **6**, 5-8.
- STOV. 1986: *Verordnung über umweltgefährdende Stoffe (Stoffverordnung, StoV; SR 814.013). Änderung vom 16. September 1992. BBL Logistik-Vertrieb, CH - Bern.*

Řešení konečného zpracování kalů jejich energetickým využíváním

Jaroslav Hyžík

Problematika vyhníklých čistírenských kalů

Rozšířený způsob zacházení s čistírenskými kaly spočívá v jejich vyhnívání, resp. v částečném vyhnívání, v určité redukci jejich organického podílu (přibližně ze 70 % na 50 %). Tento způsob vyžaduje objemově náročnou instalaci patřičného množství tzv. vyhnívacích nádrží, ve kterých nastává vlastní redukce organického podílu kalu za současného vzniku bioplynu na bázi metanu. Na konci procesu vyhnívání je tedy bioplyn a (částečně) vyhníklý kal.

Energeticky využitelný bioplyn se ve speciálních energetických jednotkách (které tvoří zpravidla kombinace pístového spalovacího motoru a rotačního agregátu – generátoru) využívá k výrobě elektrické energie. Energeticky nevyužitelný (přebytečný) bioplyn se většinou bez dalšího využití spaluje, např. v tzv. hořácích zbytkového plynu. Pokud se vyhníklý kal spaluje, může být přebytečný bioplyn použit jako určitý podíl přídavného paliva nutného k realizaci dostatečně kvalitního spalovacího procesu.

Po procesu vyhnívání jsou kaly odvodněny zpravidla na 25 až 30 % sušiny. Množství vyhníklého kalu je jen asi o 20 % menší než množství kalu surového.

Vyhníklý kal se – pokud to jeho kvalita dovolí – používá v zemědělství k hnojení půdy. Jestliže kvalita vyhníklého kalu nedovolí jeho použití v zemědělství (což je časté), musí se za použití přídavného paliva (topného oleje, zemního plynu, popř. bioplynu) spalovat. Entalpie spalín se sice využívá k výrobě elektrické energie nebo ke kogeneraci elektrické a tepelné energie, avšak takto získaná energie je podmíněna použitím fosilního paliva, tedy neobnovitelného zdroje energie. V horším případě se vyhníklý kal skládkuje. V popsaném počínání je těžké najít racionální smysl.

Cílem tohoto příspěvku není prokazovat nevhodnost používání čistírenských kalů pro zemědělské účely. Nicméně je zřejmé, že čistírenské kaly pocházející z větších aglomerací pro použití v zemědělství nevyhovují. Například tisková zpráva švýcarského Spolkového úřadu pro životní prostředí, les a krajinu BUWAL (2001) uvádí, že používání čistírenských kalů v zemědělství bude postupně utlumováno a veškeré čistírenské kaly budou spalovány. Důvodem plánovaného úplného zrušení používání čistírenských kalů v zemědělství je také skutečnost, že čistírenské kaly obsahují nejen živiny, ale také celou řadu škodlivin – těžké kovy, perzistentní organické škodliviny PCB, PCDD/F a další organické škodliviny, např. zbytky léků nebo přirozené a umělé hormony. S úplným zákazem používání čistírenských kalů v zemědělství se počítá v letech 2003 až 2005.

Ve Vídni, kde se spaluje veškerý surový čistírenský kal byly zjištěny neobvykle vysoké koncentrace stříbra v odpadní vodě, které opravňovaly otázku, zda bude vůbec možné ukládat popílek, coby zbytkový materiál ze spalovacího procesu, v roce 2004 ještě na skládku, kdy bude platit nová limitní hodnota 50mg stříbra/kg sušiny *Daxbeck, H., Neumayer, S., Smutny, R.(2001)*. Očekává se, že s popílkem ze spalovacího procesu bude uloženo na skládku zbytkových materiálů přes cca 900 kg stříbra ročně.

Energetické využívání surového kalu

Východiskem z popsané situace může být energetické využívání surových, nevyhnilých kalů – přímé spalování s využitím entalpie spalin většinou k výrobě páry v odpovídajícím parním kotli. Komplexní technologické řetězce pro energetické využívání surových, nevyhnilých kalů včetně dokonalého ekologického zajištění (minimalizace emisí do ovzduší, kultivace zbytkových materiálů) byly dostatečně vyvinuty a provozně ověřeny teprve poměrně nedávno.

