

*Statens Planteavlslaboratorium (Aage Henriksen)**Bakteriologisk afdeling (T. Vincents Nissen)*

Indvirkning af bly på jordbundens mikrobiologiske aktivitet

Effect of lead on the microbiological activity in soil

Jens Peter Mikkelsen

Resumé

Kuldioxidproduktionen er målt i tre jorder efter tilsætning af 0, 100, 1000 og 5000 ppm bly i form af blynitrat. I sandjorder fra Jyndevad og Askov blev den mikrobiologiske aktivitet hæmmet i henholdsvis 10–12 og 12–14 dage efter tilsætning af 5000 ppm bly; derimod fandtes ingen hæmning i en lermuldet jord fra Roskilde.

I to af de anvendte jorder (Askov og Roskilde) undersøgte, hvor stor en del af det tilsatte bly der fandtes som vandopløseligt, lettere bundet (ekstraktion med ammoniumacetat, pH = 4,35) og stærkt bundet (ekstraktion med 2 n salpetersyre). Der fandtes et betydeligt større indhold af vandopløseligt bly i Askov-jorden end i Roskilde-jorden, specielt i den første tid efter tilsætning af 5000 ppm bly.

Sideløbende kimtalsbestemmelser i de to jorder viste reduktion af såvel bakterie- som svampetal efter tilsætning af 5000 ppm bly og inkubering i 10 dage ved 25°C. Reduktionen var kraftigst i Askov-jorden.

Summary

The production of CO₂ has been measured after addition of 0, 100, 1000 and 5000 ppm lead (as nitrate) to three Danish soils (two sandy soils and one clay soil). The microbiological activity was inhibited for 10–14 days in the two sandy soils at an addition of 5000 ppm lead, but not in the clay soil. Extraction experiments indicated that the sandy soil has the greatest amount of slight soluble lead, and the content of heavy adsorbed lead was greatest in the clay soil. Determinations (counts) of the effect of lead on the microbial population has shown reduction of the number of microorganisms at addition of 5000 ppm lead. The reduction was greatest in the sandy soil.

Indledning

Miljøforureningen med tunge metaller, herunder bly, skyldes dels luftens indhold af udstødningsgas fra motorkøretøjer og fly, samt fra andre forbrændingsprocesser, dels indholdet i affald og spildevand fra industri og husholdninger.

Der tilsættes ætylbly til benzin for at opnå

en effektiv motorfunktion. Benzinens tilsætning af ætylbly omdannes ved forbrændingen til partikler af blyklorid og blybromid, og der kan påvises spor af ætylblyet i udstødningsgas. Partiklerne af blyklorid og blybromid er kun 1–5 μ store og kan i svævende tilstand spredes i luften. Almindeligvis tilsættes ca. 0,5 gram ætylbly

pr. liter benzin, hvilket med et benzinforbrug på 1,5 mill. tons svarer til ca. 1000 tons bly pr. år for Danmarks vedkommende. (*Forureningsrådet*, 1971). U.S.A.'s forbrug af bly i benzin var i året 1970 250.000 tons, og det globale forbrug var 350.000 tons (*Hepple*, 1971). Hovedparten af bly fra bilernes udstødningsgas deponeres dog i jorden inden for en relativ kort afstand fra vejene. *Singer og Hansson* (1969) fandt således, at indholdet af bly (kogt i konc. salpetersyre derefter konc. svovlsyre + perchlorsyre) varierer fra 128–700 ppm inden for en afstand af 15 m fra amerikanske motorveje. *Wiklander* (1970, 1971) angav værdier fra 12–117 ppm ammoniumacetat-opløseligt bly og fra 69–425 ppm salpetersyre-opløseligt bly i nærheden af stærkt trafikerede veje ved Göteborg. Stigningen i jordens blyindhold aftog med afstanden og ophørte ca. 45 m fra vejene.

Men også generelt er atmosfærens indhold af bly stigende; gennem de sidste 20 år er blykoncentrationen i sne på Grønland således tredoblet (*Murozumi et al.* 1969).

