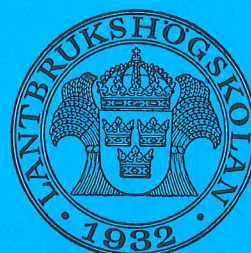


Lantbrukshögskolan
UPPSALA

**RAPPORTER FRÅN
AVDELNINGEN FÖR
VÄXTNÄRINGSLÄRA**



Nr 96

1975

A. Andersson och K.O. Nilsson

Effekter på tungmetallhalterna i mark
och växt vid tillförsel av rötslam som
växtnäringskälla och jordförbättrings-
medel

ISBN 91-7088-373-4

Effekter på tungmetallhalterna i mark och växt vid tillförsel av röt-
slam som växtnäringskälla och jordförbättringsmedel.

- o Upplagringen i mark samt upptagningen i jordbruksgrödor av Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Cd och Hg från rötslam använt som växtnäringskälla och jordförbättringsmedel har studerats dels i kärlförsök dels i fältförsök. Kärlförsöken visar inverkan av engångsgivor av varierande storlek, medan materialet från fältförsöket, som pågått sedan 1956, visar långtidseffekterna av kontinuerlig slamtillförsel under en längre tidsperiod.
- o Rötslammet, som hämtats från Uppsala reningsverk, har höjt försöksjordarnas totalhalter av samtliga tungmetaller utom Mn och Co. De lättlösliga fraktionerna har ökats mer än totalhalterna.
- o För de jordbruksgrödor som studerats, nämligen korn, havre, vårvete och grönfoderraps, har ökade halter av Cr, Pb och Hg inte kunnat visas entydigt.
- o Såväl kärl- som fältförsök visar ökade halter av Zn, Cu, Ni och Cd som en följd av slamtillförseln. Ökningen av Ni-halten var relativt stor i havrekärna.
- o Eftersom Cd betraktas som ett svårt miljögift som dessutom relativt lätt tages upp av växten bör i första hand slammets Cd-halt avgöra användbarhet och dosering för jordbruksändamål.

Effekter på tungmetallhalterna i mark och växt vid tillförsel av rötslam som växtnäringskälla och jordförbättringsmedel.

Av A. Andersson och K.O. Nilsson, Inst. för markvetenskap.

Inledning

Användandet av rötslam som växtnäringskälla och jordförbättringsmedel kan ske enligt två skilda principer, nämligen dels i form av stora engångsgivor, dels som kontinuerlig tillförsel av mindre givor årligen under längre tidsperioder. Vid påförsel av stora engångsgivor, 50-200 ton ts/ha, är huvudändamålet jordförbättring, d.v.s. man vill framställa eller förbättra matjord genom påförsel av stora mängder växtnäring och organiskt material och på så sätt öka bl.a. humushalten. Denna typ av användning kan vara aktuell vid tomtplanering och annan markplanering framförallt inom tätorterna. Industriellt framställda produkter av typen "gödjord" utgör också exempel på sådan användning.

Vid kontinuerlig påförsel av mindre givor, är huvudändamålet växtnäringstillförseln. Givor motsvarande 5-10 ton ts per hektar är då motiverade och doseringen baserades också tidigare på slammets växtnäringsinnehåll (Socialstyrelsen, 1970), men med hänsyn till tungmetallinnehållet har rekommendationerna senare ändrats till 1 ton ts per hektar och är i genomsnitt (Socialstyrelsen, 1973). Kontinuerlig tillförsel av mindre givor är främst aktuell inom jordbrukets växtodling där rötslam i den mån tungmetallinnehållet tillåter utgör ett alternativ till stallgödsel.

Det bör i detta sammanhang påpekas att det av Socialstyrelsen (1973) använda begreppet "normalhalter" av tungmetaller i rötslam inte anger något om slammets användbarhet som växtnäringskälla i växtodlingen. Sådan information erhålles däremot om tungmetallhalterna jämföres med

motsvarande för stallgödsel och om tungmetalltillförseln per arealenhet med en slavgiva sättes i relation till motsvarande för en normal stallgödselgiva (Andersson & Nilsson, 1974).

Föreliggande arbete redovisar korttidseffekter av stora såväl som normala givor av rötslam uppmätta i kärlförsök i växthus, samt långtidseffekter i fältförsök av kontinuerlig slamtillförsel baserad på växtnäringsinnehållet.

Material och metoder

Kärlförsöken har utförts vid tre pH-nivåer, nämligen pH 4,8, 6,0 och 7,2. Justeringen av pH skedde genom tillsats av 9,0 resp. 18,0 g CaO per kärl till försöksjorden vars ursprungliga pH var 4,8. Som försöksjord användes en mojord med 8 % ler och 1,8 % humus. Fyra givor rötslam motsvarande ca 6,5, 19, 58 och 175 ton ts per hektar ingick, vartill kommer ett obehandlat led. Samtliga led erhöill som grundgödsling lika mängder NPK i form av rena salter. Försöksväxter har varit grönfoderraps och vårvete. Grönfoderrapsen såddes den 25/1 och skördades första gången den 23/3 och andra gången den 10/5. Vårvetet såddes den 26/2 och skördades moget den 29/6. För samtliga försöksled har två paralleller ingått. Kärlförsöksmaterialet har analyserats på Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb och Cd.

Fältförsöksmaterialet härrör från ett ramförsök som pågått sedan 1956. Försöket tillhör avd. för växtnäringslära. Av intresse är ett försöksled som erhöillit organiskt material i form av rötslam, samt som jämförelse ett annat led som erhöillit motsvarande mängd organiskt material som stallgödsel. Försöksjorden innehåller 39 % ler. Vid provtagningen 1974 var pH 6,1 och humushalten 3,7 % för slavgödslade parceller medan motsvarande värden för stallgödselledet var pH 6,8 resp. 3,2 %. I varje försöksled ingår fyra upprepningar.

Grödorna från slam- resp. stallgödselled åren 1971-1974 har provtagits och analyserats på Mn, Zn, Cu, Ni, Co, Cr, Pb, Cd och Hg. Under perioden har odlats korn, havre, korn och grönfoderraps. Prov från matjord (0-20 cm) tagna 1968 resp. 1974 har analyserats på samma ämnen. Jordproven från 1968 utgjordes av ledvis sammanslagna rutprov, medan för växtprov samt jordproven tagna 1974 analys kunnat utföras på de enskilda rutproven var för sig. För såväl fältförsök som kärlförsök har rötslam från Uppsala reningsverk använts.

Jordproven har lufttorkats och extraherats dels med 2M HNO_3 under 2 timmar i kokande vattenbad, dels med 1M NH_4Ac pH 4,8 under 1 timme i skakmaskin vid 20°C. Den förstnämnda extraktionen ger information om den totala föroreningen medan den sistnämnda ger upplysningar om den lättlörliga fraktionen av tungmetaller i marken (Andersson, 1975).

