



Ett uthålligt kretslopp

I. Inledning

Det finns en tydlig ambition att få till stånd ett uthålligt kretslopp när det gäller jordbrukets näringsämnen. Detta betyder att de näringsämnen som tas upp ur odlingsmarken också skall återföras till den åker, där de togs upp. Men dessa näringsämnen skall vara så rena och avskilda från samhällets andra föroreningar, att denna återföring kan pågå mycket länge utan negativa effekter.

Men här finns inte några konkreta krav som måste uppfyllas för att återföringen ska få kallas ett uthålligt kretslopp. Denna brist på definition och krav har inneburit att spridningen i jordbruket av avfall av de mest skilda slag, kan påstås ingå i ett uthålligt kretslopp. Detta har också givit upphov till motsättningar i samhället när det gäller spridning av samhällsavfall på odlingsmark.

Mycket skulle vara vunnet för alla om vi kunde enas om vilka grundläggande krav som skall ställas.

”Kretsloppet lyckades men åkermarken dog”

Här börjar problemen. Många inom industri- och den samhällsliga avfallssektorn har av olika skäl velat se jordbruksmarken som en möjlig recipient för sitt speciella problemavfall. De krav som hittills ställts på gödselprodukter har nästan uteslutande varit pragmatiska – d v s utformade så generösa att det speciella avfallet inte behöver avvisas. Detta förfarande kallas att sätta ”pragmatiska” villkor och gränsvärden.

Man kan kalla varje återföring av något av åkerjordens substanser för kretslopp – ämnet i fråga tas upp ur jorden och läggs tillbaka där de togs upp. Men vilka andra ämnen som följer med av bara farten behöver med detta synsätt inte beaktas, inte heller mängdrelationer eller konsekvenserna på kort eller lång sikt. Att lägga en påse med kycklingben på jordbruksmark är inte mer kretslopp än att lägga hela soptunnans innehåll där med kycklingbenen tillsammans med konservburkar och plastpåsar. Kanske också den skrotbil som fraktar soptunnan kan köras ut på åkern och kallas kretslopp?

Någonstans måste det finnas en gräns när ett kretslopp i stället blir regelrätt spridning av olämpligt samhällsavfall, samt att detta måste ifrågasättas och förhindras.

Nu är ju målet med ett kretslopp att det skall möjliggöra ett uthålligt samhälle. Dvs vi behöver egentligen inte tillägga att kretsloppet måste vara uthålligt. Men för att inskräpa att det inte finns några icke uthålliga kretslopp kommer begreppet *uthålligt kretslopp* att användas i det följande.

Ren växtnäring

Samtidigt finns en allt tydligare samsyn mellan olika intressenter i samhället. Det finns ingen anledning att inte kräva att växtnäringen är ren från föroreningar. Inte bara uthålligheten kräver detta. Såväl allmänhetiska skäl som konsumentkrav leder till att våra livsmedel inte skall odlas bland kemikalier och annat avfall. Det är inte längre framkomligt att hänvisa till ”under gränsvärden”. Dessa föroreningar skall inte alls blandas med växtnäringsämnena.

Livsmedelsindustrierna pekade redan för några år sedan i ett brev till regeringen på att de inte "äger problemet". Dvs de har rätt att framställa sina förstklassiga livsmedel utan förorenad växtnäring – även om en statlig myndighet skulle ha "godkänt" den förorenade växtnäringen. Alla företag har privilegiet att välja de framställningsmetoder de vill. De lyssnar på sina konsumenter, vilket är legitimt. Nu finns lyckligtvis en allt tydligare samsyn om att *växtnäringen skall vara ren* hos livsmedelsproducenter, jordbruket, konsumenter, patientorganisationer, naturskyddet m fl.

Det kommer troligen att bli dessa aktörer som nu kommer att formulera vilka krav som skall uppfyllas för att *växtnäringen skall få betecknas som ren*. Detta dokument är en del av denna formuleringsprocess.

Samhällsavfall som inte får spridas på odlingsmark

Observera att endast de ämnen som har sitt ursprung i åkermarken kan ingå i ett uthålligt kretslopp. Om vi talar om organiskt samhällsavfall, så måste alla fraktioner som har annat ursprung avvisas och inpassas i andra kretslopp. Parkavfall skall till parkernas jordar. Papper till skogen osv. Alla rötresters som inte utgår från jordbrukets produkter skall avvisas. Endast rester från livsmedelsindustrin och liknande kan godtas – förutom växtnäring från urin och avföring. Observera att även om metallhalter i exempel pappersavfall skulle vara desamma som i urin och avföring, leder spridning på åkermark ändå till en systematisk ökning av åkerns metallhalter, se nedan sid 9. Vissa undantag kan dock medges, se sid 13.

Uthållighet

Att utforma ett tekniskt samhälle som har lika lång överlevnad som vårt solsystem är knappast möjligt. Men en rimlig tidshorisont för att fånga in begreppet uthållighet kan vara att utgå ifrån att vi befinner oss i mitten av vår civilisations utmätta tid. Det kan innebära att planera för lika lång tid framåt som den tid som förflutit sedan pyramiderna i Egypten byggdes, dvs ca 5.000 år. Ungefär denna – egentligen alltför korta - tidshorisont försöker man fö tillämpa också när det gäller kärnkraften. Detta innebär att de växtnäringsämnen som skall återföras skall vara så rena, att denna återförsel kan upprepas i 5.000 år utan att man då kommer att se någon skada eller risk av något slag.

Man kan invända att inte ens i naturen finns några helt ideala kretslopp. På mycket lång sikt transporteras fosfor och andra mineraler med vattnet till haven. Där sedimenteras detta på havsbotten och fastläggs på jordskorpan. Samtidigt frigörs ny fosfor sakta ur jordarna genom vittringsprocesser. På så sätt bildas också ett långsamt kretslopp för dessa mineraler. Detta kallas "bergets kretslopp" eller "den geologiska cykeln". Men tidsrymderna är så långa att vi med mänskliga tidsmätt skall utgå ifrån att växtnäringsflödena skall vara cykliska. Man har uppskattat att en molekyl som rycks lös från berggrunden cirkulerar ca 100.000 år i biosfären innan den fastläggs på oceanens botten.

I naturen är ofta rörelsen hos växtnäring komplicerad och kan beskrivas som näringsvävar. Men gemensamt för dessa är att det inte tillkommer ett smygande inflöde av metaller från gruvorna. Inte heller att metaller och näringsämnen som tagits upp från stora områden systematiskt koncentreras på en liten del av marken. (T ex när rötresters av papper läggs på jordbruksmark). Även det gamla jordbruket kunde orsaka sådana omflyttningar genom sina lövängar etc, men mängderna som omflyttades var blygsamma.

Av alla tillförda föroreningar som kan skada åkern och den framtida livsmedelsproduktionen, står den systematiska tillförseln av avfallsmetaller i en särställning. Därför behandlas bara metaller i det följande. Därmed berörs här inte föroreningar som exempelvis dioxiner, PCB, bromerade flamskyddsmedel och andra organiska ämnen, hormonimiterande ämnen, läkemedelsrester, olika former av smitta, radioaktiva ämnen, adderade processkemikalier osv.

Metaller är grundämnen som inte kan brytas ned. De flesta kan inte heller tas bort från åkermarken i efterhand, utan kommer att ligga kvar till tidens ände, potentiellt till men för alla kommande släkter. Därför har denna fråga en sådan central ställning i diskussionen om vad som krävs för att vår civilisation skall överleva.

Då de flesta metallhalter således inte kan minska, återstår endast två vägar för människan – att hålla halterna oförändrade eller låta dem öka, långsamt eller snabbt.

Det skall också sägas att denna svåra fråga, att besluta hur länge åkermarken skall vara odlingsvärd, i första hand är en etisk fråga. En vetenskapsman är inte bättre skickad än någon annan att bestämma detta.

Fördubblingstid

Med begreppet fördubblingstid menas hur lång tid det kommer att ta med en återföring av metallförorenade växtnäring innan metallhalterna i odlingsmarken har fördubblats. Redan här måste vi inse att begreppet fördubblingstid inte har med uthållighet att göra – vi har i så fall gjort en reträtt och tänker oss ändå att en systematisk ökning av åkerjordens metallhalter skall äga rum i det uthålliga kretsloppet.

Metallernas potentiella farlighet

Det är frestande att utse ökningen av vissa speciella metallhalter i odlingsmarken som mer allvarlig än andra. Men vår kunskap om de olika metallernas framtida öde i åkermarken och möjliga negativa effekter är mycket dålig.