Spildevand fra bysamfund og industri indeholder foruden organiske og uorganiske stoffer en del tungmetaller, bl. a. bly. I spildevandsrensningsanlæg går en del af blyet med det rensede vand ud i recipienten; resten holdes tilbage i slammet. Indholdet af bly er forskelligt fra anlæg til anlæg. *Pauly* (1972) fandt fra danske rensningsanlæg, at blyindholdet i slam varierer fra 150–550 ppm (mg pr. kilo tørstof). *Mølleåkværket Lyngby* (1973) angiver blyindhold i industribelastet spildevand op til 2450 ppm. *Pauly* (1973) fandt værdier helt op til 3500 ppm i slam.

Fra de bestående rensningsanlæg produceres allerede betydelige slammængder, og den fortsatte udbygning af anlæggene vil føre til en væsentlig øgning af disse mængder. Ud fra et samfundsmæssigt synspunkt vil det være naturligt at udnytte de betydelige mængder af gødningsstoffer, som findes i slam, ligesom indholdet af organisk stof kan have betydning som jordforbedringsmiddel på en række lokaliteter.

Men som nævnt indeholder slam også større eller mindre mængder af en række uønskede stoffer, bl. a. bly. Der er følgelig en række spørgsmål, som må undersøges, før slam anvendelse i jordbruget generelt tør anbefales. Blandt disse er spørgsmålet om den eventuelle skadelige indvirkning af bly på jordbundens normale mikroflora.

Nærværende undersøgelse har haft til formål at bidrage til klarlæggelse af dette spørgsmål i særdeleshed, men har også relation til den stigende blyforurening fra atmosfæren i almindelighed.

Forsøgsteknik

ANVENDTE JORDER:

Ved undersøgelsen blev der anvendt tre forskellige jorder, som er udtaget fra pløjelaget. De udvalgte jorder er nr. 18 a, St. Jynde vad forsøgsstation (smeltevandssand, ukalket), nr. 20 a, Roskilde forsøgsstation (let lermuld) og nr. 51 a, Askov forsøgsstation (sandmark). Numrene henviser til jordarkivet (*Lamm*, 1971).

I tabel 1 er der oversigt over forskellige analysedata for de nævnte jorder.

Tabel 1. Oversigt over forskellige analysedata for de anvendte jorder
pH and texture of the soils used in the experiments

Jord nr.	pH (H ₂ O)	%				
		Ler	Silt	Fin-sand	Grov-sand	Humus
18 a	4,4	3,5	3,6	16,9	74,0	2,0
20 a	6,7	11,9	18,4	41,8	25,5	2,4
51 a	6,8	4,1	4,7	30,9	59,2	1,1

Metoder

Måling af kuldioxidproduktionen i jord efter tilførsel af blynitrat.

Måling af kuldioxidproduktionen i jord blev foretaget efter *Petersens* metode (1926). De til undersøgelsen anvendte jorder blev lufttørret og sigtet. Derefter blev de fugtet med følgende vandmængder:

Roskilde	9 ml vand pr. 100 g lufttør jord
Jyndevad	18 ml vand pr. 100 g lufttør jord
Askov	11 ml vand pr. 100 g lufttør jord

Ekstraktion af tilsat bly fra jord

Formålet med de udførte bestemmelser er at følge og kontrollere, hvor meget bly, der er frit i opløsning, lettere bunden eller fastbunden i jorden, under inkuberingsforsøgene. Til

Yderligere blev der pr. 100 g jord tilsat:

