

4.3.2. Petersborg

Tabell 20. Växtnäringstillstånd i matjorden 1997.

Försöks- led	pH- H ₂ O	Mull- halt,%	P-AL	K-AL	Mg- AL	Ca- AL	P-HCl	K- HCl	B
A0	6,7	1,7	9,0	7,5	5,1	180	42	111	0,8
B0	6,6	1,6	12	6,9	5,3	180	50	109	0,7
C0	6,5	1,7	15	6,9	5,5	170	58	111	0,7
A1	6,8	1,9	10	8,6	5,2	180	47	120	0,9
B1	6,7	1,9	14	9,5	5,4	180	58	124	0,9
C1	6,6	2,0	17	8,7	5,5	180	61	116	0,8
A2	6,8	1,8	10	8,7	5,3	190	48	124	0,9
B2	6,7	2,0	14	8,7	5,5	190	56	120	0,9
C2	6,8	1,9	17	8,5	5,5	190	62	117	1,0
Signifikans	100	82,4	100	100	46,5	96,9	99,8	36,0	100
Medelfel	0,6	6,0	3,2	4,1	3,2	2,5	6,1	5,6	3,4
LSD 5%	0,1	0,3	1,2	1,0	0,51	13	10	20	0,1
SNK-test	A2	ns	C0,C1,C2	B1	ns	A2,B2	B1,B2	Ns	A2,B2,C2
	≠		≠	≠	≠	≠	C0,C1,C2		≠
	B0,C0,C1		A0,A1,A2	A0,B0,C0		C0	≠		A0,B0,C0
			B0,B1,B2				A0		C1
	A1,B2,C2			A2,B2,C2					
	≠		B0,B1,B2	A1,C1					A1,B1
	B0,C0		≠	≠					≠
			A0,A1,A2	B0,C0					B0,C0
									C1
									≠
									B0

Med statistisk säkerhet kan följande slutsatser dras:

- **pH-värdena** visar en tendens att sjunka något vid slamtillförsel.
- **Mullhalt, Mg-AL och K-HCl** påverkas inte alls, statistiskt sett, av slamtillförsel eller mineralgödsling.
- **P-AL:** De tre försöksleden med enbart trefaldig slamgiva skiljer ut sig mot samtliga övriga led, även de med normal slamgiva. Dessutom är de tre slamleden med normal giva statistiskt skilda från försöksleden utan slamtillförsel. Tillförsel av mineralgödsel har inte påverkat P-värdena.
- **K-AL:** Generellt är värdena lägre i slamgödslade led i förhållande till mineralgödslade.
- **Ca-AL:** Lägst värde är noterat för trefaldig slamgiva utan mineralgödsel. Detta led skiljer sig statistisk från de försöksled som fått den högsta mineralgödselgivan i kombination med ingen eller normal slamgiva.
- **P-HCl:** Den trefaldiga slamtillförseln skiljer sig statistiskt säkert från A0 (helt ogödslat).
- **B:** Små skillnader, men full mineralgödselgiva har statistiskt högre värden än de försöksled som fått enbart slam.

4.4. Slammets effekt på markens metallinnehåll

Samma statistiska metoder har använts för metallerna som för växtnäringsämnena.

4.4.1. Igelösa

Tabell 21. Metallinnehåll i matjorden 1997, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co
A0	20	0,31	10	22	13	56	0,06	5,5
B0	21	0,33	15	22	13	61	0,08	5,5
C0	22	0,33	23	23	13	66	0,11	5,6
A1	20	0,31	9,7	22	12	53	0,05	5,3
B1	22	0,34	16	23	13	61	0,08	5,3
C1	23	0,36	24	24	14	69	0,12	5,7
A2	20	0,30	9,7	22	13	55	0,05	5,5
B2	22	0,34	16	23	13	63	0,09	4,8
C2	22	0,32	23	23	13	66	0,12	5,3
Signifikans	99,9	91,1	100	85,4	82,8	100	100	66,7
Medelfel	2,2	3,9	3,9	2,3	2,1	2,2	5,9	4,1
LSD 5%	1	0,04	1,8	1,5	1	4	0,01	0,6
SNK-test	C1	ns	C0,C1,C2	ns	ns	C1	C0,C1,C2	ns
	≠		≠			≠	≠	
	A0,B0		A0,A1,A2			A0,A1,A2	A0,A1,A2	
	A1,A2		B0,B1,B2			B0,B1,B2	B0,B1,B2	
			B0,B1,B2			B0,B1,B2	B0,B1,B2	
			≠			C0,C2	≠	
			A0,A1,A2			≠	A0,A1,A2	
						A0,A1,A2		

Med statistisk säkerhet kan följande slutsatser dras:

- **Pb:** Försöksledet med trefaldig slamgiva och halv kvävegiva uppvisar statistiskt säkert högre värden än försöksleden A0, B0, A1 och A2.
- **För Cd, Cr, Ni och Co** finns inga statistiskt säkra skillnader.
- **Cu:** De tre försöksleden med enbart trefaldig slamgiva skiljer ut sig mot samtliga övriga led, även de med normal slamgiva. Dessutom är de tre slamleden med normal giva statistiskt skilda från försöksleden utan slamtillförsel. Tillförsel av mineralgödsel har inte påverkat Cu-värdena.
- Det finns en mycket stark tendens till att samtliga försöksled med slamtillförsel har statistiskt säkra förhöjda **Zn-värden**, i jämförelse med led utan slamtillförsel.
- **Hg:** De tre försöksleden med trefaldig slamgiva skiljer ut sig mot samtliga övriga led, även de med normal slamgiva. Dessutom är de tre slamleden med normal slamgiva statistiskt skilda från försöksleden utan slamtillförsel. Tillförsel av mineralgödsel har inte påverkat zinkvärdena.

4.4.2. Petersborg

Tabell 22. Metallinnehåll i matjorden 1997, mg/kg TS.