Växtproven har lufttorkats varefter totalhalten tungmetaller bestämts efter extraktion i HNO_3 konc. på kokande vattenbad, filtrering och efterföljande torrförbränning vid 450-500°C av olösliga beståndsdelar i provet. Askresten har tagits upp i HNO_3 1+2 som sedan sammanförts med föregående extrakt. Rötslam och stallgödsel har analyserats enligt samma metod som växtproven.

Bestämningarna har utförts medelst atomabsorption på en Perkin Elmer 503 utrustad med HGA 74 och deuteriumlampa för bakgrundskorrektion. Hg-analyserna har utförts på en Coleman MAS 50. Använda kemikalier har varit av Mercks kvalitet "Suprapur".

Resultat

Materialet från ramförsöket har insamlats perioden 1968-1974. Under denna tid har rötslam motsvarande ca 13 ton ts per hektar och år tillförts 1969, 1971 och 1973. I tabell 1 redovisas tungmetallanalyser på slam av olika årgång från Uppsala reningsverk från samma period. Analysresultaten avser material som använts för försöksändamål, och till kärlförsöket har slam från 1972 använts, medan slam med beteckningarna 1969,

1971 och 1973 tillförts ramförsöket. I tabell 1 redovisas också tungmetallanalyser på den stallgödsel som tillfördes ramförsöket 1973. Tabellen ger en uppfattning om de stora förändringar som skett med slamets tungmetallinnehåll under den period då materialet insamlats. Innehållet av Zn, Ni och Hg har minskat 4-5 ggr, och av Cu, Co, Cr, Pb och Cd med en faktor 2-3. Det framgår emellertid också klart att för flera ämnen ligger halterna fortfarande långt över den stallgödselnivå som bör eftersträvas åtminstone för miljögifter, t.ex. för Hg ca 100 ggr, Cu 25 ggr, Cr och Pb 20 ggr och för Cd ca 10 ggr.

I tabellerna 2-14 har resultat från kärnförsöken sammanställts. Tabell 2 visar pH för olika försöksled vid försöksperiodens slut. Av tabellen framgår att de två största slamgivorna har haft en tydlig pH-effekt genom att de båda högre pH-nivåerna sänkts medan den lägre höjts något. I tabell 3 redovisas glödförlusten vid försöksperiodens slut. Eftersom en relativt grovkornig jord använts kan glödförlusten approximativt användas som mått på humushalten. Som synes har speciellt den största givan väsentligt höjt halten organiskt material. Slammets glödförlust uppgick till 61 %.

Tabell 4 redovisar de av slamtillsatserna förorsakade förändringarna i försöksjordarnas förråd av tungmetaller, bestämda genom extraktion med $2M\ HNO_3$ vid försöksperiodens slut. Tabell 5 och 6 visar motsvarande förändringar i de lösliga fraktionerna bestämda efter extraktion med $1M\ NH_4Ac$, pH 4,8. Förändringen av förrådets storlek beror enbart av relationerna mellan halterna i det tillförda slammet och de ursprungliga halterna i jorden. Detta innebär speciellt kraftig ökning av försöksjordens Cu-halt, medan ingen förändring av Co-halten kan påvisas, då Co-halterna i mark och rötslam är nästan lika. Då det gäller de lösliga fraktionerna inverkar också förändringar i den fysikalisk-kemiska miljön i kärnen. Sålunda har pH-nivån en märkbar effekt på de uppmätta halterna av Mn, Zn, Ni och Co, innebärande att dessa minskar

då pH ökar. Den lösliga fraktionen av Cr är som synes oberoende av slamtillförseln, medan ökning kan påvisas för övriga tungmetaller, åtminstone för den högsta givan.

Tabellerna 7 och 8 redovisar de skördade mängderna av resp. försöksväxt. För foderraps har den största slamgivan vid pH 4,8 och 6,0 inneburit skördeminskning för såväl skörd I som II i jämförelse med obehandlade led. Även då det gäller vetet kan en negativ effekt av den största slamgivan vid pH 4,8 spåras för såväl kärna som halm, även om den här inte lett till skördeminskning i jämförelse med obehandlat led. Orsaken kan vara giftverkan av någon komponent i slammet eller bildandet av omsättningsprodukter med giftverkan.

I tabellerna 9 och 10 redovisas tungmetallhalterna i skördarna av foderraps respektive vårvete vid olika pH och slamgivor. För foderraps innebär sänkt pH ökade halter av Mn, Zn, Cu, Ni, Co och Cd, medan halterna av Pb och Cr förefaller variera slumpmässigt oberoende av pH och slamtillförsel. Ökande slamgivor har entydigt ökat halterna av Zn, Cu och Cd oberoende av pH-nivån, medan Mn-halterna framförallt ökat vid de större slamgivorna vid pH 6,0 och 7,2. Likaså kan ökade Ni-halter endast påvisas vid de större slamgivorna, medan halterna av Co förefaller oberoende av slamtillförseln.

Halterna i kärna och halm av vårvete, som redovisas i tabell 10, visar ungefär samma inflytande från slamgivor respektive pH som redovisats för foderraps. Enda skillnaden är att den största slamgivan har ökat Co-halten i såväl kärna som halm. Halterna ligger något lägre i vårvetet jämfört med foderraps utom för Pb och Cr där de är ungefär lika.

Tabell 11 och 12 redovisar bortförseln av tungmetaller med skörden av foderraps respektive vårvete. För foderraps redovisas bortförseln med första respektive andra skörden samt den sammanlagda mängden och för vårvete redovisas bortförseln med kärna respektive halm samt summan.

De bortförda mängderna blir funktioner av halter och skördenivå, och satta i relation till tillförseln visar de graden av obalans i tillförseln av tungmetaller.

De tillförda mängderna redovisas i tabell 13, som också redovisar den tillförsel som blivit resultatet om slammet ersatts med motsvarande mängder stallgödsel med de tungmetallhalter som redovisas i tabell 1. En jämförelse visar att endast för Mn har med slammet tillförts ungefär samma mängder som bortförts i grödorna, och då endast i fråga om de mindre givorna. För övriga ämnen har slamtillförseln inneburit en överdosering som med undantag för Co förhöjt halterna i försöksjordarna (Tabell 4). För stallgödsel däremot innebär den lägre givan en beräknad tillförsel som är av samma storleksordning som eller obetydligt större än bortförseln med grödorna, varvid förhöjda halter i marken undviks.