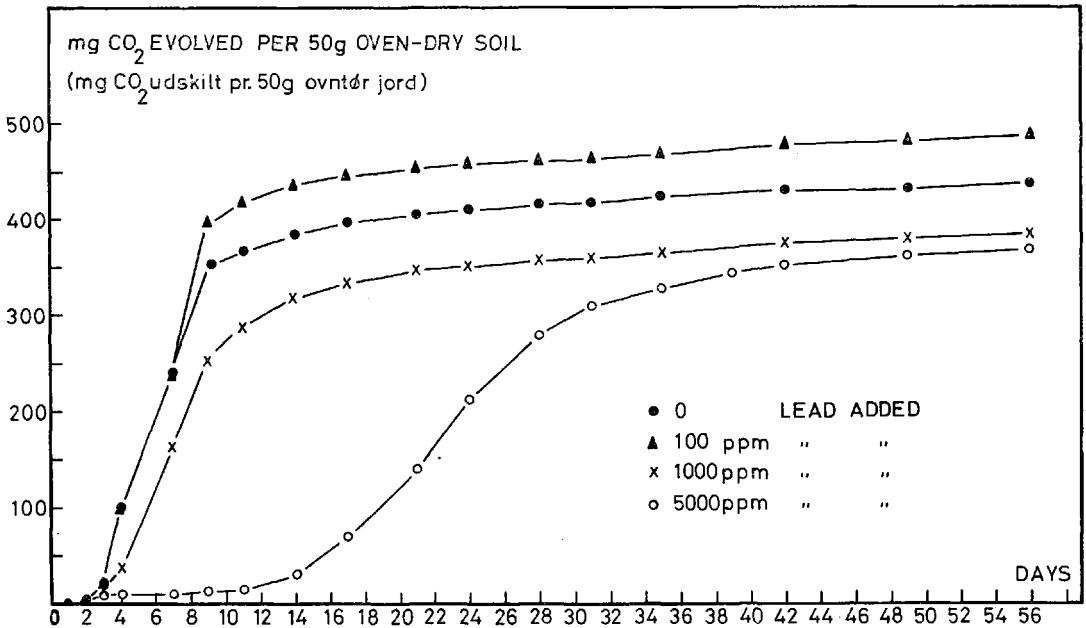
0 ppm Pb:	1 g glucose + 114,4 mg ammoniumnitrat
100 ppm Pb:	1 g glucose + 110,5 mg ammoniumnitrat + 16,0 mg blynitrat
1000 ppm Pb:	1 g glucose + 75,8 mg ammoniumnitrat + 159,9 mg blynitrat
5000 ppm Pb:	1 g glucose + 0 mg ammoniumnitrat + 799,3 mg blynitrat

Den samlede mængde af tilsat kulstof og kvælstof er beregnet således, at C/N-forholdet i tilsætning er 10/1. Det bør bemærkes, at ved tilsætning af 5000 ppm Pb er den samlede mængde af kvælstof fra Pb (NO₃)₂ større end den mængde, der i henhold til C/N-forholdet burde tilsættes jorden.

Ved forsøget er der foretaget tre fællesbestemmelser.

undersøgelsen er anvendt to forskellige jorder, Roskilde (20 a) og Askov (51 a). Efter fugtning og tilsætning af bly og næringsstof (se ovenfor) blev de inkuberet i 250 ml mælkeflasker ved 25°C i 6 uger. 4 gange i forsøgstiden udtoges prøver til ekstraktion af bly, der blev udført som nedenfor anført.

Analysen er udført således: Den fugtige jord lufttørres i et døgn og findeles i en morter.



Figur 1. Total CO₂-udskillelse fra Jyndevad-jord efter tilsætning af 0, 100, 1000 og 5000 ppm bly. Alle led tilsat glucose og ligeledes NH₄NO₃ undtagen det sidste led.

Total CO₂ evolved from Jyndevad-soil after addition of 0, 100, 1000 and 5000 ppm lead. To all parts were added glucose and also NH₄NO₃ except for the last part.

Der afvejes 5 g i et centrifugeglas, og tilsættes ca. 75 ml destilleret vand, hvorpå jordsuspensionen rystes i 1 time på rysteapparatet og bagefter centrifugeres. Udtrækning med vand blev gentaget 2 gange. Filtreringen foregik gennem et filter ned i en kolbe. Derefter blev den samme prøve ekstraheret med 1 M $\text{NH}_4 \text{Ac} + \text{HAc}$ (pH = 4,35) og til sidst kogt med 2 M HNO_3 i en time. Det ekstraherede bly analyseres med atomabsorptionspektrofotometer. Metoden er angivet af Wiklander (1970), men tilpasset nærværende undersøgelser.