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co
A0	17	0,30	9,6	14	8,6	45	0,05	4,7
B0	17	0,31	13	14	8,9	46	0,05	4,9
C0	16	0,31	15	13	8,3	44	0,06	4,7
A1	17	0,31	9,6	13	8,7	46	0,04	4,7
B1	18	0,33	14	14	8,9	49	0,05	4,9
C1	17	0,31	16	13	8,4	46	0,06	4,7
A2	16	0,31	9,4	14	8,7	45	0,04	4,7
B2	16	0,30	13	14	8,4	45	0,06	4,7
C2	17	0,32	16	14	8,7	46	0,07	4,8
Signifikans	79,8	0,08	100	82,5	17,2	78,7	99,9	9,7
Medelfel	2,7	5,1	4,1	2,4	3,4	2,4	7,1	3,0
LSD 5%	1	0,05	1,5	1	0,9	3,3	0,01	0,4
SNK-test	ns	ns	C1,C2	ns	ns	ns	C2	ns
			≠				≠	
			A0,A1,A2				A0,A1,A2	
			B0,B2					
			B0,B1,B2				C1	
			C0				≠	
			≠				A1,A2	
			A0,A1,A2				C0	
							≠	
							A2	

Med statistisk säkerhet kan följande slutsatser dras:

- För **Pb, Cd, Cr, Ni, Zn och Co** föreligger inga signifikanta skillnader alls.
- **Cu**: Tendensen visar tydligt att försöksleden med den högsta slamgivan uppvisar förhöjda värden i förhållande till samtliga andra behandlingar. Även normal slamgiva har statistiskt säkra högre värden än försöksleden utan slamtillförsel.
- **Hg**: En viss kombinationseffekt mellan slamtillförsel och mineralgödsling tycks föreligga. Den höga slamgivan i kombination med hög mineralgödsling har högst värden och skiljer sig säkert från de tre försöksleden som inte fått något slam.

4.4.3. Sammanfattning Igelösa och Petersborg.

Följande slutsatser kan sammanfattningsvis redovisas för de båda försöksplatserna tillsammans:

- För metallerna **Pb, Cd, Cr, Ni och Co** föreligger inga statistiskt säkra skillnader över huvud taget. Ett undantag finns för Pb på Igelösa, där trefaldig slamgiva i kombination med halv mineralgödselgiva har givet ett förhöjt värde i jämförelse med ineg eller normal slamgiva.
- **Cu**: Både normal och trefaldig slamgiva har åstadkommit högre kopparkoncentration i jorden i jämförelse med icke slamgödsel.
- **Zn**: På Igelösa ser vi en mycket klar trend att zinkvärdena i marken ökar vid slamtillförsel. På Petersborg har vi inte någon skillnad mellan slamgödsel och icke slamgödsel.
- **Hg**: På Igelösa ser man tydligt att slamtillförseln ökar kvicksilverkoncentrationen i marken. Detta gäller både normal och trefaldig slamtillförsel. På Petersborg är detta samband inte klart, utan endast i kombination med hög mineralgödselgiva har man fått förhöjda värden i jorden.

Försöksresultat 1981-1997

5. Slammets effekt på skörden

Ig=Igelösa, Pe=Petersborg

För att kunna räkna medeltal för skördarna av olika grödor har dessa medeltalsberäkningar grundats på skördarnas relativa tal, där led A0 utgör referens med värdet 100. Inom varje grödgrupp har skördarnas reella värden använts.

5.1. Första året efter tillförsel av slam

Tabell 23. Skörderesultat första året efter slamspridning. Relativtal, %.

År:	1982		1986		1990		1994		Medeltal		
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig+Pe
Gröda:	Höst- vete	Höst- vete	Höst- vete	Höst- vete	Höst- raps	Höst- vete	K- ärt	Höst- vete			
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	107	117	103	111	114	128	107	120	108	119	113
C0	132	129	130	131	136	162	104	125	126	137	131
A1	177	156	167	154	179	184	105	258	157	188	173
B1	187	168	179	160	212	224	102	264	170	204	187
C1	194	176	194	169	234	234	94	273	179	213	196
A2	207	184	216	169	256	245	104	282	196	220	208
B2	211	190	220	172	275	253	110	262	204	219	212
C2	217	195	218	185	277	250	105	310	204	235	220

Enbart normal slamgiva har givit en skördeökning på 13 %.

5.2. Andra året efter tillförsel av slam

Tabell 24. Skörderesultat andra året efter slamspridning. Relativtal, %.

År:	1983		1987		1991		1995		Medeltal		
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig+Pe
Gröda:	Socket- betor	Socket- betor	Socket- betor	Socket- betor	Höst- vete	Socket- betor	Höst- raps	Socket- betor			
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	98	103	129	120	104	97	110	163	110	121	115
C0	108	102	137	119	118	90	120	161	120	118	119
A1	122	109	159	183	137	145	136	195	136	158	146
B1	132	103	174	199	134	145	139	155	139	151	144
C1	137	100	182	197	152	147	146	129	146	143	145
A2	144	111	184	224	166	162	158	223	158	180	169
B2	154	121	200	228	166	173	166	234	166	189	176
C2	162	115	211	229	172	166	169	222	169	183	175

Enbart normal slamgiva har givit en skördeökning på 15 %. Effekten av slam (normal giva) utöver normal mineralgödselgiva har varit 7 procentenheter (B2-A2).

5.3. Tredje året efter tillförsel av slam

Tabell 25. Skörderesultat tredje året efter slamspridning. Relativtal, %.

År:	1984		1988		1992		1996		Medeltal		
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig+Pe
Gröda:	Vår-vete	Korn	Vår-vete	Korn	S-betor	Korn	Höst-vete				
A0	100	100	100	100	100	100	Ingen försökskör	100	100	100	100
B0	105	106	118	110	114	98		111	112	106	109
C0	112	108	132	116	126	121		119	123	116	119
A1	141	142	153	172	104	132		182	133	157	147
B1	142	144	167	180	107	121		176	139	155	148
C1	147	151	174	181	119	122		183	147	159	154
A2	180	188	194	212	123	134		176	166	178	172
B2	184	192	190	215	132	118		170	169	174	172
C2	185	193	200	205	142	134		175	176	177	176

Enbart normal slamgiva har givit en skördeökning på 9 %. Normal slamgiva har däremot inte förhöjt skörden ytterligare när man dessutom tillfört full giva av mineralgödsel.

5.4. Fjärde året efter tillförsel av slam

Tabell 26. Skörderesultat fjärde året efter slamspridning. Relativtal, %.