I tabell 14 redovisas grödornas bortförsel av tungmetaller i procent av de tillsatta mängderna. För Cu, Cr och Pb ligger denna bortförsel i flertalet fall under 1 procent, för Ni vanligtvis under 5 procent, för Zn, Co och Cd i flertalet fall under 10 procent, och endast för Mn i flertalet fall över 5 procent.

Tabell 15 redovisar tungmetallanalyser på jordprov från ramförsöksparceller som sedan 1956 erhållit organiskt material i form av stallgödsel respektive rötslam. På prov tagna 1968 och 1974 har dels huvuddelen av tungmetallinnehållet bestämts efter extraktion med 2M HNO_3 vid 100°C , dels har en löslig fraktion uttagits efter extraktion med 1M NH_4Ac , pH 4,8. Slamanvändningen har lett till ackumulation i matjorden av samtliga undersökta ämnen utom Co och Mn. De lösliga fraktionerna har ökat mer än totalhalterna.

Tabell 16 redovisar tungmetallhalterna i växtmaterial som odlats på de nämnda parcellerna under åren 1971-1974. Rötslam resp. stallgödsel har tillförts efter vegetationsperiodens slut 1971 och 1973. Slamtillförseln har nästan genomgående höjt halterna av Zn, Cu, Ni och Cd i

växtmaterialet. Av speciellt intresse är den större upptagningen av Ni i havrekärnan än i halmen, vilket överensstämmer med Sortebergs resultat från kärnförsök (Sorteberg 1974). Ingen ökad upptagning av Pb, Cr och Hg i stråsädeskärna har kunnat påvisas, däremot föreligger en tendens till ökning av halterna i grönfoderraps och för Cr och Pb också i stråsädeshalm. Med de halter av Mn och Co som föreligger i Uppsalaslammet sker ingen mätbar ökning av markens totala halt av dessa ämnen utan de skillnader i upptagning som föreligger för växtmaterial från slam- resp. stallgödselparceller beror på skillnader i de växttillgängliga fraktionerna.

Diskussion och slutsatser

De effekter på grödans tungmetallupptagning och tungmetallhalter som slamanvändningen medför är inte enbart en funktion av tungmetalltillförseln. Samtidigt med tillförseln av tungmetaller, som tenderar att öka grödans upptagning och halt av dessa ämnen, sker också en motsvarande tillförsel av organiskt material som binder tungmetallerna hårt. Detta kan medföra minskad växttillgänglighet även för markens ursprungliga förråd och därmed minskad upptagning trots ökad halt i marken. En sådan tendens synes föreligga för Pb i vetekärna (Tabell 12). Vidare medför slammets innehåll av växtnäring normalt en högre skördenivå jämfört med obehandlat led, vilket innebär att den upptagna mängden tungmetaller fördelas i en större volym. Slamtillförselns inverkan på grödans tungmetallhalter blir således en kombinerad effekt av dess inverkan på tungmetallernas växttillgängliga fraktioner i marken, samt av inflytandet på skördenivån.

Stora engångsgivor av rötslam medför åtminstone temporärt relativt stora öknings i markens halt av organiskt material eftersom mineralisering inte hinner ske under en vegetationsperiod. Tillföres samma mängd

organiskt material i mindre givor fördelade över en längre tidsperiod omsättes en större del av det organiska materialet medan innehållet av tungmetaller frigöres och ackumuleras i matjorden. Den största givan i kärlförsöket, 175 ton ts per hektar, har ökat försöksjordens halt av organiskt material med i genomsnitt 5,7 %. I ramförsöket som tillförts röt slam motsvarande sammanlagt ca 120 ton ts per hektar i form av mindre givor fördelade över en längre tidsperiod kan ökningen i jämförelse med parceller som inte erhållit organiskt material uppskattas till högst 1,5 %.

Materialet från såväl kärll- som ramförsök visar att vid de halter av Mn och Co som föreligger i Uppsalaslammet påverkas inte markens totalhalter av dessa ämnen nämnvärt ens vid stora engångsgivor. Däremot påverkas växttillgängligheten vilket kan förändra upptagningen något, men pH-förändringar har större inflytande. Varken Mn eller Co begränsar emellertid under här redovisade försöksbetingelser slammets användbarhet för jordbruksändamål.

Tillförseln av Cr, Pb och Hg med slammet har varit tillräcklig för att förhöja försöksjordarnas halter av dessa ämnen. Växttillgängligheten förefaller emellertid vara liten eftersom endast tendenser till ökade halter i växtmaterial kunnat påvisas. Överdoserings- eller storleksordning som redovisas i detta material förefaller därför vara tämligen betydelselös sett från växtodlingssynpunkt. Andra växtslag än de här studerade kan emellertid reagera annorlunda och väsentligt förhöjda halter i marken måste bedömas som olämpliga eftersom ogynnsamma effekter kan uppstå på t.ex. markens mikroorganismer. Speciellt Hg-halterna ökas lätt genom att dessa normalt är mycket låga i marken. I ramförsöket har slamtillförseln inneburit en 15-dubbling.

Även för Zn, Cu, Ni och Cd har slamtillförseln ökat försöksjordarnas halter, dessutom har halterna i växtmaterialet ökat. Eftersom Zn och Cu är nödvändiga mikronäringsämnen kan något ökade halter av dessa

ämnen vara enbart fördelaktig. Det har emellertid visats att förhöjda Cu- och Zn-halter i marken relativt snart minskar N-mineraliseringen och aktiviteten av vissa enzym (Tyler, 1974; Tyler, 1975), varför marginalerna för ökningar förefaller små. Något motiv för ökade halter av Ni och Cd finns inte och speciellt Cd anses vara ett svårt miljögift (Friberg & Piscator, 1972). Eftersom Cd dessutom är en av de tungmetaller som lättast tages upp i växten bör i första hand slamets innehåll av detta ämne bestämma doseringen, så att ackumulation i matjorden undvikas.

Undersökningen visar att för rötslam med en sammansättning liknande det som använts i kärlförsöken, kan engångsgivor motsvarande upp till 20 ton ts per hektar påföras utan olägenhet. På jordar som inte användes för livsmedelsproduktion torde snarare risken för N-utlakning än tungmetallinnehållet begränsa engångsgivornas storlek. Materialet från ramförsöket visar att kontinuerlig påförsel av givor motsvarande ett genomsnitt på ca 7 ton ts per hektar och år ger långtidseffekter i form av förhöjda halter av tungmetaller i matjorden, samt ökade halter av i varje fall Zn, Cu, Ni och Cd i växtmaterial.