Resultater

Kulsyreundersøgelse

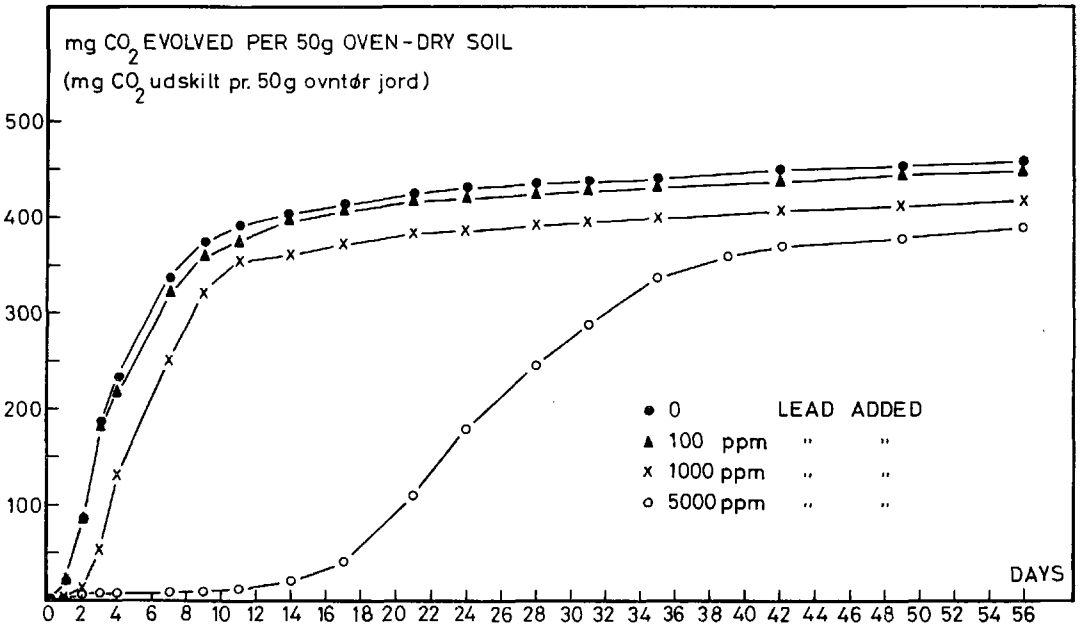
På figurerne 1, 2 og 3 ses den samlede mængde af udviklet kuldioxid som funktion af tiden, udtrykt i mg CO_2 pr. 50 g ovntør jord. Forsøget varede i 56 dage ved 25°C .

Figur 1 viser virkningen af forskellige mængder af bly i Jyndevad-jorden. Det fremgår af

figuren, at tilsætningen af 100 ppm bly ikke er hæmmende på produktionen af kuldioxid. Ved tilsætning af 1000 ppm bly ses en svag, men næppe signifikant hæmning i produktionen af kuldioxid. Men ved tilsætning af 5000 ppm bly ses en kraftig hæmning af kuldioxidproduktionen, en reduktion, som først begynder at ophæves efter 10–12 dage.

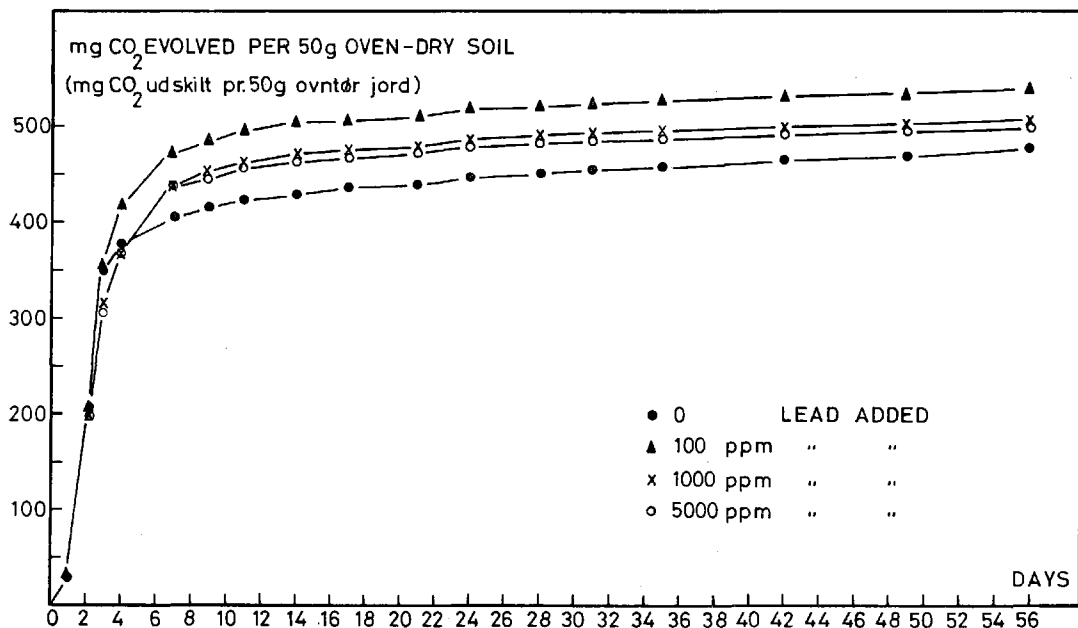
Figur 2 viser de tilsvarende resultater for Askov-jord. Det ses igen, at tilsætning af 100 ppm bly ikke bevirker hæmning af CO_2 -produktionen. Her giver tilsætningen af 1000 ppm bly heller ingen signifikant hæmning. Ved tilsætning af 5000 ppm bly ses en kraftig hæmning (med varighed 12–14 dage) af produktionen af kuldioxid.