År:	1985		1989		1993		1997		Medeltal		
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig+Pe
Gröda:	Havre	Höst-raps	Höst-raps	Höst-vete	Vår-vete	Höst-raps	S-betor	Höst-vete			
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	98	114	121	97	99	136	114	112	108	115	111
C0	99	135	139	114	115	124	121	121	119	124	121
A1	95	173	148	136	149	263	134	332	132	226	179
B1	95	175	180	156	156	307	144	356	144	249	196
C1	100	185	182	144	159	293	153	349	149	243	196
A2	121	195	207	176	193	328	164	453	171	288	230
B2	148	196	204	184	199	375	155	454	177	302	239
C2	147	206	207	188	192	372	171	471	179	309	244

Enbart normal slamgiva har givit en skördeökning på 11 %. Normal slamgödsling utöver full mineralgödsling har åstadkommit en skördeökning på 9 procentenheter.

Sammanfattning av ovanstående resultat finns redovisat i kapitel 5.6.

5.5. Slammets effekt på olika grödor

Tidigare i detta avsnitt har slammets effekt olika år efter slamspridning studerats. I detta avsnitt studeras effekten på de olika grödorna oavsett år. Medeltalen är beräknade på de reella skördarna.

5.5.1. Höstraps

Tabell 27. Skördeeffekt på höstraps. Fröskörd. Relativtal, %.

År:	1985	1989	1990	1993	1995	Medeltal
Plats:	Pe	Pe	Ig	Pe	Ig	
A0	100	100	100	100	100	100
B0	114	97	114	136	109	112
C0	135	113	136	124	118	123
A1	173	135	179	263	126	165
B1	175	156	212	307	115	178
C1	185	144	234	293	113	177
A2	195	176	256	328	138	203
B2	196	184	275	375	144	216
C2	206	188	277	372	132	215

5.5.2. Vårsäd (vårkorn, vårvete, havre)

Tabell 28. Skördeeffekt på vårkorn, vårvete och havre. Kärnskörd. Relativtal, %.

År:	1984	1984	1985	1988	1988	1989	1992	1993	1996	Medel-
Plats:	Ig	Pe	Ig	Ig	Pe	Ig	Pe	Ig	Pe	tal
Gröda:	Vår-	Korn	Havre	Vår-	Korn	Korn	Korn	V-	Korn	
	vete			vete				vete		
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	105	106	98	118	110	121	98	99	111	107
C0	112	108	99	132	116	139	121	115	119	117
A1	141	142	95	153	172	148	132	149	182	145
B1	142	144	95	167	180	180	121	156	176	150
C1	147	151	100	174	181	182	122	159	183	154
A2	180	188	121	194	212	207	134	193	176	177
B2	184	192	148	190	215	204	118	199	170	180
C2	185	193	147	200	205	207	134	192	175	181

5.5.3. Höstvet

Tabell 29. Skördeeffekt på höstvet. Kärnskörd. Relativtal, %.

År:	1982	1982	1986	1986	1990	1991	1994	1997	Medel-tal
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Pe	Ig	Pe	Pe	
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	107	117	103	111	128	104	120	112	113
C0	132	129	130	131	162	118	125	121	133
A1	177	156	167	154	184	137	258	332	180
B1	187	168	179	160	224	134	264	356	193
C1	194	176	194	169	234	152	273	349	203
A2	207	184	216	169	245	166	282	453	219
B2	211	190	220	172	253	166	262	454	221
C2	217	195	218	185	250	172	310	471	230

5.5.4. Sockerbetor

Tabell 30. Skördeeffekt på sockerbetor. Sockerskörd. Relativtal, %.

År:	1983	1983	1987	1987	1991	1992	1995	1997	Medeltal
Plats:	Ig	Pe	Ig	Pe	Pe	Ig	Pe	Ig	
A0	100	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	98	103	129	120	97	114	163	114	116
C0	108	102	137	119	90	126	161	121	120
A1	122	109	158	183	145	104	195	134	135
B1	132	103	174	199	145	107	155	144	134
C1	138	100	182	197	147	119	129	153	136
A2	144	111	184	224	162	123	223	164	156
B2	154	121	200	228	173	132	234	155	164
C2	162	115	211	229	166	142	222	171	166

5.6. Sammanfattning år/gröda. Ekonomiskt utfall.

Tabell 31. Effekt på skörd olika år efter slamspridning. Relativtal %.

	År 1	År 2	År 3	År 4
A0	100	100	100	100
B0	113	115	109	111
C0	131	119	119	121
A1	173	146	147	179
B1	187	144	148	196
C1	196	145	154	196
A2	208	169	172	230
B2	212	176	172	239
C2	220	175	176	244

Utan mineralgödsel, tycks det medföra att det är främst det första året man erhåller en stor skördeökning för den stora slamgivan. År 4 avviker med mycket stora skördeökningar för mineralgödsel, men det är det enskilda året 1997 för grödan höstvetete på Petersborg som väger väldigt tungt. Andra och tredje året efter slamspridning tycks ge lägre skördeökningar vid kombination med mineralgödsel.

Sammanfattningsvis kan man dra den slutsatsen att den skördehöjande effekten av slamtillförsel finns kvar även efter fyra år. Därmed kan fastställas att man med fördel kan använda slam som ett förrådsgödselmedel, dvs tillförsel behöver inte ske årligen.

Tabell 32. Skördeeffekt på olika grödor 1982-1997. Relativtal, %.

Ant. Skördar Försöks- led						Vägt medeltal 31		
	5 Höst- raps	8 Höst- vete	9 Vårsäd	8 Socker- betor	1 Konserv- ärt	Ig	Pe	Alla
A0	100	100	100	100	100	100	100	100
B0	112	113	107	116	107	110	115	113
C0	123	133	117	120	104	123	124	123
A1	165	180	145	135	105	139	182	162
B1	178	193	150	134	102	148	189	170
C1	177	203	154	136	94	156	189	173
A2	203	219	177	156	104	173	216	196
B2	216	221	180	164	110	180	221	201
C2	215	230	181	166	105	183	226	205

Alla grödtyper har skördemässigt svarat positivt på slamtillförsel. För att kunna utföra en ekonomisk utvärdering av slammets värde, sett ur lantbrukarens synpunkt, har vi valt att redovisa slammets skördehöjande effekt, uttryckt i kronor per hektar. Jämförelsen är gjord dels med helt ogödslat försöksled (B0 jämfört med A0), dels med det försöksled som gödslats med full normal giva av mineralgödsel (B2 jämfört med A2).

Följande priser har använts:

Höstvete: 93 kr/dt

Vårspannmål: 97 kr/dt

Höstraps: 193 kr/dt

Sockerbetor: 398,44 kr per ton betor med 16 % sockerhalt.