Under tidsperioden 1968-1975 då det här redovisade materialet insamlats har en väsentlig minskning av tungmetallhalterna i Uppsala-slammet skett. Det slam som analyserna från 1975 representerar är av en från jordbrukets synpunkt sett relativt god kvalitet med avseende på tungmetaller. Vill man emellertid se användningen som gödselmedel utan restriktioner inom jordbruket som en generell lösning på tätorternas slamproblem bör halterna nedbringas till i närheten av de nivåer som analyserna på stallgödsel anger. Då innebär dosering efter växtnäringsinnehållet ungefärlig balans mellan tillförda och bortförda kvantiteter tungmetaller varvid nämnvärd ackumulation i odlingsmarkens matjord undvikas.

Litteratur

- Andersson, A., 1975. On the Determination of Ecologically Significant Fractions of some Heavy Metals in Soils. Swedish J. agric. Res. In press.
- Andersson, A. & Nilsson, K.O., 1974. Om doseringen av rötslam. Rapporter från avdelningen för växtnäringslära, Nr 79. Lantbrukshögskolan, Uppsala.
- Friberg, L. & Piscator, M., 1972. Långtidseffekter av kadmium. Läkartidningen 69, 983-987.
- Socialstyrelsens slamkommitté, 1970. Slam som jordförbättringsmedel, p. 31. D:nr HB 1 - 649:641. Stockholm.
- Socialstyrelsen, 1973. Användning av rötslam som jordförbättringsmedel. Råd och anvisningar från Socialstyrelsen, 30.
- Sorteberg, A., 1974. The effect of some heavy metals on oats in a pot experiment with three different soil types. Journal of the Scientific Society of Finland, Vol. 3, 277-288.
- Tyler, G., 1974. Heavy metal pollution and soil enzymatic activity. Plant and Soil 41, 303-311.
- Tyler, G., 1975. Heavy metal pollution and mineralization of nitrogen in forest soils. Nature, Vol. 255, 701-702.

Till föreliggande undersökning har medel utgått från Naturvårdsverkets anslag 7-2/72, 7-2/73 och 7-2/74.

Tabell 1. Tungmetallhalter i rötslam av olika årgångar från Uppsala reningsverk, samt i stallgödsel (Stg-73). I $\mu\text{g/g ts}$.

	1969	1971	1972	1973	1975	Stg-73
Mn	373	242	410	425	422	156
Zn	4890	3230	2530	2250	929	130
Cu	1960	1625	2250	1640	1006	37.1
Ni	88	48	47	35	18	6.0
Co	12.2	11.9	6.1	6.6	5.0	1.3
Cr	176	116	118	88	101	5.4
Pb	293	237	221	140	104	5.1
Cd	11.0	13.2	10.6	9.7	4.6	0.39
Hg	12.0	e.a. ^{a)}	8.5	e.a. ^{a)}	3.0	0.033

a) e.a.=ej analyserat.

Tabell 2. $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ i kärlförsök registrerat vid försöksperiodens slut.
Förväntade pH-nivåer 4,8, 6,0 och 7,2.

Slamgiva ton ts/ha	Foderraps			Vårvete		
	4,8	6,0	7,2	4,8	6,0	7,2
0	4,8	6,2	7,5	4,7	6,4	7,4
6,5	4,6	6,0	7,3	4,7	6,1	7,4
19	5,0	5,9	7,1	4,8	6,0	7,2
58	4,9	5,6	6,7	5,1	5,7	6,4
175	4,9	5,5	6,0	5,3	5,6	5,9

Tabell 3. Glödförlust för jord från kärlförsök vid försöksperiodens slut.
I procent av torrsubstansen.

Slamgiva		Foderraps			Vårvete			Medeltal
g ts/kärl	ton ts/ha	4,8	6,0	7,2	4,8	6,0	7,2	
0	0	1,9	1,9	2,0	1,9	1,9	1,9	1,92
25	6,5	2,3	2,2	2,1	2,1	2,2	2,1	2,17
75	19	2,9	2,7	2,6	2,5	2,6	2,6	2,65
225	58	3,7	3,5	3,4	4,1	4,4	3,2	3,72
675	175	8,4	6,6	7,0	8,0	7,6	8,1	7,62

Tabell 4. Tungmetallhalter i jordar från kärlförsök med olika slamgivor. Extraktion med 2M HNO₃ vid 100°C.

Medeltal och standardavvikelse för tre pH-nivåer och två försöksväxter (n=6). I µg/g ts.

Slamgiva ton ts/ha	Mn	Zn	Cu	Ni	Co	Cr	Pb	Cd
0	227 ± 7.4	38 ± 1.1	6.4 ± 0.2	7.0 ± 0.3	5.4 ± 0.2	12.4 ± 0.2	10.0 ± 0.6	0.070 ± 0.010
6.5	226 ± 9.3	44 ± 1.4	12.0 ± 0.5	7.1 ± 0.2	5.5 ± 0.3	12.5 ± 0.3	10.8 ± 0.7	0.097 ± 0.014
19	222 ± 10.1	57 ± 2.0	23.5 ± 0.9	7.3 ± 0.2	5.5 ± 0.2	13.1 ± 0.2	12.0 ± 0.2	0.142 ± 0.001
58	209 ± 7.1	89 ± 3.1	52.3 ± 2.2	7.5 ± 0.2	5.2 ± 0.2	14.1 ± 0.4	13.9 ± 0.7	0.269 ± 0.014
175	209 ± 4.5	168 ± 5.1	128 ± 5.3	8.5 ± 0.5	5.3 ± 0.1	17.4 ± 0.6	19.5 ± 0.8	0.635 ± 0.036

Tabell 5. Tungmetaller extraherbara i 1M NH₄Ac, pH 4.8, i jordar från kärnför-sök med olika slangivor och pH-nivåer.

Försöksväxt foderraps. I µg/g ts.

Slangiva ton ts/ha	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
	<u>Mn</u>			<u>Zn</u>		
0	43	12	11	1.9	0.6	0.5
6.5	22	11	12	3.9	1.8	1.6
19	40	11	12	8.8	4.6	3.4
58	28	21	18	28	20	12
175	50	41	27	84	76	66
	<u>Cu</u>			<u>Ni</u>		
0	0.7	0.4	0.7	0.12	0.12	0.07
6.5	2.0	1.7	1.7	0.13	0.11	0.08
19	5.3	4.4	3.8	0.18	0.14	0.09
58	14	12	12	0.32	0.25	0.14
175	36	37	34	0.68	0.57	0.48
	<u>Co</u>			<u>Cr</u>		
0	0.23	0.04	0.03	0.08	0.07	0.12
6.5	0.15	0.04	0.03	0.09	0.07	0.12
19	0.18	0.06	0.04	0.08	0.07	0.11
58	0.16	0.08	0.04	0.07	0.07	0.11
175	0.16	0.15	0.11	0.09	0.10	0.11
	<u>Pb</u>			<u>Cd</u>		
0	1.2	0.7	0.6	0.026	0.029	0.021
6.5	1.1	0.7	0.8	0.028	0.031	0.033
19	1.0	0.7	0.7	0.049	0.051	0.047
58	0.9	0.9	1.2	0.094	0.108	0.137
175	1.2	1.4	1.4	0.273	0.278	0.287

Tabell 6. Tungmetaller extraherbara i 1M NH₄Ac, pH 4.8, i jordar från kärnförsök med olika slangivor och pH-nivåer.
Försöksväxt vårmete. I µg/g ts.