Det fremgår klart af figur 3, at produktionen af kuldioxid i jorden fra Roskilde ikke hæmmes ved tilsætning af 100, 1000 og 5000 ppm bly. Forsøget viser altså, at kun i sandjord (Jyndevad og Askov) har en tilsætning



Figur 2. Total CO_2 udskillelse fra Askov-jorden efter tilsætning af 0, 100, 1000 og 5000 ppm bly. Alle led tilsat glucose og ligeledes NH_4NO_3 undtagen det sidste led.

Total CO_2 evolved from Askov-soil after addition of 0, 100, 1000 and 5000 ppm lead. To all parts were added glucose and also $\text{NH}_4 \text{NO}_3$ except for the last part.



Figur 3. Total CO₂-udskillelse fra Roskilde-jorden efter tilsætning af 0, 100, 1000 og 5000 ppm bly. Alle led tilsat glucose og ligeledes NH₄NO₃ undtagen det sidste led.

Total CO₂ evolved from Roskilde-soil after addition of 0, 100, 1000 and 5000 ppm lead. To all parts were added glucose and also NH₄NO₃ except for the last part.

af 5000 ppm bly en hæmmende virkning på jordbundens kuldiioxidproduktion.

Ekstraktion af bly fra to jorder (Askov og Roskilde)

I tabel 2 og 3 anføres ekstraktionsresultaterne for 0, 2, 4 og 6 uger (lodrette kolonner) med fire koncentrationer af bly, tre ekstraktionsmidler og to jorder (Roskilde og Askov). Under kolonnen for ekstraheret bly er resultaterne fra de tre enkelte ekstraktionsmidler adderet, og for hver uge kan de fundne mængder bly sammenlignes med de tilsatte mængder plus jordens eget indhold af bly. Differencen mellem dobbeltbestemmelser er angivet.

På tabellerne er der nogle steder markeret en streg (-), som betyder, at der kun er foretaget enkeltbestemmelser. Af tabel 2 og 3 ses, at ved tilsætning af 100, 1000 og 5000 ppm bly og derefter ekstraktion med vand fås gennemgående mere bly fra Askov-jorden end fra Roskilde-jorden. Ved tilsætning af 5000 ppm

bly kan der med vand ekstraheres en blymængde på 120–1400 ppm fra Askov-jorden (tabel 2). Derimod kan der fra Roskilde-jorden (tabel 3) efter tilsætning af 5000 ppm bly kun ekstraheres en blymængde på 13–48 ppm med vand. Ved ekstraktion med eddikesyre + ammoniumacetat (se tabel 2) findes, at de let bundne blyfraktioner i jorden fra Askov ligger omkring 70–90 pct. af den totale mængde bly, der er genfundet. Dette gælder kun for tilsætning af 1000 og 5000 ppm bly. Ved tilsætning af 100 ppm bly er den totale genfindelse langt mindre end rimeligt ud fra de øvrige resultater. Det skyldes formentlig forsøgsfejl.