För sockerbetsgrödan är det inte självklart vilket pris man skall räkna på. Det finns tre prisnivåer, A-, B- och C-socker; beroende på hur mycket socker man producerar det aktuella året. Efter diskussion med Danisco Sugar har vi valt att använda samma pris som man använder sig av vid beräkning av skördeökningar i deras fältförsök. Man räknar med att skördeökningen består av 90 % A- socker och 10 % B-socker. Det aktuella sammanvägda priset år 1998 är 398,44 kr per ton betor med 16 % sockerhalt.

För vårspannmålen har använts ett vägt pris för vårvete, malkorn och havre.

Tabell 33. Skördeökning i kr/ha och år i de olika grödorna. 1998 års prisnivå.

Gröda	Höstraps	Höstvete	Vårsäd	Socketor	Konserv- ärt	Vägt medeltal
Jämförda försöks- led						
B0-A0	405	412	209	2235	1000	841
B2-A2	448	57	86	1086	490	408

I genomsnitt för de sexton försöksåren har merintäkten för försäld gröda för 1 ton slam-TS per år, utöver full handelsgödsling, varit drygt 400 kr per hektar, räknat i 1998-års prisnivå för avsalugrödorna. Detta kan också uttryckas att ett ton slam-TS är värt 400 kr i form av skördeökningar. Om man studerar enbart slammets effekt, utan hänsyn till någon mineralgödseffekt, blir skördeökningens värde, uträknat på samma sätt som ovan, ca 840 kr per hektar.

6. Skördeprodukternas innehåll av metaller

6.1. Innehåll av metaller i grödorna 1997 på Igelösa och Petersborg.

Fullständig analys av skördeprodukten från varje försöksled utförs inte varje år. Senast detta skedde var 1997 varför dessa resultat redovisas. Resultaten får ses som en summaeffekt av vad som hänt sedan år 1981. Grödorna år 1997 var sockerbetor på Igelösa och höstveten på Petersborg.

Tabell 34. Sockerbetans innehåll av metaller 1997 på Igelösa, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	0,14	0,45	4,2	0,33	0,53	16	<0,01	0,02	<0,05
B0	0,08	0,41	4,4	0,22	0,44	14	<0,01	<0,02	<0,05
C0	0,07	0,39	4,8	0,25	0,49	12	<0,01	<0,02	<0,05
A1	0,31	1,2	3,9	0,88	1,2	17	<0,01	0,07	<0,05
B1	0,08	0,33	4,1	0,21	0,33	14	<0,01	0,02	<0,05
C1	0,07	0,32	4,6	0,20	0,40	14	<0,01	<0,02	<0,05
A2	0,08	0,34	3,7	0,24	0,56	15	<0,01	0,02	<0,05
B2	0,07	0,28	4,1	0,19	0,31	12	<0,01	<0,02	<0,05
C2	0,07	0,29	4,6	0,21	0,38	14	<0,01	<0,02	<0,05

I försöksledet A0, helt ogödslat med slam och mineralgödsel, tycks koncentrationen av bly vara störst. Denna tendens har vi sett vissa tidigare år också. Samma sak gäller kadmium, vilket dock inte varit fallet tidigare år. Kopparhalterna stiger med ökad slamgiva. Generellt tycks vi nu kommit till ett stadium där obalans uppstår i det helt ogödslade försöksledet, med följd att metallkoncentrationen ökar för vissa metaller. Detta kunde vi konstatera redan vid förra rapporttillfället.

Försöksledet A1 avviker på ett oförklarligt sätt. Troligt är att provet blivit utsatt för någon förorening på sin väg från fält till analys.

Tabell 35. Vetekärnans innehåll av metaller 1997 på Petersborg, mg/kg TS.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As
A0	<0,03	0,05	4,5	0,14	<1	26	<0,01	<0,1	<0,05
B0	<0,03	0,05	4,5	0,12	<1	24	<0,01	<0,1	<0,05
C0	<0,03	0,05	4,6	0,48	<1	25	<0,01	<0,1	<0,05
A1	0,03	0,05	4,0	0,14	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
B1	<0,03	0,04	3,9	0,17	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
C1	<0,03	0,08	4,1	0,44	<1	17	<0,01	<0,1	<0,05
A2	<0,03	0,08	3,8	0,11	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05
B2	<0,03	0,05	4,6	0,44	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05
C2	<0,03	0,07	4,5	0,47	<1	22	<0,01	<0,1	<0,05

En svag tendens finns till att kadmiumhalterna ökar vid mineralgödseltillförsel. Kopparhalterna ökar inte trots markant ökad kopparkoncentration i marken vid slamtillförsel. Kromhalterna ökar oförklarligt mycket vid trefaldig slamtillförsel men också vid normal slamgiva i samband med full mineralgödselgiva. Det finns ingen logisk förklaring till detta och det har inte heller visat sig vid tidigare analyser. Troligtvis är det ett analysfel och/eller provtagningsfel. Kommande analyser får utvisa detta. Zinkhalterna är högre i försöksleden utan mineralgödsel i jämförelse med led med mineralgödsel. För övriga metaller finns inga konstaterade skillnader.

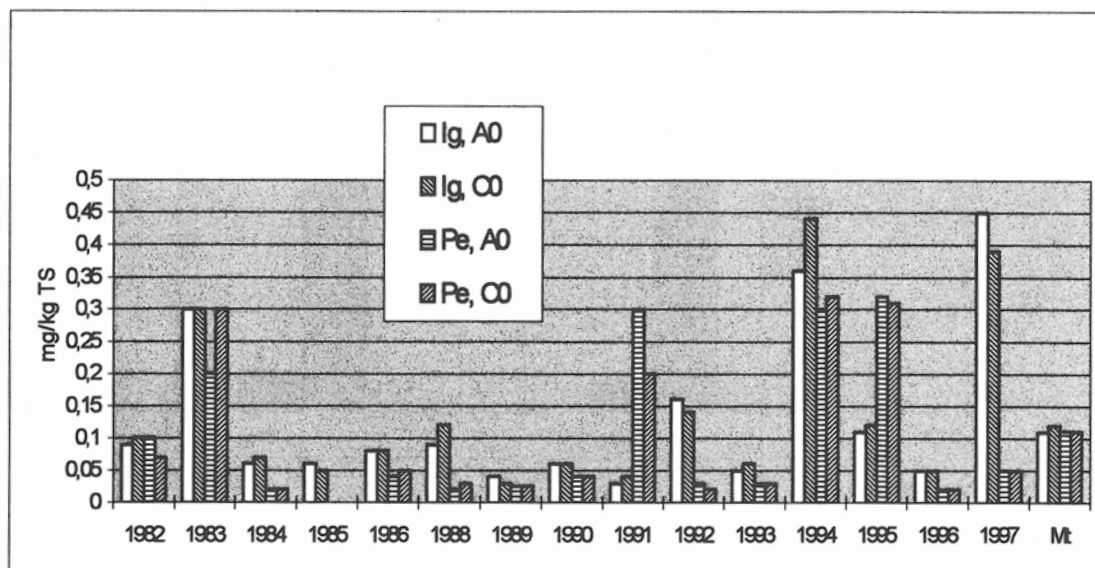


Diagram 7. Grödornas innehåll av kadmium 1982-1997 på Igelösa och Petersborg.