Významnou výhodou této technologie je skutečnost, že se odvodněný surový kal může vkládat přímo do ohniště, takže odpadá prostorově a investičně nákladné vyhánění surového kalu i energeticky náročné sušení nebo předsoušení vyhnilého kalu.

V porovnání s popsaným „klasickým“ způsobem přináší přímé energetické využití nevyhnilých kalů také nemalé úspory zastavěného prostoru a snížení finančních nákladů na zpracování kalů.

Pro využití surového kalu jako zdroje energie, tedy pro jeho spalování bez použití přídavného paliva, je nutné dosáhnout autarkního spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C. K tomu musejí být splněny tyto dvě podmínky:

- minimální hodnota výhřevnosti,
- vhodný typ ohniště pro vlastní spalovací proces.

Výhřevnost kalu

Výhřevnost kalu (dříve se používal termín spodní nebo dolní výhřevnost) je základní vlastnost paliva, která je určující pro návrh spalovacího procesu. Je dána množstvím tepla, které se uvolní dokonalým spálením paliva. (Voda ve spalínách – voda z paliva nebo voda vzniklá spálením vodíku v palivu – je ve stavu vodní páry.)

Rozlišujeme:

- výhřevnost sušiny organického podílu vlhkého kalu H_{uOTS} ,
- výhřevnost sušiny organického a anorganického podílu kalu H_{uTS} ,
- efektivní výhřevnost vlhkého kalu H_{uef} .

Hodnotu výhřevnosti lze na základě elementární analýzy stanovit výpočtem pomocí sumárních vzorců.

Z praktického hlediska je pro návrh spalovacího procesu výhodné určovat výhřevnost sušiny organického a anorganického podílu kalu H_{uTS} . Její hodnota se pohybuje v rozmezí 14 až 20 MJ/kg sušiny.

Efektivní výhřevnost vlhkého kalu H_{uef} lze získat z výhřevnosti sušiny organického a anorganického podílu H_{uTS} při uvážení výparného tepla vody obsažené ve vlhkém kalu. V této souvislosti je třeba připomenout, že je nutné dosáhnout dostatečného stupně odvodnění surového kalu, zpravidla 30 % sušiny.

Pro dosažení autarkního průběhu spalování při adiabatické spalovací teplotě 850 °C je nutná minimální hodnota efektivní výhřevnosti vlhkého kalu $H_{\text{uef}} = 4,2 \text{ MJ/kg}$.

Poznámka: Pro případné dosažení energetické bilanční rovnováhy spalovacího procesu je možné (v konvekčním systému kotle) předehřívát primární vzduch na potřebnou teplotu, což vždy přispěje ke stabilnímu průběhu provozu.

Fluidní ohniště

Vhodným typem ohniště pro energetické využití (spalování) surového kalu může být fluidní ohniště.

Technologie fluidního lože (reakční technika pevných částic) našla široké uplatnění ve všech procesech, kde je výhodou vyšší relativní rychlost mezi pevnými částicemi a vysoký stupeň promíchání obsahu lože. Technologie fluidního lože se s úspěchem používá při chemických procesech, procesech sušení, čištění spalin, zplyňování nebo spalování nízkohodnotných paliv.

Fluidní lože je vrstva většinou jemně zrnitých pevných částic (zpravidla křemičitého písku), kterou odspodu protéká médium (např. vzduch). Pevné částice jsou při průtoku natolik uvolněny, že se nacházejí ve vířivém – fluidním stavu, a vytvářejí tak vlastní fluidní lože. Protékající médium se nazývá fluidní prostředek, pevné částice fluidní materiál. Podle účelu použití rozlišujeme: procesní fluidní lože,
spalovací fluidní lože.

Jestliže se při provozní teplotě spalovacího fluidního lože vloží palivo (kal), dochází k vypaření vody a k zážehu sušiny – ke spalování vsázkového paliva. Pro udržení rovnováhy energetické bilance spalovacího procesu je nezbytné, aby energie sušiny (výhřevnost sušiny) a ostatní teplo přivedené do ohniště (teplo paliva, teplo předehřátého vzduchu, popř. pomocného paliva) pokryly výparné teplo vody obsažené v palivu, teplo potřebné na přehřátí vodních par obsažených ve spalinách a teplo potřebné na ohřátí spalin. Z tohoto důvodu je zajištění

dostatečného podílu sušiny ve vlhkém kalu (dostatečný stupeň odvodnění) stěžejním procesním krokem v technologickém řetězci energetického využívání kalů.