Tabel 3 viser, at de let bundne blyfraktioner i jorden fra Roskilde ligeledes ligger på omkring 70–90 pct. i forhold til den totale mængde bly, der er genfundet.

Ved sammenligning med indholdet af det tungt bundne bly (ekstraktion med salpetersyre) ses af tabel 2 og 3, at Askov-jorden har mindre indhold af tungtbundet bly end Ros-

Tabel 2. Ekstraherede blymængder i ppm fra sandjord (Askov) efter 0, 2, 4 og 6 ugers reaktionstid med stigende blytilsætning. Gns. af dobbeltbestemmelser og differencer mellem bestemmelserne
Extractable amounts of lead in ppm from sandy soil (Askov) after 0, 2, 4 and 6 weeks reaction time with increasing addition of lead. Average of double determinations and differences between determinations

Tilsat bly i ppm	Ekstraktions- midler	Ekstraheret bly i ppm							
		0 uge		2. uge		4. uge		6. uge	
		gns.	diff.	gns.	diff.	gns.	diff.	gns.	diff.
0	Vand	< 1		< 1		< 1		< 1	
	Ammoniumacetat	4	1	3	0	3	0	2	1
	Salpetersyre	5	2	7	0	7	5	5	0
	Total	10		10		10		7	
100	Vand	3	0	10	0	2	0	2	4
	Ammoniumacetat	20	-	15	0	11	2	8	5
	Salpetersyre	10	-	12	0	8	1	9	1
	Total	33		37		21		19	
1000	Vand	13	0	15	-	10	4	4	0
	Ammoniumacetat	960	0	865	-	796	30	885	70
	Salpetersyre	63	15	203	-	257	25	133	0
	Total	1036		1073		1063		1022	
5000	Vand	1400	0	340	0	262	36	120	0
	Ammoniumacetat	3400	0	4000	530	4060	120	4220	120
	Salpetersyre	121	13	170	8	300	87	367	22
	Total	4921		4510		4622		4707	

kilde-jorden. Det ses også, hvor jorden ikke er tilsat bly.

Bestemmelsen af bly med de anvendte ekstraktionsmidler har iøvrigt været vanskelig. Det ses af tabellerne 2 og 3, at afvigelserne mellem dobbeltbestemmelserne svinger fra 0 til 580 ppm bly.

Sammenligning mellem kulisyrekurver og fraktionering af bly i jord

Af tabel 2 ses, at indholdet af vandopløseligt bly er højt (1400 ppm) straks efter tilsætning af 5000 ppm, men aftagende med tiden, så der efter 6 ugers forløb kun genfindes 120 ppm i den vandopløselige fraktion. Sammenlignes dette med figur 2, hvor det ses, at kuldioxidproduktionen er hæmmet i 12-14 dage, er det nærliggende at antage, at det er det store indhold af vandopløseligt bly, der hæmmer væksten af mikroorganismer. Af figur 3 fremgår,

at kuldioxidproduktionen ikke bliver hæmmet ved tilsætning af 100, 1000 og 5000 ppm bly. Dette skyldes formentlig, at indholdet af vandopløseligt bly (se tabel 3) er betydeligt lavere.

Resultatet af kimtalbestemmelser

Jord fra Askov og Roskilde blev tilsat 0 og 5000 ppm bly og inkuberet i 10 dage ved 25°C. Til bakterietælling blev anvendt jordekstrakt-agar (pH = 6,8); til svampetælling blev anvendt glucosepepton-agar, tilsat Bengal Rosa (pH = 5,7). Der blev foretaget 10 dobbeltbestemmelser. Tællingen af mikroorganismer blev udført efter 6 dages yderligere inkubation ved 25°C. Resultatet af tællingerne er angivet i tabel 4 (middeltal). Det fremgår af de fundne gennemsnitstal, at der for Askov-jorden er en betydelig reduktion i kimtal ved tilsætning af 5000 ppm bly. I jorden fra Roskilde er den fundne reduktion i kimtal mindre.