Analysvärden saknas från följande tillfällen: 1985-Petersborg, 1987-Petersborg och Igelösa.

Diagrammet visar tydligt att variationerna mellan åren är betydligt större än mellan slambehandlat och inte slambehandlat. År 1983 på Igelösa och Petersborg samt 1991 på Petersborg, 1992 på Igelösa och 1997 på Igelösa utmärker sig med mycket höga värden. Vid dessa tillfällen fanns sockerbetor på försöksplatserna. Även åren 1994-1995 utmärker sig med höga värden. 1995 fanns det sockerbetor på Petersborg. Övriga grödor dessa två år var konservärtor (Ig -94), höstvetete (Pe -94) och hösträps (Ig -95). I genomsnitt finns det ingen skillnad mellan slambehandlat och icke slambehandlat försöksled.

6.2. Budgetberäkningar av kadmium

Analysen ovan visar att halterna av kadmium inte ökar i grödan vid slamtillförsel. I kapitel 4 har redovisningen visat att inte heller halterna i marken ökar påvisbart. För att tillföra ytterligare information har vi därför gjort en balansräkning av kadmium. Vi har valt att i denna rapport studera det helt ogödslade försöksledet A0 med C0- ledet som fått trefaldig slamgiva, dvs 48 ton slam-TS fram till år 1997. Denna beräkning är inte helt invändningsfri. Analysnoggrannheten har ökat efter hand som försöket fortgått, och därmed är undersökningen behäftad med ett fel som vi inte kan göra något åt. Ett exempel på hur detta kan spela in är t.ex. innehållet i matjorden. År 1981 när försöket startade angavs innehållet i matjorden till 0,3 mg Cd per kg jord-TS, utan decimal, på båda försöksplatserna. I praktiken kan alltså innehållet i själva verket

variera mellan 0,251 och 0,349 mg Cd per kg TS. Uttryckt i g Cd per hektar kan variationen i det angivna värdet vara mellan 1000 g/ha och 1400 g/ha.

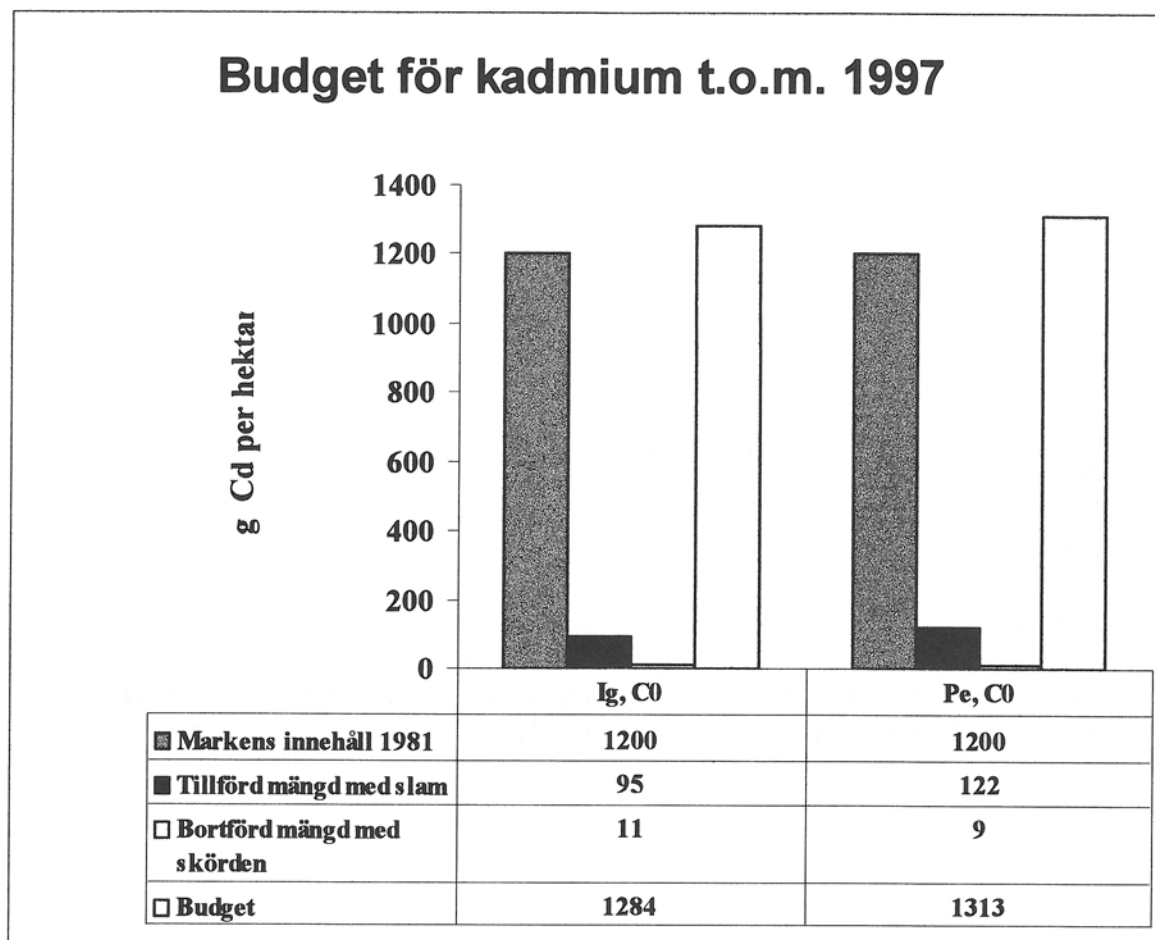


Diagram 8. Tillförd och bortförd mängd (g) kadmium per hektar.