Slangiva ton ts/ha	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
	<u>Mn</u>			<u>Zn</u>		
0	18	5.0	8.8	2.2	0.7	0.6
6.5	18	6.4	8.4	5.8	2.4	2.6
19	18	6.3	5.7	11	5.0	4.7
58	23	14	9.0	27	20	12
175	53	37	27	72	71	59
	<u>Cu</u>			<u>Ni</u>		
0	0.9	0.7	0.8	0.13	0.04	0.03
6.5	2.2	2.1	2.1	0.17	0.09	0.06
19	4.3	3.7	3.6	0.21	0.12	0.07
58	12	13	10	0.38	0.31	0.18
175	35	35	32	0.66	0.66	0.57
	<u>Co</u>			<u>Cr</u>		
0	0.08	0.01	0.02	0.13	0.09	0.20
6.5	0.10	0.01	0.02	0.13	0.10	0.19
19	0.12	0.03	0.02	0.10	0.08	0.15
58	0.13	0.06	0.03	0.10	0.09	0.10
175	0.16	0.16	0.11	0.09	0.09	0.09
	<u>Pb</u>			<u>Cd</u>		
0	1.2	0.8	1.0	0.023	0.025	0.023
6.5	1.2	1.0	1.0	0.035	0.043	0.041
19	1.0	0.7	0.8	0.069	0.063	0.060
58	1.1	1.0	0.5	0.120	0.129	0.131
175	1.4	1.6	1.6	0.302	0.346	0.314

Tabell 7. Skörd av foderraps från kärnförsök med olika slangivor och pH-nivåer. I g ts/kärl.

Slangiva ton ts/ha	Skörd I			Skörd II		
	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
0	16.0	26.2	11.6	5.3	21.3	12.7
6.5	18.5	28.3	16.5	10.0	21.1	18.9
19	21.7	37.0	21.8	12.7	24.5	28.9
58	24.1	30.0	21.6	19.0	35.5	34.6
175	14.2	17.3	25.7	1.5	18.1	35.6

Tabell 8. Skörd av vârvete från kärnförsök med olika slangivor och pH-nivåer. I g ts/kärl.

Slangiva ton ts/ha	Kärna			Halm		
	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
0	14.7	30.7	32.9	24.3	42.7	49.9
6.5	19.4	37.4	39.6	38.6	47.1	47.8
19	26.5	44.6	43.5	49.4	52.0	53.5
58	35.3	40.1	41.8	66.4	66.0	60.9
175	23.2	40.7	42.7	52.5	66.1	81.1

Tabell 9. Tungmetallhalter i växtmaterial från kärlförsök med olika slamgivor och pH-nivåer. Försöksväxt foderraps. I $\mu\text{g/g}$ ts.

Slamgiva ton ts/ha	Skörd I			Skörd II		
	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
Mn						
0	702	118	106	2400	437	171
6.5	745	177	108	1290	443	254
19	493	145	105	1060	398	270
58	314	243	134	949	501	271
175	527	409	155	1220	734	333
Zn						
0	111	22	32	221	36	28
6.5	314	41	32	430	94	36
19	405	61	32	588	117	52
58	385	217	45	1010	131	108
175	706	609	255	1070	890	466
Cu						
0	7.4	4.4	5.8	8.3	5.4	5.7
6.5	14.9	6.3	6.9	7.9	6.7	5.6
19	23.9	8.0	7.6	20.8	8.9	7.9
58	21.5	11.8	10.6	38.7	13.6	12.7
175	44.7	26.8	19.7	41.3	33.6	24.9
Ni						
0	3.0	0.4	0.4	4.7	1.1	0.8
6.5	4.1	0.6	0.6	4.6	1.1	0.7
19	3.5	0.9	0.4	4.1	1.3	0.5
58	2.0	1.5	0.3	4.9	3.7	0.6
175	5.6	3.3	1.3	12.1	5.6	1.7
Co						
0	1.92	0.10	0.13	5.19	0.20	0.17
6.5	1.78	0.10	0.09	2.47	0.23	0.18
19	1.24	0.14	0.17	2.00	0.16	0.14
58	0.49	0.40	0.32	1.79	0.38	0.07
175	1.38	0.63	0.25	3.57	1.00	0.11
Cr						
0	0.30	0.27	0.50	1.29	0.57	0.39
6.5	0.50	0.38	0.29	0.71	0.48	0.47
19	0.69	0.31	0.45	0.53	0.48	0.52
58	0.61	0.69	0.69	0.63	0.55	0.47
175	0.51	0.49	0.38	1.08	0.66	0.57
Pb						
0	0.69	0.88	0.46	0.53	0.35	0.77
6.5	0.88	0.44	0.66	0.25	0.25	0.35
19	0.18	1.14	0.56	0.22	0.19	0.21
58	0.09	1.16	0.72	0.40	0.21	0.27
175	0.23	0.17	0.39	0.68	0.24	0.44
Cd						
0	0.618	0.190	0.218	0.530	0.206	0.166
6.5	0.890	0.273	0.241	1.28	0.319	0.179
19	0.909	0.267	0.275	1.28	0.270	0.226
58	0.755	0.551	0.337	1.80	0.369	0.282
175	1.11	1.12	0.761	2.31	1.42	0.708

Tabell 10. Tungmetallhalter i växtmaterial från kärnförsök med olika slamgivor och pH-nivåer. Försöksväxt vârvete. I $\mu\text{g/g ts}$.