När spridningen av en kromförorenad restprodukt från en metallurgisk industri på jordbruksmark avbröts av Naturvårdsverket, anförde dåvarande professorn vid SLU, Jan Persson:

”Vi vet mycket litet om kromets geokemi. ... Vi måste planera för att våra marker skall vara odlingsvärda i tidsperspektiv på tusen år eller mera. När man en gång tillfört krom kan inte detta avlägsnas.”

Här följer några osäkerhetsfaktorer:

- Vilken kemisk form har metallen vid spridningen?
- Hur kan denna kemiska form förändras med tiden, pH, redoxpotential, synergism, framtida globala förändringar osv?
- Vilken kunskap om metallernas toxikologi och kinetik är ännu utforskad?
- Hur kommer odlingsmarken att användas i framtiden?
- Hur kommer våra njurar (som avskiljer metaller) att fungera i framtiden?

Den enda väg som grundar sig på ansvar för de ofödda, är att inse att dessa frågor kan vi inte svara på. Vi måste av försiktighet utgå ifrån att ingen metall kan tillåtas öka utan att problem i framtiden kan uteslutas. Det är inte längre möjligt att beakta några metaller som mätts av traditionella skäl och sedan ignorera de flesta andra.

Entropilagen och ren växtnäring

Varje organiskt avfall, som i likhet med urin och avföring har sitt ursprung i åkerjorden, innehåller naturligt en lång rad metaller i olika halter. Dessa metaller har tagits upp ur åkerjorden och orsakat ett motsvarande underskott där. Om endast denna mängd återförs med växtnäringsämnen, får vi till stånd ett uthålligt kretslopp utan fördubblingstid.

Det tekniska samhället är nu uppbyggt med hjälp av stora mängder gruvbrutna metaller. De finns i bilar, byggnadsmaterial, tekniska apparater osv.

Denna mängd – som redan finns inbyggd - eroderar oavbrutet och alla flöden av växtnäring i vårt samhälle förorenas mer eller mindre av dessa eroderade metaller.

De kan komma till avloppsvatten från vattenledningsnätets metaller eller diskbänkar och tvättmaskiner. De kommer till blomsterrabatterna med de metaller som finns i julpapperets tryckfärg, om man lägger dit aska från öppna spisen. Genom entropilagens allmänna giltighet är detta påslag i absolut mening oundvikligt. I den svenska samhällskroppen finns exempelvis ca 5 miljoner kilo kadmium inmonterat. Olika åtgärder idag för att hindra att ytterligare kadmium inmonteras, får därför liten betydelse för kadmiumhalten i exempelvis avloppsslam. Kanske det uthålliga samhällets största fiende är just gruvdriften och entropilagen?

Metallmängd från urin och avföring – ett referensvärde A

Man kan på teoretisk väg räkna ut hur mycket av olika metaller som varje människa lämnar ifrån sig per dag med sin urin och avföring. Detta grundar sig på att man känner det dagliga intaget med mat och dryck, samt att det allra mesta av detta går igenom tarmen utan att tas upp i kroppen.

Här följer en förteckning över det dagliga intaget av en rad metaller med livsmedel, eller om man så vill, det dagliga innehållet i urin och avföring:

Tabell 1

Dagligt intag – ett referensvärde A

Metallmängd per person och dag (mikrogram)

Pb	30
Cd	15
Cu	1500
Cr	30
Hg	6
Ni	130
Zn	8600
Li	17
Al	12000
Mn	4500
Fe	15000
Co	11
Ge	4
As	120
Se	57
Sr	1400
Mo	120
Sn	2400
Sb	3
Ba	530
Au	1
Tl	2
Bi	0,4
Ag	7

(Fosfor 1,4g)

Källor: SNV rapport 4251, "Food Standards Agency" (UK) samt WHO

(Anm. Intagssiffran för tenn kommer från UK, men verkar orimligt hög?)

Om avloppsslam bara innehöll metaller från urin och avföring – ett referensvärde B

Nu vet man att varje person alstrar ca 75 gram torrt slam (TS) per dygn. (Se SNV Rapport 4251, sid 21). Då kan vi räkna ut hur stor del av exempelvis slammets metallhalter som kommer från urin och avföring.

Tabell 2

Referensvärde B

Del av metallhalterna i avloppsslam som kommer från människan mg/kg TS. (Halter hos ett idealt slam)

Pb	0,40
Cd	0,20
Cu	20,00
Cr	0,40
Hg	0,08
Ni	1,73
Zn	114,67
Li	0,23
Al	160,00
Mn	60,00
Fe	200,00
Co	0,15
Ge	0,05
As	1,60
Se	0,76
Sr	18,67
Mo	1,60
Sn	32,00
Sb	0,04
Ba	7,07
Au	0,01
Tl	0,03
Bi	0,01
Ag	0,09

Detta är de halter som ett rent slam skulle ha om inte samhällets metallföreningar skulle blandas in. Det är frågan om en *referens* mot vilken olika *slam* kan ställas. Här kan man bedöma hur "rent" ett slam egentligen är. Det förutsätts att slammen har samma fosforhalter. Detta är dock en besvärlig fråga. Blir ett "slam renare" om man ansluter någon fosforgenererande industri eller räknar in fosfor från tvättmedel etc?

Metallhalt relativt fosforhalt i ren växtnäring – ett referensvärde C

Eftersom de fraktioner av samhällsavfall där näringsämnen finns, kan vara uppblandade (utspädda), är metallhalterna i TS enligt ovanstående inte rättvisande. Om metallhalten minskar genom en utspädning, minskar i regel också fosforhalten i samma utsträckning. Därför blir i många fall förhållandet mellan metallhalt och fosforhalt särskilt viktigt i stället. Om vi utgår från halt av metaller och halt av fosfor i urin och avföring, får vi ett mer användbart referensvärde för *ren växtnäring*.

Tabell 3

Referensvärde C Kvoten mellan metallhalt och fosforhalt
i urin och avföring (ppm eller mg/kg P)

Pb	21,4
Cd	10,7
Cu	1071,4
Cr	21,4
Hg	4,3
Ni	92,9
Zn	6142,9
Li	12,1
Al	8571,4
Mn	3214,3
Fe	10714,3
Co	7,9
Ge	2,9
As	85,7
Se	40,7
Sr	1000,0
Mo	85,7
Sn	1714,3
Sb	2,1
Ba	378,6
Au	0,7
Pt	1,4
Bi	0,3
Ag	5,0

Total årlig mängd metaller i urin och avföring i Sverige – ett referensvärde D

Om 9 miljoner människor i Sverige har ett dagliga intaget enl tabell 1 under ett år, kommer den sammanlagda mängd som finns i slammet att kunna beräknas. Denna mängd är ett *referensvärde* för de metaller som tagits upp ur åkern och nått människan. Observera att en långt större mängd har tagits upp ur åkerjorden. Det mesta av detta har hamnat i djurfoder och läggs tillbaka som gödsel – tyvärr i regel inte där det togs upp. Annat kommer tillbaka som skörderester, halm, blast m m. Annat kommer från livsmedelsindustrier. Återföring av denna typ av organiskt material med ursprung i jordbruket är relativt väl tillgodosedd. I och med detta är siffrorna för bruttoupptaget av metaller ur åkern oanvändbara när det gäller återförsel av metallerna i urin och avföring. (Här har gjorts vissa förenklingar. Under sommaren hamnar exempelvis inte all urin i avlopps nätet. Vidare kommer inte all föda från åkermarken, t ex fisk, vilt, bär och svamp. Import och export av mat antas balansera varandra.)

Tabell 4

Referensvärde D för totala årliga mängden metaller i urin och avföring i Sverige. (kg och 9 milj pers)

Pb	99
Cd	49,5
Cu	4950
Cr	99
Hg	19,8
Ni	429
Zn	28380
Li	56,1
Al	39600
Mn	14850
Fe	49500
Co	36,3
Ge	13,2
As	396
Se	188,1
Sr	4620
Mo	396
Sn	7920
Sb	9,9
Ba	1749
Au	3,3
Tl	6,6
Bi	1,32
Ag	23,1

II. Krav som växtnäringen måste uppfylla

Krav 1

Det grundläggande kravet är att växtnäringen måste hanteras för sig och inte vara uppblandad med andra främmande ämnen från industrisamhället. Då måste växtnäringsämnena ledas i avgränsade och överblickbara system. Inga främmande anslutningar får förekomma. Detta är fullt möjligt att åstadkomma.

I och med detta kommer det inte att råda något tvivel om några miljögifter eller andra oönskade ämnen förorenar växtnäringen. En sådan osäkerhet är från livsmedelsproducenters och konsumenters synvinkel inte längre möjlig att acceptera. Inom alla andra grenar av återvinning i Sverige accepterar mottagaren bara utsorterade material, t ex papper, tomglas, skrot etc. Det finns ingen anledning att livsmedelsproduktionen skulle vara ett undantag härvidlag, snarare tvärtom.