Jako primární vzduch se používá okolní vzduch. Do horního prostoru fluidního lože je dále vháněn sekundární vzduch, který slouží k dokončení termicko-oxidační reakce. Sekundární vzduch tvoří směs vzduchu z různých výdechů a z odvětrání technologických agregátů a okolního vzduchu z prostoru kotelny.

Kinetika pohybu směsi plynu a pevných částic ve fluidním loži a jeho termodynamika jsou natolik komplexní, že jejich přesný matematický popis nebude v blízké době možný *Gödicke, F. (1992)*. V dohledné době nebudou k dispozici ani teoretické nástroje, které by umožnily jednoznačný návrh procesního zařízení. Proto je při návrhu zařízení a reaktorů nutné spoléhat na (nákladné) modelové experimenty a na provozní zkušenosti.

Široký rozsah použití fluidního lože vedl k vývoji mnoha typů reaktorů.

Reaktor na fluidní spalování čistírenských kalů (někdy nazývaný fluidní pec) tvoří tyto hlavní části:

- prostor primárního vzduchu,
- spalovací rošt (různé konstrukce),
- vlastní spalovací prostor,
- vertikální část (šachta),
- odvod spalin – přechod ke kotli.

Některé typy reaktorů mají již ve vertikální části nad spalovacím prostorem zabudované konvekční plochy kotle, jindy je vlastní fluidní ohniště integrováno do spodní části kotle a tvoří s ním kompaktní jednotku. Při vyšší výhřevnosti paliva se do prostoru fluidního lože vkládají ponorné konvekční plochy, řazené do systému kotle jako výparník.

Někdy je nutné, i když energeticky nevýhodné, předsoušet kal určený k energetickému využívání. Tento procesní krok je investičně i provozně velmi náročný. Proces sušení a vlastní fluidní spalování lze také realizovat v jednom procesním aparátu či reaktoru („etážový fluid“). Kal prochází před vlastním dávkováním do spalovacího prostoru etážovým uspořádáním sušících

elementů, které jsou protékány spaliny ze spalovacího prostoru čímž je umožněno odpařování vody – předsoušení kalu.

Při návrhu reaktoru na fluidní spalování se často pracuje s hodnotami nebo specifickými údaji, které jsou v praxi již dostatečně ověřené. Jedná se zejména o tyto hodnoty:

- koncentrace O_2 ve spalinách [%],
- specifické zatížení roštu primárním vzduchem σ_L [$m^3(n)/m^2, h$],
- poměr primárního a sekundárního vzduchu [–],
- specifický odpařovací výkon roštu σ_{H_2O} [$kg H_2O/m^2, h$],
- tlaková ztráta roštu v provozních podmínkách [mbar],
- rychlost spalin ve vertikální části reaktoru [m/s],
- objemové tepelné zatížení prostoru reaktoru σ_V [MW/m^3],
- plošné tepelné zatížení prostoru reaktoru σ_F [MW/m^2].

K faktorům důležitým pro návrh provozně spolehlivého reaktoru patří jeho geometrické poměry (průměr roštu/výška spalovacího prostoru/výška vertikální části reaktoru), způsob vstupu sekundárního vzduchu a také způsob vstupu paliva (čistírenského kalu) do spalovacího prostoru reaktoru. Právě nesprávně zvolený způsob dávkování paliva je zdrojem nákladných provozních problémů.

Při znalosti uvedených základních hodnot lze navrhnout provozně spolehlivý reaktor na fluidní spalování čistírenských kalů - Hyžík J., et. al (2001). Měl by mít tyto vlastnosti:

- fond provozní doby 8 000 h/r,
- stabilitu spalování (rovnováhu energetické bilance při spalovacím procesu), tj. určitou necitlivost na změnu kvality kalu (stupeň odvodnění – výhřevnost),
- široký rozsah tepelného výkonu ohniště (40 až 120 %),
- rychlé a plynulé najíždění i odstavování spalovací jednotky,
- bezproblémový odvod popelovin.