Slamgiva ton ts/ha	Kärna			Halm		
	4.8	6.0	7.2	4.8	6.0	7.2
Mn						
0	136	83	65	419	209	80
6.5	129	77	57	322	159	79
19	108	64	60	327	109	86
58	99	82	59	237	177	102
175	114	83	70	399	274	168
Zn						
0	68	40	22	52	26	18
6.5	110	48	30	116	24	15
19	134	58	47	219	28	20
58	148	111	67	265	120	37
175	198	150	140	513	381	232
Cu						
0	4.9	6.0	5.8	3.8	2.6	2.8
6.5	8.6	6.5	6.5	5.4	3.1	2.7
19	11.3	8.3	8.8	6.8	3.5	4.0
58	11.9	11.2	10.4	8.1	7.2	5.9
175	16.2	12.8	13.2	14.5	10.5	10.9
Ni						
0	1.21	0.27	0.16	0.62	0.75	0.31
6.5	1.37	0.17	0.20	0.66	0.27	0.23
19	1.62	0.12	0.10	0.54	0.23	0.28
58	1.32	0.47	0.19	0.59	0.27	0.22
175	4.23	2.08	1.04	2.69	1.02	0.75
Co						
0	0.50	0.03	0.03	0.56	0.22	0.11
6.5	0.48	0.03	0.03	0.50	0.09	0.09
19	0.41	0.03	0.03	0.41	0.14	0.14
58	0.27	0.04	0.03	0.31	0.09	0.09
175	0.70	0.32	0.14	1.18	0.47	0.32
Cr						
0	0.31	0.30	0.29	0.59	-	0.53
6.5	0.24	0.39	0.24	0.48	0.45	0.49
19	0.28	0.26	0.28	0.61	0.50	0.42
58	0.32	0.29	0.36	0.48	0.42	0.38
175	0.32	0.16	0.39	0.96	0.70	0.49
Pb						
0	0.82	0.73	0.44	0.70	0.60	0.76
6.5	0.43	0.52	0.34	0.34	0.51	0.94
19	0.25	0.35	0.32	0.89	0.60	0.53
58	0.38	0.32	0.22	0.46	0.40	0.45
175	0.35	0.29	0.33	0.66	0.41	0.37
Cd						
0	0.091	0.113	0.128	0.202	0.170	0.129
6.5	0.129	0.082	0.087	0.308	0.161	0.145
19	0.144	0.085	0.127	0.360	0.148	0.210
58	0.190	0.140	0.136	0.408	0.320	0.242
175	0.228	0.154	0.172	0.739	0.408	0.475

Tabell 11. Bortförsel av tungmetaller med skörd I resp. II samt summa
bortförsel med foderraps.

Slamgiva ton ts/ha	pH 4.8			6.0			7.2		
	I	II	Σ	I	II	Σ	I	II	Σ
<u>Mn, mg/kärl</u>									
0	11.2	12.7	23.9	3.1	9.3	12.4	1.2	2.2	3.4
6.5	13.8	12.9	26.7	5.0	9.3	14.3	1.8	4.8	6.6
19	10.7	13.5	24.2	5.4	9.8	15.2	2.3	7.8	10.1
58	7.6	18.0	25.6	7.3	17.8	25.1	2.9	9.4	12.3
175	7.5	1.8	9.3	7.1	13.3	20.4	4.0	11.9	15.9
<u>Zn, mg/kärl</u>									
0	1.8	1.2	3.0	0.58	0.77	1.4	0.37	0.36	0.7
6.5	5.8	4.3	10.1	1.2	2.0	3.2	0.53	0.68	1.2
19	8.8	7.5	16.3	2.3	2.9	5.2	0.70	1.5	2.2
58	9.3	19.2	28.5	6.5	4.7	11.2	1.0	3.7	4.7
175	10.0	1.6	11.6	10.5	16.1	26.6	6.6	16.6	23.2
<u>Cu, mg/kärl</u>									
0	0.12	0.04	0.16	0.12	0.12	0.24	0.07	0.07	0.14
6.5	0.28	0.08	0.36	0.18	0.14	0.32	0.11	0.11	0.22
19	0.52	0.26	0.78	0.30	0.22	0.52	0.17	0.23	0.40
58	0.52	0.74	1.31	0.35	0.48	0.83	0.23	0.44	0.67
175	0.63	0.06	0.69	0.46	0.61	1.07	0.51	0.89	1.40
<u>Ni, µg/kärl</u>									
0	48	25	73	10	23	33	5	10	15
6.5	76	46	122	17	23	40	10	13	23
19	76	52	128	33	32	65	9	14	23
58	48	93	141	45	131	176	6	21	27
175	80	18	98	57	101	158	33	61	94
<u>Co, µg/kärl</u>									
0	30.7	27.5	58.2	2.6	4.3	6.9	1.5	2.2	3.7
6.5	32.9	24.7	57.6	2.8	4.9	7.7	1.5	3.4	4.9
19	26.9	25.4	52.3	5.2	3.9	9.1	3.7	4.0	7.4
58	11.8	34.0	45.8	12.0	13.5	25.5	6.9	2.4	9.3
175	19.6	5.4	25.0	10.9	18.1	29.0	6.4	3.9	10.3
<u>Cr, µg/kärl</u>									
0	4.8	6.8	11.6	7.1	12.1	19.2	5.8	5.0	10.8
6.5	9.3	7.1	16.4	10.8	10.1	20.9	4.8	8.9	13.7
19	15.0	6.7	21.7	11.5	11.8	23.3	9.8	15.0	24.8
58	14.7	12.0	26.7	20.7	19.5	40.2	14.9	16.3	31.2
175	7.2	1.6	8.8	8.5	11.9	20.4	9.8	20.3	30.1
<u>Pb, µg/kärl</u>									
0	11.0	2.8	13.8	23.1	7.5	30.6	5.3	9.8	15.1
6.5	16.3	2.5	18.8	12.5	5.3	17.8	10.9	6.6	17.5
19	3.9	2.8	6.7	42.2	4.7	46.9	12.2	6.1	18.3
58	2.2	7.6	9.8	34.8	7.5	42.3	15.6	9.3	24.9
175	3.3	1.0	4.3	2.9	4.3	7.2	10.0	17.7	27.7
<u>Cd, µg/kärl</u>									
0	9.9	2.8	12.7	5.0	4.4	9.4	2.5	2.1	4.6
6.5	16.6	12.8	29.4	7.7	6.7	14.4	4.0	3.4	7.4
19	19.7	16.3	36.0	9.9	6.6	16.5	6.0	6.5	12.5
58	18.2	34.2	52.4	16.5	13.1	29.6	7.3	9.8	17.1
175	15.8	3.5	19.3	19.4	25.7	45.1	19.6	25.2	44.8

Tabell 12. Bortförsel av tungmetaller med skörd av kärna resp. halm
samt summa bortförsel med värvete.