Under senare tid har jordbruket, livsmedelsindustrin, naturskyddsföreningen, konsumenter m fl behandlat detta ämne och det finns en samsyn om att växtnäring, som inte uppfyller ställda krav, inte heller skall användas i produktionen av livsmedel.

De övriga kraven nedan är egentligen överflödiga om vi använder ett separerat system. Men i realiteten kommer ledningsmaterialet, spolvatten m m att störa denna ideala bild. Därför behövs ytterligare krav.

Krav 2

För att växtnäringsämnena skall kunna återföras i ett uthålligt kretslopp, får inte några påslag av metaller ske på vägen mellan toalettstolen och spridningen på åkern. Att kräva att påslaget skall vara noll är orealistiskt och kan kanske påstås vara "fundamentalistiskt".

För att lämna utrymme för en oundviklig förorening av växtnäringen under dagens förhållanden, kan vi som första ansats under en begränsad tid – förslagsvis 20 år - *tolerera ett 50 procentigt påslag* när det gäller referensnivåerna i växtnäringen.

Tabell 5

Referensnivå C med påslag

Tolerabel kvot metallhalt/fosforhalt i organisk växtnäring från tätorterna.

50 % påslag på referensnivå C enl tabell 3

	mg/kg P
Pb	32,1
Cd	
Cu	1607,1
Cr	32,1
Hg	6,4
Ni	139,3
Zn	9214,3
Li	18,2
Al	12857,1
Mn	4821,4
Fe	16071,4
Co	11,8

Ge	4,3
As	128,6
Se	61,1
Sr	1500,0
Mo	128,6
Sn	2571,4
Sb	3,2
Ba	567,9
Au	1,1
Pb	2,1
Bi	0,4
Ag	7,5

Detta kan tjäna som ett *gränsvärde* för de olika former av samhällsavfall där människans växtnäringssämnen ingår.

KRAV 3

Det är viktigt att reglera mängden metaller som når hela arealen. Gör vi inte detta, kan ökningstakten hos metallerna bli mycket stor i alla fall. Det beror på att inte bara den växtnäring som verkligen kommer från åkermarken, i första hand från urin och avföring samt rester från livsmedelsindustrin, söker sig till åkermarken. Det gäller exempelvis rötresten och annat organiskt avfall som inte har sitt ursprung i åkermarken. Detta riskerar i vårt avfallsstinna samhälle att bli en trojansk häst som kan fördärva den goda ambitionen med ett kretslopp för växtnäringssämnen. Genom att göra en årlig balans för metallerna i hela vår åkermark, kan denna smygande process förhindras. Observera att även om metall/fosfor- kvoten för denna typ av avfall t o m ligger under referensnivån i tabell 3, så leder spridningen till en oundviklig ökning av halterna i marken. Ett kretslopp ersätts av ett linjärt flöde.

Tabell 6

Referensvärde D med påslag

Tolerabel total årlig tillförsel av metaller med växtnäringen till hela arealen under begränsad tid.
50 % påslag på referensvärde D för sammanlagd årlig metallmängd i urin och avföring enl tabell 4

(Kg till 3 milj ha per år)

Pb	148,5
Cd	
Cu	7425
Cr	148,5
Hg	29,7
Ni	643,5
Zn	42570
Li	84,15

Al	59400
Mn	22275
Fe	74250
Co	54,45
Ge	19,8
As	594
Se	282,15
Sr	6930
Mo	594
Sn	11880
Sb	14,85
Ba	2623,5
Au	4,95
Pb	9,9
Bi	1,98
Ag	34,65

Observera att detta för Sverige gäller återförsel av sammanlagt ca 6000 ton fosfor till ca 3 miljoner hektar. Om en mindre mängd av denna fosfor skall spridas på en mindre del av arealen, skall den tillåtna mängden metaller minskas i motsvarande grad.

Antag att en entreprenör vill sprida en given mängd organiskt avfall som innehåller urin och avföring. Mängden fosfor är 6 ton. Då får det finnas högst 35 g silver i det organiska avfallet.

KRAV 4

Tolerabel ökningstakt i åkerjorden

Som tidigare nämnts är tanken att metallhalterna i åkerjorden oavbrutet skall öka, helt oförenlig med kretsloppstanken. Tvärtom är upprättandet av ett kretslopp för näringsämnen en nödvändighet om vi skall kunna bryta denna vandring mot livsmedelsproduktionens förfall.

Hittills har halterna stadigt ökat under industrialismens och konstgödselsanvändningens första århundrade och redan idag är halterna av kadmium så höga på många ställen i Sverige att odling av livsmedel som vete måste sättas ifråga. Än så länge försöker vi bemästra detta genom att späda ut mycket förorenade partier med mindre förorenade.

Som utgångspunkt måste vi inse att tre generationer under 1900-talet mer än nog har tagit för sig av "nedsmutningsutrymmet". Med detta menas att det för varje metall finns dels en naturlig halt – som kan variera mellan olika platser – och dels en övre gräns där någon form av skada, risk eller problem uppstår. Mellan den naturliga halten och skadenivån finns "nedsmutningsutrymmet". Vi utgår ifrån att den svenska odlingsjorden skall vara odlingsvärd i minst 5000 år ytterligare enligt tidigare. Då får varje generation se till att nedsmutningen per år motsvarar en inteckning av en femtusendedel av "nedsmutningsutrymmet". Ett sådant krav har hittills inte behövt uppfyllas, eftersom ingen velat formulera kravet. Det är hög tid att vi nu avslutar en lång tradition av släpphänthet och ignorans – eller i många fall omedvetenhet. Vi är vid vägs ände.

Njurforskare, Kemikalieinspektionen, konsumentorganisationer m fl anser att vi omedelbart måste ta dessa frågor på högsta allvar, i synnerhet när det gäller kadmium. Andra metaller som är kritiska för organismerna i åkerjorden är koppar, zink och silver. Guldföreningar påverkar en rad organ i kroppen i låga halter.

Det är inte längre försvarbart att fortsätta denna snabba uppbyggnad som skedde förra århundradet. För hundrafemtio år sedan innehöll en hektar åker ca 400 g kadmium. Vid åttiotalets mitt angavs 550 g som normal mängd och idag får studenterna vid Lantbruksuniversitetet lära sig att 600 g per hektar är normalt.

Det måste nu till en kraftfull och tydlig reglering av tillförseln av metaller till åkermarken så att ökningen av metallhalterna kan brytas. Att kräva att påslaget per år skall vara noll är orealistiskt enligt tidigare, men en ökningstakt som skulle motsvarar ett *50 procentigt påslag under 5000 år* är tolerabelt som en lägsta ambition under 20 år.

Tabell 7

Ett tolerabelt årligt påslag av metaller som leder till en 50-procentig ökning av halterna i åkerjorden på en hektar efter 5000 år

Element	Matjord kg per ha	Tolerabelt årligt påslag g per ha
Ag	0,36	0,036
As	12	1,2
Au	<0,02	<0,002
B	16	1,6
Ba	1900	190
Be	4	0,4
Bi	0,49	0,049
Cd	0,6	0
Ce	190	19
Co	22	2,2
Cr	68	6,8
Cs	5,3	0,53
Cu	53	5,3
Dy	13	1,3
Er	6,9	0,69
Eu	2,5	0,25
Ga	28	2,8
Gd	11	1,1
Ge	58	5,8
Hf	24	2,4
Hg	0,13	0,013
Ho	2,7	0,27
In	<0,12	<0,012
Ir	<0,12	<0,012
La	100	10
Li	52	5,2
Lu	1,2	0,12
Mn	1300	130
Mo	1,8	0,18
Nb	38	3,8
Nd	90	9

Ni	41	4,1
Pb	55	5,5
Pd	<0,12	<0,012
Pr	24	2,4
Pt	<0,12	<0,012
Rb	360	36
Re	<0,12	<0,012
Rh	<0,12	<0,012
Ru	<0,12	<0,012
Sb	0,78	0,078
Sc	31	3,1
Se	0,73	0,073
Sm	14	1,4
Sn	5,6	0,56
Sr	510	51
Ta	3,3	0,33
Tb	1,5	0,15
Te	<0,25	<0,025
Th	25	2,5
Ti	11000	1100
Tl	0,73	0,073
Tm	1	0,1
U	14	1,4
V	220	22
W	4,1	0,41
Y	84	8,4
Yb	9,2	0,92
Zn	200	20
Zr	960	96

Källa: ”Halter av 61 spårelement ...”, Jan Eriksson, SNV rapport 5148

Observera att ”naturliga” halterna varierar från åker till åker, där både berggrundens beskaffenhet och tidigare gödselpolitik har betydelse. Hittillsvarande tanke, att man skall ha en maxhalt (ett gränsvärde) för metallhalten i åkermarken som inte får överskridas, måste ifrågasättas. Detta leder till att en åker med exempelvis låga kadmiumhalter i första hand kommer att väljas för deponering av avfallsmetaller. Detta är direkt fel. Dessa arealer med låga kadmiumhalter skall sparas och skyddas, t ex för framställning av barnmat idag och i framtiden. Är det någon areal som vi tvingas välja för metalldeponering, är det i första hand åkrar som redan fått stor metalltillförsel, t ex genom närhet till industrier eller trafikleder och som dessutom snart kan väntas bli exploaterade för byggnation?