Tabel 3. Ekstraherede blymængder i ppm fra lerjord (Roskilde) efter 0, 2, 4 og 6 ugers reaktionstid med stigende blytilsætning. Gns. af dobbeltbestemmelser og differens mellem bestemmelserne
Extractable amounts of lead in ppm from clay soil (Roskilde) after 0, 2, 4 and 6 weeks reaction time with increasing addition of lead. Average of double determinations and differences between determinations

Tilsat bly i ppm	Ekstraktionsmidler	Ekstraheret bly i ppm							
		0 uge		2. uge		4. uge		6. uge	
		gns.	diff.	gns.	diff.	gns.	diff.	gns.	diff.
0	Vand	< 1		< 1		< 1		< 1	
	Ammoniumacetat	5	0	6	0	1	0	6	1
	Salpetersyre	10	1	13	0	10	8	6	0
	Total	15		19		11		12	
100	Vand	3	1	< 1		< 1		< 1	
	Ammoniumacetat	67	0	70	0	32	0	58	0
	Salpetersyre	24	0	38	1	62	7	37	0
	Total	94		108		94		95	
1000	Vand	4	2	8	0	8	5	14	4
	Ammoniumacetat	780	0	845	0	716	68	898	25
	Salpetersyre	204	21	208	7	412	27	304	6
	Total	988		1061		1136		1216	
5000	Vand	15	10	15	-	13	15	48	24
	Ammoniumacetat	4140	280	4160	-	4180	0	4520	80
	Salpetersyre	352	29	853	0	957	136	568	26
	Total	4507		5028		5150		5136	

Tabel 4. Kimtalsbestemmelser i jord fra Askov og Roskilde efter 10 dages inkubation og tilsætning af 0 og 5000 ppm bly

The number of bacteria and fungi in soils from Askov and Roskilde after incubation for 10 days with addition of 0 and 5000 ppm lead

	ppm	Antal/g tør jord	
		Bakterier	Svampe
Askov	0	6040 × 10 ⁴	696 × 10 ⁴
»	5000	100 × 10 ⁴	4 × 10 ⁴
Roskilde	0	6400 × 10 ⁴	387 × 10 ⁴
»	5000	850 × 10 ⁴	134 × 10 ⁴

Diskussion og konklusion

Som omtalt sker der en tilførsel af bly til jorden via atmosfæren. Denne tilførsel er særlig udpræget i umiddelbar nærhed af stærkt befærdede motorveje, hvor udenlandske undersøgelser angiver indhold på op til 700 ppm bly i øverste jordlag. Disse tal kan sammenlignes med resultaterne i tabellerne 2 og 3, hvor der er fundet indhold på ca. 10–20 ppm i jord uden blytilsætning. Dette niveau svarer iøvrigt

til, hvad der er fundet ved andre (upublicerede) danske undersøgelser.

Den generelle blytilførsel fra atmosfæren er i Syd-Sverige (Rühling og Tyler, 1970) fundet til ca. 450 g pr. ha og år. Indblandet i jorden til 20 cm dybde medfører dette en forøgelse af blyindholdet på ca. 0,2 ppm pr. år.

Tilførsel af industribelastet slam vil kunne medføre en stærkere forøgelse af jordens blyindhold. Det højest fundne indhold i slam fra danske rensningsanlæg andrager ca. 5100 ppm i tørstof. Ved anvendelse heraf øges jordens blyindhold med ca. 2 ppm pr. ton slamtørstof pr. ha, under forudsætning af homogen indblanding til 20 cm dybde*). Det gennemsnitlige blyindhold i slam er imidlertid betydelig lavere, omkring 350 ppm. Anvendelse af »gennemsnitsslam« vil således kun forøge pløjelagets blyindhold med ca. 0,14 ppm pr. ton deponeret slamtørstof.

*) Ved 20 cm/ha er jordvægten i gennemsnit 2,5 millioner tons.

I nærværende undersøgelser er anvendt betydeligt større mængder, nemlig 100, 1000 og 5000 ppm. I ingen af de tre anvendte jorder fandtes signifikant hæmning af den mikrobiologiske aktivitet, karakteriseret ved kuldioxidproducerende evne, for tilsætning af 100 og 1000 ppm. Den største tilsætning, 5000 ppm, medførte derimod en udtalt aktivitetshæmning af 10–14 dages varighed i de to sandjorder; en tilsvarende hæmning forekom ikke i lerjorden.