Slamgiva ton ts/ha	pH 4,8			6,0			7,2		
	Kärna	Halm	Σ	Kärna	Halm	Σ	Kärna	Halm	Σ
<u>Mn, mg/kärl</u>									
0	2,0	10,2	12,2	2,5	8,9	11,4	2,1	4,0	6,1
6,5	2,5	12,4	14,9	2,9	7,5	10,4	2,3	3,8	6,1
19	2,9	16,2	19,1	2,9	5,7	8,6	2,6	4,6	7,2
58	3,5	15,7	19,2	3,3	11,7	15,0	2,5	6,2	8,7
175	2,6	20,9	23,5	3,4	18,1	21,5	3,0	13,6	16,6
<u>Zn, mg/kärl</u>									
0	1,0	1,3	2,3	1,2	1,1	2,3	0,72	0,90	1,6
6,5	2,1	4,5	6,6	1,8	1,1	2,9	1,2	0,72	1,9
19	3,6	10,8	14,4	2,6	1,5	4,1	2,0	1,1	3,1
58	5,2	17,6	22,8	4,5	7,9	12,4	2,8	2,3	5,1
175	4,6	26,9	31,5	6,1	25,2	31,3	6,0	18,8	24,8
<u>Cu, mg/kärl</u>									
0	0,07	0,09	0,16	0,18	0,11	0,29	0,19	0,14	0,33
6,5	0,17	0,21	0,38	0,24	0,15	0,39	0,26	0,13	0,39
19	0,30	0,34	0,64	0,37	0,18	0,55	0,38	0,21	0,59
58	0,42	0,54	0,96	0,45	0,48	0,93	0,43	0,36	0,79
175	0,38	0,76	1,14	0,52	0,69	1,21	0,56	0,88	1,44
<u>Ni, µg/kärl</u>									
0	18	15	33	8,3	32	40	5,3	16	21
6,5	27	26	52	6,4	13	19	7,9	11	19
19	43	27	70	5,4	12	17	4,4	15	19
58	47	39	86	19	18	37	7,9	13	21
175	98	141	239	85	67	152	44	61	105
<u>Co, µg/kärl</u>									
0	7,4	13,6	21,0	0,9	9,4	1,3	1,0	5,5	6,5
6,5	9,3	19,3	28,6	1,1	4,2	5,4	1,2	4,3	5,5
19	10,9	20,3	31,1	1,3	7,3	8,6	1,3	7,5	8,8
58	9,5	20,6	30,1	1,6	5,9	7,5	1,3	5,5	6,7
175	16,2	62	78	13,0	31	44	6,0	26,0	32
<u>Cr, µg/kärl</u>									
0	5	14	19	9	-	-	10	26	36
6,5	5	19	23	15	21	36	10	23	33
19	7	30	37	12	26	38	12	23	35
58	11	32	43	12	28	39	15	23	38
175	7	50	58	7	46	53	17	40	56
<u>Pb, µg/kärl</u>									
0	12	17	29	22	26	48	15	38	52
6,5	8	13	21	19	24	43	14	45	58
19	7	44	51	16	31	47	14	28	42
58	13	31	44	13	26	39	9	27	37
175	8	35	43	12	27	39	14	30	44
<u>Cd, µg/kärl</u>									
0	1,3	4,9	6,3	3,5	7,3	10,7	4,2	6,4	10,7
6,5	2,5	11,9	14,4	3,1	7,6	10,7	3,5	6,9	10,4
19	3,8	17,8	21,6	3,8	7,7	11,5	5,5	11,2	16,8
58	6,7	27,1	33,8	5,6	21,1	26,7	5,7	14,7	20,4
175	5,3	38,8	44,1	6,3	27,0	33,2	7,3	38,5	45,9

Tabell 13. Med slamgivorna tillsatta mängder av olika tungmetaller. Som jämförelse anges innehållet av tungmetaller i motsvarande stallgödselgivor (Stg). I mg/kärl.

Slamgiva ton ts/ha	g	Mn		Zn		Cu		Ni		Co		Cr		Pb		Cd	
		Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg	Slam	Stg
6,5	25	10	4	63	3,3	56	0,9	1,2	0,15	0,15	0,03	3	0,14	5,5	0,13	0,27	0,010
19	75	31	12	190	9,8	169	2,8	3,5	0,45	0,46	0,10	9	0,41	16,6	0,38	0,80	0,029
58	225	92	35	569	29	506	8,3	11	1,35	1,37	0,29	27	1,22	50	1,15	2,39	0,088
175	675	277	105	1708	88	1519	25	32	4,05	4,12	0,88	80	3,65	149	3,44	7,15	0,263

Tabell 14. Bortförärel av tungmetaller med totalskörden i procent av tillsatt mängd.

Slängiva ton ts/ha	pH	Mn		Zn		Cu		Ni		Co		Cr		Pb		Cd	
		Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete	Raps	Vete
6,5	4,8	267	149	16	11	0,64	0,68	10,2	4,3	38	19	0,55	0,77	0,34	0,38	10,9	5,33
	6,0	143	104	5,1	4,6	0,57	0,70	3,3	1,6	5,13	3,60	0,70	1,20	0,32	0,78	5,33	3,96
	7,2	66	61	1,9	3,0	0,39	0,70	1,9	1,6	3,27	3,67	0,46	1,10	0,32	1,05	2,74	3,85
19	4,8	78	62	8,6	7,6	0,46	0,38	3,7	2,0	11,4	6,76	0,24	0,41	0,04	0,31	4,50	2,70
	6,0	49	28	2,7	2,2	0,31	0,33	1,9	0,5	1,98	1,87	0,26	0,42	0,28	0,28	2,06	1,44
	7,2	33	23	1,2	1,6	0,24	0,35	0,7	0,5	1,61	1,91	0,28	0,39	0,11	0,25	1,56	2,10
58	4,8	28	21	5,0	4,0	0,26	0,19	1,3	0,8	3,34	2,20	0,10	0,16	0,02	0,09	2,19	1,41
	6,0	27	16	2,0	2,2	0,16	0,18	1,6	0,3	1,86	0,55	0,15	0,14	0,08	0,08	1,24	1,12
	7,2	13	9,5	0,8	0,9	0,13	0,16	0,2	0,2	0,68	0,49	0,12	0,14	0,05	0,07	0,72	0,85
175	4,8	3,4	8,5	0,7	1,8	0,05	0,08	0,3	0,8	0,61	1,90	0,01	0,07	0,003	0,03	0,27	0,62
	6,0	7,4	7,8	1,6	1,8	0,07	0,08	0,5	0,5	0,70	1,07	0,03	0,07	0,005	0,03	0,63	0,46
	7,2	5,7	6,0	1,4	1,5	0,09	0,09	0,3	0,3	0,25	0,77	0,04	0,07	0,019	0,03	0,63	0,64

Tabell 15. Tungmetaller i matjord från ramförsök med stallgödsel och röttslam.

Extraktion med 2M HNO_3 vid 100°C och 1M NH_4Ac pH 4,8, vid 20°C. I $\mu\text{g/g}$ ts.