Metallhalten i den mat vi äter blir genom utblandningar i silos, i livsmedelsindustrin och i handeln ett medelvärde av metallhalten i Sveriges jordbruksareal. Det har mindre betydelse var och hur stor giva per hektar vi lägger ut av metallerna. Vid små givor måste en större del av arealen tas i anspråk.

Det finns tankar att vissa arealer skulle kunna tas i anspråk för spridning av särskilt förorenad växtnäring i form av slam, t ex på salixodling. Man menar att här odlas i varje fall inte livsmedel. Men metallerna lagras upp även i denna åkermark. För all framtid kommer dessa åkrar att ha förhöjda halter av riskabla tungmetaller. Vi måste förutsätta att kommande generationer vill ändra

användningssättet för en åker. Det är i så fall inte möjligt. Vidare kommer en alltmer överbefolkad planet att behöva all den odlingsmark som kan uppbringas.

KRAV 5

Gökungar

De växtnäringsfraktioner i samhället som verkligen har sitt ursprung i åkermarken har rätt att bära tillbaka de metaller som tagits upp. De har en parkeringsplats reserverad för sig. Detta omfattas av krav 1 – 3.

Men de växtnäringsfraktioner som inte har sitt ursprung i åkermarken skall bedömas mycket restriktivt. I princip finns inget utrymme för deras metaller. Antag att någon påstår att det har skett ett upptag av en viss mängd metaller med skörden ur en åker – vilket är riktigt. Men dessa metaller finns någonstans och väntar på att återföras. Görs inte detta sker en ökning någon annanstans och detta är i princip lika allvarligt.

En stor del av de metaller som tas upp ur vår åkermark följer dels med halm och skörderester. Detta skall läggas tillbaka. En annan stor del följer med grödan och blir foder. Dessa metaller hamnar i gödslet och läggs runt djurgården. Eftersom spannmålgårdar och djurgårdar ofta ligger långt ifrån varandra, sker en systematisk överflyttning av växtnäring och metaller från sädesfälten till marken runt djurgårdarna. Man kan idag påvisa att fosfor och kadmium byggs upp här. Detta är ett problem för sig och kallas *det stora strukturfel* i vårt jordbruk. På sikt måste detta åtgärdas så att näringsämnen kan återföras till foderodlingen på ett praktiskt och transportekonomiskt acceptabelt sätt.

Men detta strukturfel får inte användas av olika avfallsintressen i tätorterna för att motivera spridning av annat avfall och säga att man balanserar ”bortförslin” av metaller. Ökningen flyttas ju i stället till exempelvis en djurgård.

Denna fråga kommer troligen de närmaste åren att bli föremål för en ordentlig genomlysning och diskussion.

Alla gödselämnen som inte har sitt ursprung i åkermarken måste ha metallhalter så nära noll som möjligt. Det gäller t ex kadmiumhalten i konstgödsel. Inget av kadmiet i NPK går i kretslopp, och därför måste kadmiumhalten ligga mycket nära noll.

Gödselfraktioner som måste ha mycket låga metallhalter är exempelvis:

- Konstgödsel
- Rötresten utan ursprung i åkerjorden
- Parkavfall, skogsavfall etc utan ursprung i åkermarken
- Olika typer av ”komposter” där inte allt material har sitt ursprung i åkermarken.

(De flesta källsorterade komposter är oanvändbara, då det nödvändiga sociala beteendet brister hos en del medborgare och komposten blir förorenad.)
- Jordbrukskalk och andra insatsvaror

Vilka metoder som står till buds för att kraftigt sänka metallhalterna i denna grupp av organiskt avfall – om man nu vill sprida sådant avfall - är en öppen fråga.

Om vi inte håller en tydlig rågång mellan det som skall återföras och det som inte skall återföras, kommer vi sannolikt att misslyckas med det uthålliga kretsloppet. Då finns det risk att halvmesyrer får tjäna som attrapper för kretsloppet och att dessa kommer likt gökungar att tränga undan det verkliga behovet av att upprätta ett uthålligt kretslopp värt namnet.

Ett undantag

Det kan i vissa fall hända att någon växtnäringssubstans med ursprung i åkermarken ändå inte lämpar sig att återföras av något skäl. Då kan denna ersättas av ett annat organiskt material som tar dess plats – förutsatt att växtnäringen innehåller ungefär samma halter metaller i de båda fallen.

Om människans växtnäringssubstanser exempelvis går förlorade i förorenat avloppsslam, kan växtnäringen ersättas av exempelvis fosforhaltigt avfall från fiskeindustrin, om metallhalterna är av samma storleksordning som i livsmedel/urin och avföring. Men vi måste kontrollera att totala mängden metaller som förs in till åkermarken är lika stor som hos den ursprungliga växtnäringssubstansen.

Ett betydande hot uppstår när en smygande ökning ändå kan ske hos åkermarkens metallhalter under påstådd ”balans”. Ett exempel:

Vid salixodling förs det bort näringsämnen och metaller med skörden/bränslet. Efter förbränningen menar man att askan kan återföras till åkermarken och ingå i ”kretsloppet”.

Vid själva odlingen kan en slamleverantör hävda att man bara ersätter de metaller som tagits upp – medan en annan entreprenör sprider askan någon annanstans under påstådd balans och kretslopp. Men slutresultatet blir ändå att metallhalterna ökar hos arealen totalt, medan man på de två ställena sprider metaller under ”balans”. Av detta skäl skall alltid balansberäkningar upprättas *dels på gårdsnivå* och *dels på nationell nivå*. Först då kan man avslöja falska utsagor om balans. Om vi antar att jordbrukaren, som tog emot askan i det beskrivna exemplet, levererade spannmål till en djurgård, så är det där ökningen kommer att ske.

Organiskt avfall från tätorterna skall släppas in på åkermarken, bara i de fall avfallet har sitt ursprung i åkermarken.

Balanser skall upprättas på både gårds- och nationell nivå.

KRAV 5

Bortförelse av metaller

Tidigare har angivits realistiska och allt för stora siffror när det gäller bortförelsen av metaller med grödan från en åker. Orsaken kan ha varit att bereda väg för deponering av metallavfall under påstådd ”balans”.

Av de metaller som förs bort, är det en mycket liten del som hamnar i livsmedlen och därmed i urin och avföring. I Jan Erikssons rapport anges upptaget av metaller i vetekärna, angivet som gram/ha och år – detta kan man jämföra med tillförelsen med både 1 ton ”Normalt svenskt slam” och ”Bästa slam” (Av de undersökta slammen hade Mora de flesta av lägsta uppmätta värdena). Skörden är 6.500 kg/ha.