Sideløbende bestemmelser af de tilsatte blymængders bindingsforhold i to af de anvendte jorder (en sand- og en lerjord) giver en forklaring på dette forhold, idet der fandtes et betydeligt højere indhold af vandopløseligt bly i sandjorden end i lerjorden, specielt i de to første uger efter tilsætningen. De pågældende resultater fremgår af tabel 2 og 3. Overensstemmende hermed viser resultaterne af tilknyttede kintalsbestemmelser (tabel 4), at reduktionen i antal af bakterier og svampe er betydeligt større i sandjorden end i lerjorden.

Hvorvidt den fundne reduktion i bindings-evne for bly er generelt gældende for de to jordtyper, kan naturligvis ikke afgøres på grundlag af et så begrænset undersøgelsesmateriale, som det her foreliggende. Fra udenlandske undersøgelser vides således, at ikke alene jordens mineralsammensætning, men også pH, redoxforhold samt mængde og art af humus-stofferne spiller en betydelig rolle for jordens evne til at fastlægge bly.

De tre anvendte jorder repræsenterer en grovsandet jord med lavt pH (Jyndevad), en finsandet jord med lavt humusindhold (Askov) samt en alm. lerjord (Roskilde). Hovedparten af danske jorder vil således være dækket af de anvendte typer.

Tilsætning af bly er sket i form af et vandopløseligt salt, hvilket må antages at have en stærkere toksisk virkning end tilførsel af samme blymængde med slam, hvor hovedparten formentlig er komplekst bundet eller udfældet som tungere opløselige salte. Under disse betingelser er der ikke sket signifikant reduktion i de anvendte jorders mikrobiologiske aktivitet

ved tilsætning af blymængder, der er 500 gange større end den mængde, hvormed pløjelagets indhold forøges ved anvendelse af 1 ton pr. ha af stærkest blybelastet slamtørstof. Risikoen for virkninger af kloakslams blyindhold på jordbundens mikrobiologiske aktivitet må derfor anses for at være ringe.

Andre mulige skadevirkninger af bly er ikke berørt i dette arbejde, hvis sigte alene har været at belyse indvirkningen af bly på de mikrobiologiske forhold i jordbunden.

Laborant *Marianne Sørensen* har medvirket ved forsøgenes udførelse.

Litteraturliste

- Forureningsrådet (1971)*: Benzin- og dieseldrevne biler. Forureningsrådets publikation nr. 4. København.
- Hepple, Peter (1971)*: Lead in the Environment.
- Lamm, C. G. (1971)*: Det danske jordarkiv. Tidsskrift for Planteavl, 75, 703–720.
- Lindhard, Jørgen (1973)*: Kommunalt spildevandsslam. Dets anvendelse og endelige placering. Ugeskr. f. agronomer og hortonomer 16–17, 268–270.
- Murozumi, M., Tsaihua, J., and Patterson, C. (1969)*: Geochim. cosmochim. Acta, 33, 1247.
- Mølleåkkloakværket*: Beretning. Lyngby (1973).
- Pauly, Hans (1972)*: Pers. meddelelse. Cit. hos Jørgen Lindhard.
- Pauly, Hans (1973)*: Pers. meddelelse.
- Petersen, E. J. (1926)*: Undersøgelser over Forholdet mellem Jordens Kulsyreproduktion, kemiske Tilstandsform og mikrobiologiske Aktivitet. Tidsskr. f. Planteavl, 32, 625–672.
- Rühling, Aa. og Tyler, G. (1970)*: Regionale skilnader i nedfallet av tungmetaller över Skandinavien. Rapp. no. 10, Acd. för Ekologisk Botanik, Lunds Universitet.
- Singer, M. J. and Hansson, L. (1969)*: Lead accumulation in soils near highways in the twin cities metropolitan area. Soil Sci. Soc. Amer. Proc., Vol. 33, 152–153.
- Wiklander, L. (1970)*: Bly i mark och växter. I. Inverken av motortrafik. Grundförbättring, 23, 3–4, 163–169.
- Wiklander, L. (1971)*: Bly i mark och växter. II. Vid motorväg i Skåne. Grundförbättring, 24, 65–67.

Manuskript modtaget 6. juni 1974