Totalt med 48 ton slam-TS har det, under tiden från 1981 fram till 1997, på Igelösa tillförts ca 95 g och på Petersborg ca 122 g kadmium. Med skördeprodukterna i det trefaldigt slamgödslade försöksledet på Igelösa har det fram till år 1997 förts bort ca 11 g kadmium per hektar och på Petersborg ca 9 g. Det har enligt räknemodellen alltså anrikats kadmium i matjorden vid denna extrema kadmiumtillförsel, dock inte i sådan omfattning att vi med dagens mät- och statistiska metoder kan verifiera detta vid kemiska analyser av jorden.

7. Skördeprodukternas innehåll av organiska föreningar

7.1. Allmänt

Grödan analyseras normalt år ett och fyra i varje cykel, dvs. första året efter slamspridning samt sista året innan ny slamspridning ska ske. I denna rapport innebär år 1 = 1990 och år 4 = 1993 i cykel 3. 1994 är år 1 i cykel 4 och 1997 är år 4. Som påpekats tidigare togs inga prover för analys av organiska ämnen 1997.

Det bör noteras att grödorna var olika på försöksgårdarna.

	Igelösa (Lund slam)	Petersborg (Malmö slam)
1990	Höstraps	Höstvete
1993	Vårvete	Höstraps
1994	Konservärt	Höstvete
1997	Socketbetor	Höstvete (inget prov för org. analys)

7.2. Priority Pollutants (PP) enligt SI-Senter

Proverna från år 1/3 (1990) av vetekärna och rapsfrö enligt den omfattande PP-listan har utförts endast på led B0, dvs. normal slamgiva utan handelsgödsel. Resultatet blev att inget ämne återfanns (påvisades) i höstvete och ett ämne påvisades (ej kvantifierbart) i höstraps nämligen Di-(2-Etylhexyl)Ftalat (DEHP). Ej heller kunde man i en fördjupad analys påvisa någon EOCi eller summa PCB.

År 4/3 (1993) togs prov både på leden A0 och B0, dvs. totalt 4 prover. Vid bedömning av värdena bör man ha i åtanke att det är olika grödor på de båda gårdarna.

Analysen enligt tabell 36 nedan visar en viss ökning jämfört med 1989. Det är gruppen mono- och bicykliska aromater som identifierats och delvid kvantifierats. Resultat visas i tabellerna nedan. En intressant notering är att B0 inte är högre än A0.

Tabell 36. Analys av PP i gröda 1993 (mg/kg TS).

ÄMNE	A0 IGELÖSA	B0 IGELÖSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
Monobicykliska aromater				
Benzen	1,2	1,1	1,3	*
Toluen	4,3	4,0	3,7	2,9
Etylbenzen	0,9	0,8	0,5	0,3
m-/p- Xylen	3,7	3,1	2,0	1,6
o-Xylen	1,5	1,2	0,7	0,5
Naftalen	0,37	0,29	0,26	*
2-Metylnaftalen	*	*	*	
1-Metylnaftalen	*	*		
Halogenerade alifater				
Kloroform	3,2	4,0	0,9	0,8

-: innebär att ämnet ej identifierats (påvisats)

*: innebär att ämnet identifierats men ej kvantifierats

Tabell 37. Analys av PP i gröda 1994 år 1/4 (mg/kg TS).

ÄMNE	A0 I-LÖSA	B0 I-LÖSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
Monobicykliska aromater				
Benzen	1,1	1,3	0,2	0,2
Toluen	0,5	0,4	0,4	0,4
Etylbenzen	0,3	0,3	0,2	0,1
m-/p- Xylen	1,5	1,5	0,5	0,5
o-Xylen	0,7	0,7	0,1	0,1
Naftalen	0,2	*	*	-
Bifenyl	*	-	-	-
Ftalater/adipater				
DEHP	-	-	-	0,5
Halogenerade alifater				
Kloroform	0,012	-	0,1	0,13
Tetrakloreten	0,03	-	-	0,05

-: innebär att ämnet ej identifierats (påvisats)

*: innebär att ämnet identifierats men ej kvantifierats

I tabell 36 och 37 visas endast de ämnen som är identifierade eller kvantifierade. Övriga 61 st ämnen är således ej identifierade i proverna.

Den fördjupade analysen av PCB visar på genomgående försumbara värden under detektionsgränsen. EOCl tycks variera kraftigt beroende på gröda. Återigen kan man konstatera att led B0 inte är högre än A0, snarare tvärtom.

Tabell 38. Analys av PCB och EOCl (mg/kg TS).

ÄMNE	A0 I-LÖSA	B0 I-LÖSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
S:a PCB-90	i.a.	i.d.	i.a.	i.d.
S:a PCB-93	i.d.	i.d.	≤0,2	≤0,2
S:a PCB-94	≤0,002	≤0,002	≤0,002	≤0,002
EOCl-90	i.a.	≤0,5	i.a.	≤0,5
EOCl-93	19	13	59	51
EOCl-94	2,5	2,0	0,91	0,79

i.a.: icke analyserat

i.d.: icke detekterat

7.3. Dioxin

Resultaten för 1990 års skörd visas i tabell 39 nedan, där skörden representerar led B0.

Tabell 39. Dioxinhalt (pg/g TS = 10⁻⁶ mg/kg TS) i skörd led B0, 1990 (år 1/3).

METOD	IGELÖSA (raps B0)	PETERSBORG (vete B0)
Eadon	0,17	0,36
Nordisk	0,27	0,43
I-TEF	0,27	0,45

Eftersom det var olika grödor på försöksgårdarna år 1 beslöt vi att ta varje gröda för sig och jämföra A0 och B0 dvs. utan och med slam. Redan påföljande år (1991) som motsvarar år två i cykeln odlades vete på Igelösa. Resultaten för dioxinanalyserna visas i tabell 40 nedan.

Tabell 40. Dioxinhalt i vete (pg/g TS = 10^{-6} mg/kg TS) i skörd 1991 (år 2/3).

METOD IGELOSA (vete A0) PETERSBORG (vete B0)

Eadon	0,11	0,028
Nordisk	0,067	0,032
I-TEF	0,069	0,032

Raps odlades år 4 (1993) och då på Petersborg. Resultaten visas i tabell 41 nedan.