Tabell 8

Obalans mellan årlig tillförsel och bortförsel av metaller
Både för "Bästa slam" och "Normalt Slam"

Element	Bortförsel med Vetekärna	Tillförsel med "Bästa slam"	Obalans ggr	Tillförsel med "Normalt slam"	Obalans ggr
	g per ha	g per ha		g per ha	
Ag	0,003	1,8	600	7,1	2381
As	0,19	1,7	9	3,9	21
Au	0,003	0,45	150	0,7	238
B	4,5	392	87	46,4	10
Ba	29	119	4	257,1	9
Be	0,003	0,6	200	0,4	143
Bi	0,002	0,73	365	0,7	357
Cd	0,21	0,92	4	1	5
Ce	0,022	5	227	20,7	942
Co	0,029	1,9	66	5,9	204
Cr	0,066	17	257	27,9	422
Cs	0,013	0,16	12	0,5	38
Cu	28	330	11	307,1	11
Dy	0,0006	0,4	666	1	1667
Er	0,002	0,4	200	0,6	321
Eu	0,007	0,04	5	0,2	28
Ga	0,07	1,1	15	2,1	30
Gd	0,0011	0,3	272	1,7	1558
Ge	0,02	1,1	55	3,4	171
Hf	0,0024	0,35	145	0,7	298
Hg	0,7	0,29	0,4	0,9	1
Ho	0,007	0,26	37	0,3	36
In	0,008	0,07	8	0,1	16
Ir	0,009	0,04	4	0,04	3
La	0,011	4	364	14,3	1299
Li	0,47	1	2	3,5	7
Lu	0,007	0,14	20	0,1	15
Mn	160	46	0	200	1
Mo	6,5	3,3	1	5,5	1
Nb	0,006	1,8	300	3,1	524
Nd	0,008	4	500	7,9	982
Ni	1	9	9	15,7	16
Pb	0,044	39	886	30	682
Pd	0,007	0,09	13	0,1	16
Pr	0,002	1,1	550	2,1	1071
Pt	0,001	0,04	400	0,04	30
Rb	17	2	0	11,4	1
Re	0,00065	0,04	60	0,04	60
Rh	0,007	0,04	6	0,04	5
Ru	0,007	0,04	6	0,1	9
Sb	0,003	1,2	400	2,4	810
Sc	0,007	1,2	171	1,9	276

Se	0,094	0,52	6	1,1	12
Sm	0,001	0,47	470	1,3	1286
Sn	0,5	19	38	18,6	37
Sr	16	31	2	164,3	10
Ta	0,009	1,92	213	0,6	67
Tb	0,007	0,28	40	0,2	33
Te	0,007	0,04	6	0,1	17
Th	0,005	0,1	20	1,4	271
Ti	1,1			1285,7	1169
Tl	0,001	0,04	40	0,1	114
Tm	0,001	0,16	160	0,1	129
U	0,001	1,3	1300	7,9	7857
V	0,014	5	357	12,9	918
W	0,036	3,1	86	7,1	196
Y	0,005	3,5	700	7,1	1429
Yb	0,001	0,69	690	0,6	629
Zn	160	472	3	485,7	3
Zr	0,053	7	132	26	490

(För värden under detektionsgränsen räknas denna i stället.)

Vi ser att upptaget är långt mindre än tillförseln i båda fallen. Obalansen är kraftig. Antag att vi vill skapa balans.

Då kan endast ca **0,4 kg TS** av "Normalt slam" och **1,5 kg TS** av "Bästa slam" läggas ut per år och hektar om *silver* är dimensionerande.

Andra ämnen med stor obalans är *uran, yttrium, titan, samarium, praseodym, lantan, gadolinium samt dysprosium*.

Urin och avföring jämnt fördelad på 75 % av hela arealen

Om vi i stället antar att 75 procent av vår areal (ca 3 milj ha) används i någon form av vegetabilisk eller animalisk livsmedelsproduktion, kan vi utifrån tabell 4 räkna ut hur mycket metaller som tagits upp ur varje hektar, om upptaget antas jämnt fördelat på denna del av arealen.

Tabell 9

Bortförsel av metaller från åkermarken som hamnar i urin och avföring

Upptaget antas jämt fördelat på 75 procent av arealen.

(mg/ha och år)

Pb	4,4
Cd	2,2
Cu	220,0
Cr	4,4
Hg	0,9
Ni	19,1
Zn	1261,3
Li	2,5
Al	1760,0

Mn	660,0
Fe	2200,0
Co	1,6
Ge	0,6
As	17,6
Se	8,4
Sr	205,3
Mo	17,6
Sn	352,0
Sb	0,4
Ba	77,7
Au	0,1
Pb	0,3
Bi	0,1
Ag	1,0

Man kan också beskriva denna diskrepans mellan vad som tas upp ur åkern och vad som återfinns i urin och avföring på följande sätt:

Statskonsulent Olle Petterson SLU har grovt sett angivit att ca 40 tusen ton (kt) fosfor tas upp ur den svenska åkerjorden per år. Av detta återförs ca 10 kt med skörderester och 20 kt med gödsel. Ca 9 kt hamnar i livsmedel och av detta återfinns ca 5 kt i urin och avföring. Om vi antar att metallerna skulle röra sig på samma sätt som fosfor, ser vi att bara ca 10 procent av upptagna metaller skulle hamna i urin och avföring.

Detta stöds av följande beräkning. Om den mängd per hektar som förs bort med skörden av vete per år enligt tabell 8, multipliceras med hela arealen (ca 3 milj ha), får vi ett mått på bortförsln från hela arealen om man bara odlar vete. Jämförd med mängden i urin och avföring (Referensvärde D i tabell 4), utgör denna mängd kanske 5 – 10 procent av upptaget från hela arealen.

Den svenska livsmedelsindustrin återför en stor del av sitt organiska avfall till jordarna.

Bortförsl genom urlakning

Åkerjorden genomströmmas av regnvatten. Metaller följer med och hamnar till sist i havet eller i flodernas sediment. Men mängderna är små. Även om mer tillförlitlig data saknas, visar olika mätningar på att enbart luftnedfallet är större än bortförsl med drän- och ytvatten.

Men genom vittringsprocesser i jordarna överförs oavbrutet metaller från mer svårslöslig till mer löslig/lättrörlig form.

Både vittringen och urlakningen ingår egentligen i den geologiska cykeln (se sid 2) och bör inte räknas in i balanserna för det moderna jordbruket. En del av luftnedfallet av metaller som järn och mangan m fl ingår troligen också i denna cykel och är inte av antropogent ursprung – till skillnad från exempelvis kadmium, bly och kvicksilver.

Ett annat fenomen är den transport som sker mellan matjordslagret och djupare jordlager. Vissa djuprötter hos vete kan bli över två meter långa och då kan mineraler omfördelas både upp och ned. Vatten som tränger ned kan också flytta substanser från matjorden längre ned.

III. Frågor som kräver särskild uppmärksamhet

Kadmium

Mängden kadmium i odlingsjorden är i dag så hög att ytterligare påslag måste förhindras, även om det måste ske till stora uppoffringar. Ökande halter i åkerjorden ger ökande halter i livsmedel och njurar. Idag är halterna så höga att njuvforskare anser det inte finnas någon marginal kvar – riskgrupper antas redan ha skador på sina njurar.

De har angivit att om vårt sammanlagda årliga intag av kadmium skulle öka från dagens 50 kg skulle öka med ett kilo till 51 kg, skulle detta efter hand öka förekomsten av njurskador med 2200 nya fall.

Det finns också beräkningar som visar sambandet mellan kadmiumhalten hos fosfor som används i veteodlingen och den väntade ökningen av antal fall av njurskada i framtiden.

Tabell 10

Estimated increase in the number of cadmium induced renal impairments after 100 years for the alternatives with different content of cadmium in phosphorus fertilisers in, through the effect on the content of cadmium in grain of winter wheat

	Million kg wheat flour, DM	Increase of Cd in grain, µg/kg DM	Increase of Cd in all wheat flour, kg	Renal dysfunctions per kg increase of Cd taken in	Estimated increase in total number of Cd induced renal dysfunctions
25 kg P applied per ha					
5 mg Cd per kg P	368	2.6	1.0	2,174	2,100
25 mg Cd per kg P	368	5.7	2.1	2,174	4,600
50 mg Cd per kg P	368	9.4	3.5	2,174	7,500
140 mg Cd per kg P	368	23.7	8.7	2,174	19,000

Källa: "The Economics of the Swedish Policy to Reduce Cadmium in Fertilisers", Lars Drake/Stefan Hellstrand, Oct 1997, KEMI, page 112

Comments 1. Assuming a dry matter (DM) content of 85% in flour, and that the increase of cadmium in grain equals the increase of cadmium in flour.

Anm. 2 Urin och avföring innehåller små mängder med oorganiskt material, det mesta är i stället organiska ämnen som bryts ned i marken. Men avloppsslam innehåller en rad oönskade oorganiska föroreningar, t ex rester från fällningskemikalier (aluminium och järn), rostflagor, asbest, däckdubbar, en del sand/jordpartiklar m m. Denna oönskade del är betydande, ca 50 procent av torrt slam består av sådant. Man säger att "glödresten" är 50 %. Men glödresten innebär också att det sker en viss volymökning av åkerjorden. Slamspridaren kan hävda att effekterna av tillförda metaller blir mindre genom detta, haltökningen i åkerjorden påstås bli mindre. Ett förorenat slam kan t o m påstås ha lägre halter av någon metall än åkerjorden om glödresten är särskilt stor.

Det är mycket viktigt att föroreningarna som utgör glödresten inte ingår vid beräkningar av påslag och halter i åkerjord.

Annars blir beräkningarna mer tilltalande ju mer förorenande fällningskemikalier och asbest som finns i slammet.