2M HNO_3			1M NH_4Ac , pH 4,8									
Stallgödselled			Stallgödselled		Slamled							
1968	1974		1968	1974	1968	1974						
Mn	405	417	± 12	413	420	± 7	25,0	11,5	$\pm 0,4$	42,5	14,3	$\pm 0,9$
Zn	83	87	$\pm 0,6$	272	268	± 9	1,5	1,2	$\pm 0,3$	95	64	± 6
Cu	24,7	27,9	$\pm 0,7$	69	84	± 4	0,30	0,42	$\pm 0,08$	6,0	8,9	$\pm 0,8$
Ni	23,6	25,1	$\pm 0,9$	40,8	34,5	$\pm 0,4$	0,47	0,45	$\pm 0,05$	4,0	4,5	$\pm 0,6$
Co	11,2	11,4	$\pm 0,3$	11,6	11,6	$\pm 0,3$	0,07	0,04	$\pm 0,01$	e.a.)	0,05	$\pm 0,01$
Cr	40,2	42,5	$\pm 0,7$	76	71	± 5	0,05	0,05	$\pm 0,02$	0,39	0,30	$\pm 0,03$
Pb	21,2	22,1	$\pm 0,7$	38,5	40,4	$\pm 0,7$	0,70	0,74	$\pm 0,06$	2,9	2,6	$\pm 0,3$
Cd	0,25	0,24	$\pm 0,003$	0,74	0,72	$\pm 0,04$	0,072	0,062	$\pm 0,001$	0,29	0,31	$\pm 0,02$
Hg	0,050	0,047	$\pm 0,004$	0,79	0,75	$\pm 0,06$	e.a.)	e.a.)	e.a.)	e.a.)	e.a.)	e.a.)

a) e.a.=ej analyserat

Tabell 16. Tungmetallhalter i växtmaterial från försöksparceller som sedan 1956 erhållit röttslam resp. stallgödsel. I $\mu\text{g/g ts}$.

		Kärna				Halm			
		Slamled		Stg. led		Slamled		Stg. led	
Korn, 1971.	Mn	10,9	$\pm 0,4$	14,6	$\pm 1,2$	12,7	$\pm 0,7$	14,1	$\pm 3,2$
	Zn	52,2	$\pm 6,8$	28,0	$\pm 4,4$	81,6	$\pm 7,4$	18,2	$\pm 4,1$
	Cu	10,6	$\pm 0,6$	7,4	$\pm 1,0$	13,6	$\pm 1,1$	13,1	$\pm 4,7$
	Ni	0,35	$\pm 0,15$	0,22	$\pm 0,05$	1,30	$\pm 0,13$	1,79	$\pm 0,33$
	Co	0,035	$\pm 0,024$	0,025	$\pm 0,014$	0,065	$\pm 0,018$	0,075	$\pm 0,022$
	Cr	0,37	$\pm 0,11$	0,30	$\pm 0,14$	1,15	$\pm 0,15$	1,23	$\pm 0,26$
	Pb	0,87	$\pm 0,52$	0,67	$\pm 0,24$	2,51	$\pm 0,50$	3,29	$\pm 1,22$
	Cd	0,067	$\pm 0,003$	0,053	$\pm 0,008$	0,068	$\pm 0,011$	0,022	$\pm 0,008$
	Hg	0,008	$\pm 0,003$	0,005	$\pm 0,003$	0,050	$\pm 0,026$	0,037	$\pm 0,017$
Havre, 1972.	Mn	22,9	$\pm 1,3$	34,0	$\pm 1,1$	11,0	$\pm 2,0$	19,4	$\pm 3,7$
	Zn	44,2	$\pm 3,6$	21,3	$\pm 2,6$	31,0	$\pm 4,9$	10,6	$\pm 1,3$
	Cu	9,2	$\pm 1,0$	5,9	$\pm 0,3$	10,0	$\pm 1,0$	8,4	$\pm 0,8$
	Ni	7,80	$\pm 0,85$	1,32	$\pm 0,10$	2,63	$\pm 0,48$	1,83	$\pm 0,33$
	Co	0,030	$\pm 0,00$	0,033	$\pm 0,007$	0,078	$\pm 0,040$	0,074	$\pm 0,031$
	Cr	0,32	$\pm 0,08$	0,34	$\pm 0,01$	1,26	$\pm 0,70$	0,91	$\pm 0,32$
	Pb	0,32	$\pm 0,06$	0,38	$\pm 0,07$	1,52	$\pm 0,24$	1,33	$\pm 0,51$
	Cd	0,070	$\pm 0,011$	0,024	$\pm 0,002$	0,066	$\pm 0,017$	0,034	$\pm 0,009$
	Hg	< 0,005		< 0,005		0,026	$\pm 0,006$	0,027	$\pm 0,003$
Korn, 1973.	Mn	9,7	$\pm 1,2$	11,8	$\pm 1,3$	6,7	$\pm 1,1$	7,2	$\pm 0,4$
	Zn	58,0	$\pm 6,1$	19,3	$\pm 2,5$	38,8	$\pm 8,7$	6,0	$\pm 1,4$
	Cu	7,3	$\pm 0,6$	5,3	$\pm 0,4$	5,3	$\pm 2,2$	3,4	$\pm 0,2$
	Ni	0,63	$\pm 0,17$	0,35	$\pm 0,10$	1,55	$\pm 0,44$	1,35	$\pm 0,37$
	Co	0,032	$\pm 0,012$	0,038	$\pm 0,011$	0,061	$\pm 0,018$	0,034	$\pm 0,010$
	Cr	0,22	$\pm 0,05$	0,22	$\pm 0,10$	0,43	$\pm 0,10$	0,27	$\pm 0,13$
	Pb	0,35	$\pm 0,17$	0,53	$\pm 0,21$	1,63	$\pm 0,12$	1,28	$\pm 0,19$
	Cd	0,067	$\pm 0,010$	0,031	$\pm 0,006$	0,060	$\pm 0,023$	0,029	$\pm 0,003$
	Hg	< 0,005		< 0,005		0,036	$\pm 0,009$	0,034	$\pm 0,009$
		Grönmassa							
		Slamled				Stallgödselled			
Foderraps, 1974.	Mn	34,4	$\pm 5,2$			17,5	$\pm 1,9$		
	Zn	98,3	$\pm 19,4$			18,7	$\pm 1,0$		
	Cu	5,8	$\pm 0,2$			2,6	$\pm 0,4$		
	Ni	4,43	$\pm 1,16$			0,77	$\pm 0,12$		
	Co	0,094	$\pm 0,006$			0,074	$\pm 0,017$		
	Cr	0,62	$\pm 0,18$			0,48	$\pm 0,12$		
	Pb	1,95	$\pm 0,50$			1,43	$\pm 0,23$		
	Cd	0,303	$\pm 0,020$			0,165	$\pm 0,023$		
	Hg	0,021	$\pm 0,002$			0,014	$\pm 0,004$		