Tabell 41. Dioxinhalt i rapskärna (pg/g TS = 10^{-6} mg/kg TS) för 1993 (år 4/3).

METOD IGELOSA (raps A0) PETERSBORG (raps B0)

Eadon	0,20	0,30
Nordisk	0,10	0,22
I-TEF	0,11	0,22

För år 1994 som är år 1/4 analyserades både led A0 och B0 på varje gård d.v.s. totalt 4 prover.

Tabell 42. Dioxinhalt i k-ärtor (Igelösa) och h-vete (P-borg) (pg/g TS = 10^{-6} mg/kg TS) för 1994 (år 1/4).

METOD A0 IGELOSA B0 IGELOSA A0 P-borg B0 P-borg

Eadon	0,20	0,120	0,026	0,089
Nordisk	0,10	0,130	0,021	0,010
I-TEF	0,11	0,130	0,021	0,010

Normalt anges detektionsgränsen för dioxin till 0,20 pg/g TS. Vi har således begärt och fått extra låga detektionsgränser för att kunna se någon skillnad. Det finns inte så mycket jämförelsetal för dioxinhalt i gröda men som en viss jämförelse kan nämnas att svenska slam ligger generellt mellan 6-155 pg/g TS enligt SNV.

Lunds slam har något högre halt dioxinhalt än Malmö både 1989 och 1993, men grödan år 1/3 (1990) har lägre halter på Igelösa (som fått Lunds slam) än på Petersborg (som fått Malmös slam).

Vidare ser vi för år 2/3 att halten är klart lägre i gröda för slamgödslad jord (B0) än för ej slamgödslad jord (A0).

Värden för år 4/3 (1993) gör det möjligt att jämföra samma gröda i A0 och B0 under samma år.

Slutligen indikerar analyser från år 1/4 att konservärtor får högre halt vid slamgödsling medan höstvete har det omvända förhållandet.

Om man jämför tabellerna ovan så får man något motstridig information. Den troligast tolkningen är att den analysnoggrannhet och provtagningsmetodik som är huvudorsaker till att värdena varierar så kraftigt och oförklarligt. Rapskärna och konservärtor har troligen även andra förutsättningar än vete när det gäller analys av dioxin.

Resultaten indikerar att faktorer som nedfall kan ha väl så stort inflytande. Även det faktum att vi rör oss med så otroligt små tal visar att slammet i sig inte har påvisats som dioxinkälla.

Data från detta projekt har använts av professor Rappe och hans forskargrupp vid en presentation på den internationella konferensen "Dioxin -97" i Indianapolis, USA. I det paper som presenteras, "A Field Study on the Use of Sewage Sludge as Soil Amendment", redovisas att den huvudsakliga källan till dioxin i jord och gröda inte är slam. Se litteraturförteckning.

7.4. Övriga ämnen

Eftersom AOX och EOX inte gav användbara/tillförlitliga resultat i jord har dessa analyser heller inte gjorts på grödan.

Enligt tidigare resonemang så har vi inte heller utfört analys av bekämpningsmedelsrester i grödan eftersom dessa inte påvisats i slammet.

8. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll

Omfattande provtagning har skett av matjorden. Leden A0 och C0 har analyserats årligen, medan samtliga led har provtagits före slamspridning under slamspridningsåren, samt året efter slamspridningen. Här redovisas de tre försöksleden helt utan mineralgödsel (A0, B0, C0), samt det försöksled som gödslats med rekommenderade mineralgödselgivor utan tillsats av något slam (A2).

Tabell 43. Igelösa. Markens växtnäringsinnehåll slamspridningsåren, före spridningen

År	Led	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl	Mull %
1981	Alla	7,0	9,0	11,4	415	10	47	138	-
1985	A0	6,9	7,9	8,2	360	11	57	157	3,0
	C0	6,5	22,5	9,1	388	13	115	174	3,4
1989	A0	6,2	6,8	7,3	360	9	45	119	4,2
	B0	6,0	11,8	9,8	355	12	55	158	3,9
	C0	6,0	20,1	9,9	325	11	80	155	3,6
	A2	6,2	6,9	9,1	370	11	41	129	4,1
1993	A0	6,8	9,4	8,2	340	9	64	140	4,6
	B0	6,8	16	8,2	340	10	89	171	4,1
	C0	6,6	30	9,0	390	12	110	135	4,5
	A2	6,9	8,2	10	360	11	68	158	4,6
1997	A0	6,6	7,3	9,9	345	10,1	55	123	4,1
	B0	6,6	18	11	408	11,5	78	129	4,3
	C0	6,6	29	12	440	12,2	108	139	4,7
	A2	6,6	8,8	14	528	12,0	57	132	4,1

Tabell 44. Petersborg. Markens växtnäringsinnehåll slamspridningsåren, före spridningen.

År	Led	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCl	K-HCl	Mull %
1981	Alla	6,8	11,1	8,9	195	7	47	123	-
1985	A0	6,7	9,1	10,3	212	7	47	126	2,2
	C0	6,6	9,8	9,0	200	6	45	128	2,0
1989	A0	6,5	8,5	7,1	180	5	32	121	1,6
	B0	6,7	12,8	8,3	192	6	39	131	1,6
	C0	6,6	15,8	8,6	179	6	45	123	1,8
	A2	6,6	9,5	8,3	181	6	35	128	1,9
1993	A0	6,6	9,8	7,5	200	5	53	137	2,1
	B0	6,5	11	6,6	160	5	65	149	2,0
	C0	6,5	15	6,6	160	5	68	130	2,1
	A2	6,7	9,7	9,5	180	5	52	142	2,3
1997	A0	6,7	9,0	7,5	180	5,1	42	111	1,7
	B0	6,6	12	6,9	180	5,3	50	109	1,6
	C0	6,5	15	6,9	170	5,5	58	111	1,7
	A2	6,8	10	8,7	190	5,3	48	124	1,8

Några kommentarer

pH: Ingen påvekan på Igelösa. En svag tendens till sänkt pH-värde vid slamtillförsel på Petersborg

Mullhalt: En tendens till ökad mullhalt i slamleden på Igelösa, men inget samband på Petersborg.

P-AL: Kraftigt förhöja värden vid slamtillförsel.

K-AL: Inga säkra samband.

Ca-AL: Inga säkra samband.

Mg-AL: Inga säkra samband.

P-HCl: Ökar med slamtillförsel.