Enligt Erikssons undersökning fanns 2% fosfor i slammet i Stöde i Norrland, medan aluminium och järnhalten var över 17%.

Dessutom skall kadmium idag behandlas som *cancerframkallande*. Det innebär att linjära dos-risksamband råder för canceruppkomst, och intaget med födan måste hållas på lägsta möjliga nivå enligt ALARA-principen. Även om kadmiumhalter ligger under ett angivet gränsvärde skall vi ändå försöka pressa ned dem ytterligare. Vidare skall den planerade tillförseln av kadmium ha ett syfte, vara berättigad.

Vi måste alla under uppoffringar förhindra ytterligare tillförsel av kadmium till odlingsmarken – kvaliteten hos gödelsorter skall väljas så att påslaget blir det minsta möjliga. Detta förutsätts självklart. För vissa arealer bör i stället en sänkning komma till stånd, om nu detta blir möjligt. Av dessa skäl har inte några tolerabla påslag alls angivits för kadmium i tabellerna 5, 6 och 7. I denna fråga kommer patientföreningen de ”Njursjukas Förening” samt konsumenterna säkert att agera. De kommer att bevaka att påslaget blir det minsta möjliga.

Guld, silver och platina

Guld, silver och platina är ädla metaller, men man skall för den skulle inte tro att de är biokemiskt inerta. De kan alla tre påvisas i vårt blod/plasma. I detta sammanhang kan man påminna om att guld finns i vår föda och är därmed biologiskt rörligt. Guldsalter används vid behandling av reumatiska åkommor och har effekter på en rad organ i mycket låga halter.

Silver är en av de mest toxiska metallerna i vattenmiljön och används som biocid för att hindra växt av alger i vattentankar. Även för markens mikroorganismer är silver giftig.

Platina kan metyleras i likhet med kvicksilver, medan föreningen i detta fall anses 10 ggr giftigare än metylerat kvicksilver. Annars finns stora kunskapsluckor när det gäller dessa tre metaller, liksom metallerna i nästa avsnitt.

Andra sällsynta metaller

I rapporten ”Halter av 61 spårelement ...”, Jan Eriksson, SNV rapport 5148, framträder ett tidigare okänt scenario. En rad mer eller mindre okända element fördubblar snabbt sina halter i åkermarken vid slamspridning.

Krom anses behöva ett gränsvärde för att kunna kontrollera tillförseln med avloppsslam. Men följande element hade enligt undersökningen en snabbare haltökning i mark än krom:

Tabell 11

Beräknad fördubblingstid av metallhalter i åkermark vid slamspridning.

De högsta halter som uppmätts av Jan Eriksson har använts (worst case).

(Tillförsel 1 ton TS per ha o år.)

Element	Fördubl. tid år
Au	<3
Ag	11
Cu	30
Hg	31
W	33
B	41
Sb	44
Cd	53
Zn	84
Mo	90
Bi	130
In	<140
Sn	150

Ru	<180
Pd	220
Ni	245
Se	260
Te	<300
U	300
Rh	<400
Sr	430
Ir	<460
Pb	504
Pt	<630
Co	680
Cr	820

Även om det ”bästa slammet” (Mora) väljs i stället, kvarstår extremt korta fördubblingstider med jordbrukets tidsperspektiv, t ex guld 44 år, bor 41 år, koppar 160 år, silver 200 år osv.

Alla dessa element har hittills varit okontrollerade förutom de 7 traditionella metallerna. Krom kontrolleras men inte 19 andra element som ökar snabbare i åkerjorden. Detta är med dagens kunskap oförsvarligt.

Högriskgrupp av element: Ag, Bi, In, Pd, Pt, Sb, Se och Te

Samtidigt har några forskare vid Karolinska Institutet undersökt förekomsten av denna typ av grundämnen i blod och serum. ("Screening för nya metaller i humanbiologiska prover", Berglund et al 2000). De säger bl a:

"Under 1980- och 90-talet har en ökad global användning av ett antal nya metaller och element skett.

Det gäller såväl "nya" element som nya användningsområden för "gamla" element. Som exempel kan nämnas framför allt indium och antimon (In, Sb) men även gallium, germanium och arsenik (Ga, Ge, As) inom elektronikindustrin (s.k. halvledarmetaller), Sb i flamskyddsmedel samt platina och palladium (Pt, Pd) i katalysatorer. Biltrafik är även en källa till antimon, barium, tellur, volfram, koppar och zink (Sb, Ba, Te, W, Cu och Zn), framför allt från bildäck, bromsbelägg och genom korrosion.

Återvinningsgraden för dessa element är generellt låg, men för vissa element finns det ekonomiska incitament för uppärbetning, t ex för Pd i elektronik. Vid förbränning och uppärbetning av metallinnehållande produkter sker en diffus spridning till miljön.

Vår kännedom om hur dessa element introduceras i biosfären och sprids i miljön, hur exponeringen ser ut i den allmänna befolkningen och i eventuella riskgrupper, vilka risker detta kan medföra samt vilka exponeringsnivåer som är mätbara i humanbiologiska media med dagens analysteknik är okänt.

Svenska Miljöinstitutet AB IVL (IVL) har nyligen analyserat och redovisat svensk konsumtion, användningsområden, trender, återvinningsgrad, samt kritiska produkter, processer och verksamheter för miljöspridning (inklusive fossila bränslen). De har gjort en jämförelse av naturliga och antropogent påverkade flöden i ekosystemen för 18 element (Ag, As, Ba, Be, Bi, Ga, Ge, In, Li, Pd, Pt, Sb, Se, Ta, Te, Ti, Tl och V; Sternbeck och Östlund, 1999). Efter en sammanvägning av samtliga faktorer ovan plus geokemiska och toxiska egenskaper för elementen har en "högriskgrupp" omfattande **Ag, Bi, In, Pd, Pt, Sb, Se och Te** urskiljts."

Dessa högriskmetaller jämförs nu med fynden i Jan Erikssons studie. Det visar sig att elementen i ovanstående högriskgrupp finns bland de element som har höga halter i slammet. Deras halter ökar

på slamspridd åker och de saknar dessutom gränsvärden. Det finns stora kunskapsluckor när det gäller dessa metaller liksom för guld, silver och platina.

Luftnedfall

Läget kompliceras genom nedfallet av metaller från lufthavet. I Jan Erikssons rapport anges storleken på det årliga luftnedfallet genom nederbörden. Om detta jämförs med det tolerabla påslaget per år enligt tabell 7, ser vi att för vissa metaller tecknar luftnedfallet in en betydande del. Metaller, där påslaget intecknas med mer än 20 procent, anges med ett kryss. Om luftnedfallet tecknar in mer än hela det tolerabla påslaget anges detta med två kryss. I det senare fallet hamnar vi i en svår situation. Hur skall vi bete oss?

Tabell 12

Storleken på luftnedfallet jämförs med tolerabla påslaget enl tabell 7.

X betyder att minst 20 procent intecknas. XX betyder att mer än hela tolerabla påslaget intecknas

Element	Nederbörd g per ha	Tolerabelt årligt påslag g per ha	
Ag	0,4	0,18	xx
As	1,8	6	x
Au	0,071	0,01	xx
B	18	8	xx
Ba	8	950	
Be	0,014	2	
Bi	0,033	0,245	
Cd	0,39		
Ce	0,34	95	
Co	0,19	11	
Cr	2,5	34	
Cs	0,074	2,65	
Cu	10	26,5	x
Dy	0,018	6,5	
Er	0,009	3,45	
Eu	0,0056	1,25	
Ga	0,085	14	
Gd	0,025	5,5	
Ge	0,12	29	
Hf	0,011	12	
Hg	0,25	0,065	xx
Ho	0,0034	1,35	
In	0,011	<0,06	
Ir	0,25	<0,06	xx
La	0,2	50	
Li	0,58	26	
Lu	0,0012	0,6	
Mn	17	650	
Mo	0,4	0,9	x
Nb	0,023	19	
Nd	0,14	45	

Ni	3,6	20,5
Pb	17	27,5x
Pd	0,011	<0,06
Pr	0,042	12
Pt	0,25	<0,06 xx
Rb	1,3	180
Re	0,002	<0,06
Rh	0,011	<0,06
Ru	0,011	<0,06
Sb	0,8	0,39xx
Sc	0,042	15,5
Se	1,7	0,365xx
Sm	0,03	7
Sn	60	2,8xx
Sr	12	255
Ta	0,0015	1,65
Tb	0,0035	0,75
Te	0,022	<0,125
Th	0,024	12,5
Ti	4,2	5500
Tl	0,083	0,365
Tm	0,0014	0,5
U	0,021	7
V	5,7	110
W	0,12	2,05
Y	0,1	42
Yb	0,0069	4,6
Zn	110	100xx
Zr	0,25	480

Fosfor

En framtida brist på fosfor har anförts som ett viktigt argument för att i jordbruket använda olika former av samhällsavfall som innehåller fosfor. Frågan måste dock ges rimliga proportioner.