Výhody energetického využívání kalů

Energetické využívání kalů (EVK) má tyto výhody:

- kal je obnovitelný zdroj energie,
- energetické využívání kalů neovlivňuje bilanci CO₂ na Zemi,
- zařízení EVK lze zpravidla umístit v areálu nebo v blízkosti areálu čistírny odpadních vod, takže nevznikají žádné náklady na dopravu kalu,
- proces EVK umožní výraznou objemovou a hmotnostní redukci kalu. Jestliže při vyhnívání je nutné denně odstraňovat 100 t vlhkého vyhnílého kalu, při spalování surového (nevyhnílého) kalu je třeba denně odstraňovat jen asi 10 t zbytkového materiálu,
- zbytkový materiál z provozu EVK je anorganický a lze ho snadno dopravovat na odpovídající skládku,
- zařízení EVK vyrábí elektrickou energii pro vlastní spotřebu,
- provoz zařízení EVK je zajištěn tak, že nemůže dojít k šíření infekčních chorob (salmonelózy, BSE atd.) ani k úniku pachů do ovzduší,
- emise z provozu zařízení EVK jsou hluboko pod emisními limity ČR a směrnice EU o spalování odpadů č. 2000/76 ze dne 4. 12. 2000,
- provoz zařízení EVK je možný ve všech ročních obdobích, lze ho přizpůsobit přicházejícímu množství odpadních vod; vhodně navržené zařízení může v případě přechodného zvýšení množství odpadních vod pracovat až na 150 % jmenovité kapacity,
- vhodné dispoziční řešení umožní zvýšit jmenovitou kapacitu dostavbou další výrobní jednotky,
- energetické využívání kalů umožní odstranit vyhnívací nádrže čistíren odpadních vod a využít jejich prostor k intenzifikaci procesu čištění odpadních vod na úroveň požadovanou EU,
- zařízení EVK představuje ověřenou technologii, fungující ve velkých městech Evropy (Frankfurtu, Paříži, Vídni aj.); je to dlouhodobé, úspěšné a finančně únosné řešení tzv. kalové koncovky.

Závěr

Článek vychází z vlastních zkušeností autora, získaných při navrhování, realizaci a provozu zařízení na spalování surových kalů, využití energie ze spalovacích procesů a čištění spalin jako dovybavení spaloven komunálního odpadu. Jde např. o tyto projekty a lokality (v závorce je rok uvedení zařízení do provozu): Cellulose Attisholz (1975), Leykam Mürztaler (1980), Bern (1984), Solothurn (1986), Oftringen (1993), Winterthur (1995), Dietikon (1997), Praha (1998) a Liberec (1999).

Prameny

BUWAL - *Bundesamt für Umwelt, Wald und Landschaft: Pressemitteilung*, Bern 2001.

DAXBECK, H., NEUMAYER, S., SMUTNY, R.: *Wird 2004 die Wiener Klärschlammasche zum Sondermüll?*, Ressourcen Management Agentur (RMA), Wien 2001.

GÖDICKE, F.: *Strömungsmechanik und Wärmeübergang in zirkulierenden Wirbelschichten*, Dissertation ETH Nr. 9733, Zürich 1992.

HYŽÍK, J., ET. AL.: *Základní studie Energetické využití kalů v ÚČOV Praha-Troja*, Praha 2001.

Hyžík Jaroslav

EIC spol. s r.o. - Ecological and Industrial Consulting

Modřínová 10, 182 00 Praha 8

telefon: 286 589 061, fax: 286 581 829, e-mail: hyzik.eic@gts.cz

EIC AG - Ecological and Industrial Consulting

Mellingerstrasse 6, CH-Baden

e-mail: j.hyzik@eicag.ch , telefon: +411 748 16 16, +411 748 16 18

Autor (1944) je strojní inženýr, v roce 1992 se habilitoval v oblasti technické ochrany životního prostředí. Od roku 1979 má ve Švýcarsku vlastní projekční a poradenskou kancelář se

zaměřením na ochranu životního prostředí (EIC AG). Od roku 1993 působí kancelář se stejným zaměřením v Praze. Společnost EIC realizovala řadu projektů energetického využívání odpadu ve Švýcarsku a v zemích EU, je autorem projektu TVO v Liberci, byla zodpovědná se na uvedení spalovny v Praze-Malešicích do provozu a vypracovává, v rámci spolupráce s Pražskou vodohospodářskou společností, a.s. a se společností Hydroprojekt Praha,a.s., návrhy zařízení na energetické využívání kalů pro ÚČOV Praha Troja.