Vår svenska åkermark är mycket väl uppgödslad med fosfor och det finns ingen kris härvidlag. Vi kan mycket väl låta uppbyggandet av ett nytt system för omhändertagande av ren växtnäring ta några årtionden i anspråk, utan att under tiden behöva sprida förorenad växtnäring.

Vidare är fosfortillgångarna enorma på vår planet, och fosfor är ett av de elva vanligaste grundämnena i jordskorpan. Detta grundämne kan inte ”ta slut”, men väl hamna på fel ställe genom felriktade flöden. Den som angivit att fosfortillgångarna kommer att ”ta slut”, baserar i regel detta på en egen diskutabel definition av tillgångarna, där man i huvudsak avser de fyndigheter som redan har en hanteringsanläggning och ligger vid en hamn. Bara i detta fall anses fyndigheterna ”brytvärda”.

Fosfortillgångar

(Ungefärliga uppgifter)

Årlig global förbrukning	20 Mt
Tillgängliga anläggningar	3.300 Mt
Potentiella anläggningar	8.500 Mt
Kända fyndigheter	18.000 Mt
Havsvattnet	100.000 Mt

Havens sediment		100.000.000 Mt	

Om vi likt oljeindustrin skulle uppsöka havsbotten och sedimenten, finns där enorma mängder fosfor.

Men det viktigaste argumentet mot denna konstruerade krisstämning, är det faktum att en stor del av fosforbehovet i vårt jordbruk beror på det s k strukturfelet (se sid 13). Skulle fosfor i djurgårdarnas gödsel återföras till spannmålsodlingen, skulle behovet av konstgödsel minska betydligt.

Om det skulle uppstå en konflikt mellan kravet att hålla kadmiumhalten oförändrad i livsmedlen och ambitionen att återanvända förorenad fosfor, måste kadmiumfrågan ha företräde.

F ö tycks inte förbrukningen av exempelvis fossila bränslen eller kärnbränsle – som till skillnad från fosfor verkligen kommer att ta slut – kunna frammana en liknande krisstämning?

Forskaren P Crowson (1996) anger exempelvis följande statistiska livslängd för en rad ämnen: fosfor 107 år, olja 40 år, naturgas 60 år, arsenik 25 år, guld 26 år, bly 25 år, silver 20 år, svavel 27 år, tenn 37 år och zink 20 år. När det gäller fosfor säger han: "World resources are immense. Large deposits have been identified on the continental shelves and on sea mounts."

Forskaren Håkan Jönsson SLU (2002) har visat att den svavel som används vid framställningen av fosforgödsel är en större bristvara än själva råfosfaten.

IV. Några exempel på tillämpningar av kraven

Här följer exempel på hur ovanstående krav kan tillämpas på några organiska restprodukter.

Exempel 1

Ett godkänt slam

Vi granskar ett slam som uppfyller Naturvårdsverkets hittillsvarande *gränsvärden*. Hur stämmer detta med Referensnivå C med påslag enl tabell 5?

Tabell 13

Naturvårdsverkets gränsvärden för slam

Element mg/kg ts mg/kg P Referensvärde C
med påslag

Pb	(100)	4000	32,1
Cd	(2)	80	
Cu	(600)	24000	1607,1
Cr	(100)	4000	32,1
Hg	(2,5)	100	6,4
Ni	(50)	2000	139,3
Zn	(800)	32000	9214,3
Li			18,2
Al			12857,1
Mn			4821,4
Fe			16071,4
Co			11,8
Ge			4,3
As			128,6

Se			61,1
Sr			1500
Mo			128,6
Sn			2571,4
Sb			3,2
Ba			567,9
Au			1,1
Pb			2,1
Bi			0,4
Ag			7,5

(Fosfor 2,5 procent)

Exempel 2

Ett normalt svenskt slam

(Enl Jan Erikssons undersökning)

Tabell 14

mg/kg P Referensvärde C
med påslag

Pb	1270	32,1
Cd	43	
Cu	13000	1607,1
Cr	1180	32,1
Hg	36	6,4
Ni	667	139,3
Zn	20600	9214,3
Li	148	18,2
Al	1480000	12857,1
Mn	8480	4821,4
Fe	1810000	16071,4
Co	251	11,8
Ge	146	4,3
As	167	128,6
Se	49	61,1
Sr	6970	1500
Mo	233	128,6
Sn	788	2571,4

Sb		3,2
	103	
Ba	10909	567,9
Au	30	1,1
Pb	5	2,1
Bi	30	0,4
Ag		7,5
	300	

(Fosfor 3,3 procent)

Exempel 3

”Det bästa slammet”

I Jan Erikssons undersökning är det slammet i Mora som står för de flesta värdena av de lägsta uppmätta halterna i Sverige.

Tabell 15

Mora Referensvärde C
Slam med påslag
(mg/kg P)

Pb	1773	32,1
Cd	41	
Cu	15000	1607,1
Cr	773	32,1
Hg	13	6,4
Ni	409	139,3
Zn	21455	9214,3
Li	45	18,2
Al	2860000	12857,1
Mn	2091	4821,4
Fe	182000	16071,4
Co		11,8
	86	
Ge		4,3
	50	
As		128,6
	77	
Se		61,1
	24	
Sr	1409	1500
Mo		128,6
	150	
Sn		2571,4
	864	
Sb		3,2
	55	
Ba	5409	567,9
Au		1,1
	20	
Pb		2,1
	2	
Bi		0,4
	33	

Ag	82	7,5
----	----	-----

(Fosfor 2,2 procent)

Exempel 4

”Svartvattenkvalitet”

I diskussionen om hur ett uthålligt system för växtnäring återföring skall se ut, har man menat att ”svartvattenkvalitet” skulle kunna vara en referens för *ren växtnäring*. Med svartvatten menas det avloppsvatten som kommer från wc-stolar, dvs urin, avföring samt spolvatten med sina metaller. Företaget Envysis har i projektet ”ReVAQ” angivit följande metallhalter för svartvatten i ts och detta omräknas till halt i fosfor.

Tabell 16

”Svartvatten ReVAQ”

mg/kg ts mg/kg P Referensvärde C
med påslag

Pb	(8,8)	356,3	32,1
Cd	(0,43)	17,4	
Cu	(97)	3927,1	1607,1
Cr	(5,8)	234,8	32,1
Hg	(0,51)	20,6	6,4
Ni	(9,5)	384,6	139,3
Zn	(403)	16315,8	9214,3
Li			18,2
Al			12857,1
Mn			4821,4
Fe			16071,4
Co			11,8
Ge			4,3
As			128,6
Se			61,1
Sr			1500
Mo			128,6
Sn			2571,4
Sb			3,2
Ba			567,9
Au			1,1
Tl			2,1
Bi			0,4
Ag			7,5

(Fosfor 2,47 procent)

Exempel 5

Urinseparerad växtnäring

Vid SLU har Jönsson, Burström, Svensson och Vinnerås undersökt metallhalterna i de tre områdena Hushagen, Understenshöjden samt Palstenackan. (Rapport 228 och Meddelande 98-05)

Tabell 17 Urinseparerad växtnäring (mg/kg P)

Element	Område 1	Område 2	Område 3	Referensvärde C med påslag
Pb	140	32	88	32,1
Cd	7	3	4	
Cu	1748	7987*	9740*	1607,1
Cr	42	61	65	32,1
Hg	7	1	1	6,4
Ni	70	195	71	139,3
Zn	1119	639	1688	9214,3
Li				18,2
Al				12857,1
Mn	35	118	15	4821,4
Fe	350	1246	1299	16071,4
Co				11,8
Ge				4,3
As				128,6
Se				61,1
Sr				1500
Mo	70	115	65	128,6
Sn				2571,4
Sb				3,2
Ba				567,9
Au				1,1
Tl				2,1
Bi				0,4
Ag				7,5

* Beror på bidrag från kopparrör, pers kommunikation H Jönsson SLU. Det är dock enl tabellen, se område 1, möjligt att uppnå halten 1748 mg/kg P.

Tabell 18

Sammanställning av metallhalt i fosfor enligt tabell 13 - 17

	Slamgräns- värdet 2000 (2,5 % P i ts)	"Normalt slam"	"Bästa slammet"	"Svart- vatten"	Urinsepare- ring omr 3	Referensvär- de C med påslag	Urin och avföring (Referensvär- de C)
	mg/kg P				de C)		
Pb	4000	1270	1773	356,3	88	32,1	21,4
Cd	80	43	41	17,4	4		10,7
Cu	24000	13000	15000	3927,1	9740*	1607,1	1071,4
Cr	4000	1180	773	234,8	65	32,1	21,4
Hg	100	36	13	20,6	1	6,4	4,3
Ni	2000	667	409	384,6	71	139,3	92,9
Zn	32000	20600	21455	16315,8	1688	9214,3	6142,9
Li		148	45			18,2	12,1

Al		1480000	2860000			12857,1	8571,4
Mn		8480	2091		15	4821,4	3214,3
Fe		1810000	182000		1299	16071,4	10714,3
Co		251	86			11,8	7,9
Ge		146	50			4,3	2,9
As		167	77			128,6	85,7
Se		49	24			61,1	40,7
Sr		6970	1409			1500	1000,0
Mo		233	150		65	128,6	85,7
Sn		788	864			2571,4	1714,3
Sb		103	55			3,2	2,1
Ba		10909	5409			567,9	378,6
Au		30	20			1,1	0,7
Pb		5	2			2,1	1,4
Bi		30	33			0,4	0,3
Ag		300	82			7,5	5,0

* Beror på bidrag från kopparrör, pers kommunikation H Jönsson SLU. Det är dock enl tabell 17, se område 1, möjligt att uppnå halten 1748 mg/kg P.

Balans

De som idag sysslar med återföring av växtnäringsämnen, är eniga om att balans skall råda mellan tillförsel och bortförsl av metaller hos vår åkermark. (Luftnedfall resp bortförsl med vatten antas balansera varandra).

Tabell 19

Av Naturvårdsverket godtagen årlig tillförsel av metaller med slam jämförd med bortförsel med spannmål enl Jan Erikssons rapport.

Element	Naturvårdsverkets gränsvärden för årlig tillförsel (1994)	Bortförsel med Vetekärna	Obalans ggr
	g per ha o år	g per ha o år	
Ag		0,003	
As		0,19	
Au		0,003	
B		4,5	
Ba		29	
Be		0,003	
Bi		0,002	
Cd	0,75	0,21	4
Ce		0,022	
Co		0,029	
Cr	40	0,066	600
Cs		0,013	
Cu	300	28	11
Dy		0,0006	
Er		0,002	
Eu		0,007	
Ga		0,07	
Gd		0,0011	
Ge		0,02	
Hf		0,0024	
Hg	1,5	0,7	2
Ho		0,007	
In		0,008	
Ir		0,009	
La		0,011	
Li		0,47	
Lu		0,007	
Mn		160	
Mo		6,5	
Nb		0,006	
Nd		0,008	
Ni	25	1	25
Pb	25	0,044	570
Pd		0,007	
Pr		0,002	
Pt		0,001	
Rb		17	
Re		0,00065	
Rh		0,007	
Ru		0,007	
Sb		0,003	

Sc		0,007	
Se		0,094	
Sm		0,001	
Sn		0,5	
Sr		16	
Ta		0,009	
Tb		0,007	
Te		0,007	
Th		0,005	
Ti		1,1	
Tl		0,001	
Tm		0,001	
U		0,001	
V		0,014	
W		0,036	
Y		0,005	
Yb		0,001	
Zn	600	160	4
Zr		0,053	

Tabell 20

Tolerabel obalans

Här utgår vi från att det under en begränsad tid sker en tolerabel ökning av åkerns metallhalter i enlighet med tabell 7.

Element	Naturvårdsverkets gränsvärden för årlig tillförsel (1994) g per ha o år	Tolerabelt årligt påslag g per ha o år	Tolerabel obalans överskriden ggr
Ag		0,036	
As		1,2	
Au		<0,002	
B		1,6	
Ba		190	
Be		0,4	
Bi		0,049	
Cd	0,75	0	Oändligt antal
Ce		19	
Co		2,2	
Cr	40	6,8	6
Cs		0,53	
Cu	300	5,3	57
Dy		1,3	
Er		0,69	
Eu		0,25	
Ga		2,8	
Gd		1,1	
Ge		5,8	
Hf		2,4	
Hg	1,5	0,013	120
Ho		0,27	

In		<0,012	
Ir		<0,012	
La		10	
Li		5,2	
Lu		0,12	
Mn		130	
Mo		0,18	
Nb		3,8	
Nd		9	
Ni	25	4,1	6
Pb	25	5,5	5
Pd		<0,012	
Pr		2,4	
Pt		<0,012	
Rb		36	
Re		<0,012	
Rh		<0,012	
Ru		<0,012	
Sb		0,078	
Sc		3,1	
Se		0,073	
Sm		1,4	
Sn		0,56	
Sr		51	
Ta		0,33	
Tb		0,15	
Te		<0,025	
Th		2,5	
Ti		1100	
Tl		0,073	
Tm		0,1	
U		1,4	
V		22	
W		0,41	
Y		8,4	
Yb		0,92	
Zn	600	20	30
Zr		96	

Total årlig mängd metaller i det svenska slammet jämförd med total mängd i urin och avföring.

Total årlig mängd i slammet fås genom att använda det viktade medelvärdet för metallhalterna enl Jan Erikssons undersökning för 250.000 ton TS. Total årlig mängd i urin och avföring fås från tabell 4.

Tabell 21

Element	Totalt i svenskt slam kg	Totalt i urin och avföring kg	Obalans ggr
Ag	2500	23,1	108
As	1375	396	3
Au	250	3,3	76
B	16250		
Ba	90000	1749	51
Be	150		
Bi	250	1,32	189
Cd	350	49,5	7
Ce	7250		
Co	2075	36,3	57
Cr	9750	99	98
Cs	175		
Cu	107500	4950	22
Dy	350		
Er	225		
Eu	67,5		
Ga	725		
Gd	600		
Ge	1200	13,2	91
Hf	250		
Hg	300	19,8	15
Ho	87,5		
In	45		
Ir	10		
La	5000		
Li	1225	56,1	22
Lu	37,5		
Mn	70000	14850	5
Mo	1925	396	5
Nb	1100		
Nd	2750		
Ni	5500	429	13
Pb	10500	99	106
Pd	40		
Pr	750		
Pt	10		
Rb	4000		
Re	10		
Rh	11		
Ru	21,75		

Sb	850	9,9	86
Sc	675		
Se	400	188,1	2
Sm	450		
Sn	6500	7920	1
Sr	57500	4620	12
Ta	210		
Tb	80		
Te	42,5		
Th	475		
Ti	450000		
Tl	40	6,6	6
Tm	45		
U	2750		
V	4500		
W	2475		
Y	2500		
Yb	220		
Zn	170000	28380	6
Zr	9250		

Avloppsslammet i Sverige blir alltmer förorenat

Här följer en jämförelse mellan de viktade medelvärdena för 7 metaller vid tre tillfällen fram till den senaste stora undersökningen.

Tabell 22

Metall 1995 1998 2000 (mg/kg ts)

Pb	42	35	42
Cd	1,5	1,2	1,4
Cu	394	394	430
Cr	34	36	39
Hg	1,3	1,1	1,2
Ni	17	18	22
Zn	537	545	680

1998 SCB rapport "Mi 22 SM 9901"

2000 "Halter av 61 spårelement ---" SNV Rapport 5148

Resultatet kan tolkas på följande sätt. De mest vinstgivande åtgärderna för att pressa ned metallhalter hos industrins avloppsvatten är redan genomförda. I stället möter vi det faktum att allt större mängder av jordskorpan mineraler har flyttats upp till biosfären genom gruvdriften och finns inbyggda i våra konstruktioner.

Det finns nu en ständigt växande metallklump av gruvutvunna ämnen i vårt samhälle som eroderar och bidrar med en ökande mängd metaller som följer med vattnets kretslopp. Allt mer metaller kommer från följande källor eftersom denna mängd hela tiden ökar:

Bilar, biltvättar, byggnader, tak, stuprör, avfallsupplag, verktyg, elledningar, vattenledningar, antenner etc etc. Med detta synsätt är det närmast en orimlighet att tro att slammet samtidigt skulle bli allt mindre förorenat av metaller – i stället hamnar vi i en återvändsgränd och förlorar tid. En framkomlig väg är att snarast påbörja utbyggnaden av ett system där växtnäringsämnena avskiljs från denna ökande mängd eroderade metaller.(Källseparering).

Anm. Det är fler reningsverk i materialet för år 2000, som i huvudsak utgörs av mindre verk. Men det är de stora verken som sätter prägel på ett viktat medelvärde, så jämförelsen bör ändå ha relevans. Ett stort antal viktiga metaller saknas i denna jämförelse.