K-HCl: Inga säkra samband

B: Inga säkra samband

Tabell 45. Markens innehåll av kväve. Kg ammonium- plus nitratkväve per hektar i markprofilen, 0-60 cm. Åren 1982-1986 gäller värdena enbart nitratkväve.

År	Vårprov				Höstprov			
	Igelösa		Petersborg		Igelösa		Petersborg	
	A0	C0	A0	C0	A0	C0	A0	C0
1982	76	29	26	21	9	33	20	15
1983	26	29	21	32	16	19	54	44
1984	50	56	46	41	7	8	9	10
1985	-	-	-	-	22	15	56	29
1986	16	16	16	17	21	24	20	18
1988	18	29	23	33	14	22	13	19
1989	81	103	16	5	7	9	10	8
1990	20	21	24	55	33	52	47	40
1991	20	29	22	28	20	28	26	31
1992	25	47	34	43	20	20	15	13
1993	48	40	20	35	18	34	34	40
1994	20	8	20	23	5	4	5	2
1995	28	32	19	41	4	5	32	10
1996	29	45	72	62	19	22	17	28
1997	40	54	14	14	11	14	11	29
Mt	36	38	27	32	15	21	25	22

Man börjar nu se en tendens till ökad kvävemängd i slambehandlade led. Skillnaderna är dock små och vid höstprovtagningen på Petersborg är tendensen den motsatta.

9. Slammets effekt på markens metallinnehåll

Tabell 46. Igelösa. Matjordens innehåll av metaller slamspridningsåren, före spridningen. mg/kg TS.

År	Led	Bly	Kadmium	Koppar	Krom	Kvick-silver	Nickel	Zink
		Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
1981	Alla	19	0,3	12	-	0,05	14	70
1986	A0	13	0,25	11	40	<0,05	8,5	49
	C0	17	0,33	19	46	0,10	9,5	65
1989	A0	27	0,3	11	19	0,04	11	48
	B0	32	0,3	14	23	0,05	13	63
	C0	28	0,4	18	20	0,06	13	58
	A2	30	0,4	11	20	0,04	12	51
1993	A0	18	0,35	14	24	0,05	13	54
	B0	19	0,33	20	25	0,06	14	60
	C0	21	0,41	24	26	0,11	14	72
	A2	18	0,31	16	23	0,04	13	51
1997	A0	20	0,31	10	22	0,06	13	56
	B0	21	0,33	15	22	0,08	13	61
	C0	22	0,33	23	23	0,11	13	66
	A2	20	0,30	9,7	22	0,05	13	55

Tabell 47. Petersborg. Matjordens innehåll av metaller slamspridningsåren, före spridningen. mg/kg TS.

År	Led	Bly	Kadmium	Koppar	Krom	Kvick-silver	Nickel	Zink
		Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Ni	Zn
1981	Alla	19	0,3	12	-	0,05	8,2	49
1986	A0	12	0,28	9,3	21	0,04	7,1	46
	C0	13	0,27	9,7	21	0,04	7,4	47
1989	A0	22	0,20	10	12	0,05	8,5	45
	B0	21	0,16	11	13	0,05	8,8	46
	C0	21	0,17	14	12	0,06	8,3	46
	A2	22	0,21	10	13	0,06	8,9	46
1993	A0	15	0,32	14	14	0,05	8,4	43
	B0	15	0,30	17	14	0,05	8,5	43
	C0	14	0,30	20	13	0,06	8,1	41
	A2	16	0,32	13	15	0,04	9,2	45
1997	A0	17	0,30	9,6	14	0,05	8,6	45
	B0	17	0,31	13	14	0,05	8,9	46
	C0	16	0,31	15	13	0,06	8,3	44
	A2	16	0,31	9,4	14	0,04	8,7	45

Några kommentarer

Pb: Inga säkra samband.

Cd: Inga säkra samband.

Cu: Mycket klart samband med slamtillförsel. Ju mer slam, desto högre kopparvärden i jorden.

Cr: Inga säkra samband.

Ni: Inga säkra samband.

Zn: Inga säkra samband på Petersborg. På Igelösa ökar halterna vid slamtillförsel.

Hg: Ett klart samband på Igelösa. Ju mer slam, desto högre kvicksilverkoncentration i marken.

Inget så klart samband på Petersborg.

Co: Inga säkra samband.

10. Slammets effekt på markens innehåll av organiska föreningar

10.1. Allmänt

När det gäller jorden har vi även här kraftsamlat till år 1 och år 4 i varje cykel. Det betyder att vi analyserat prover från år 1/3 (1990), 4/3 (1993) och 1/4 (1994). Även här saknas analyser från 1997 i enlighet med vad som redovisats tidigare.

Analys av markens dioxininnehåll utfördes inte 1990.

10.2. Priority Pollutants enligt SI-Senter

De ämnen som påvisats år 1 och 4 visas i tabellerna 48, 49 och 50 nedan. Det är förvånande att så många ämnen var så olika mellan åren.

Tabell 48. PP-ämne i jord (mg/kg TS) för år 1/3 (1990).

ÄMNE	A0 IGELÖSA	B0 IGELÖSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
Benzo/(A)Antracen	-	*	-	-
Krysen/trifenylen	-	*	-	-
Benzo(E)Pyren	-	*	-	-
Klorbensen	*	*	-	-
1,2,4-Triklorbensen	*	*	-	-
Fenol	*	*	*	-
4,4'-DDE	-	*	*	-
Trifenylofosfat	*	*	*	*
M-P/-Kresol	*	-	-	-

-: ej identifierbart

*: identifierbart men ej kvantifierbart

Tabell 49. PP-ämnena i jord (mg/kg TS) för år 4/3 (1993).

ÄMNE	A0 IGELÖSA	B0 IGELÖSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
Bensen	-	*	-	-
Toluen	*	1,0	-	-
Etylbensen	*	0,4	-	-
m-/P-Xylen	*	2,0	-	-
o- Xylen	*	0,8	-	-
Naftalen	*	0,23	*	*
2-Metylnaftalen	-	*	-	-
1-Metylnaftalen	-	*	-	-
Fenantren	-	*	-	-
Pyren	-	*	-	-
Fluoranten	-	*	-	-
4,4'-DDE	-	*	-	-
4,4'-DDT	-	*	-	-
Dietylftalat	-	-	1,9	-
Kloroform	4,0	0,35	0,14	0,10

-: ej identifierbart

*: identifierbart men ej kvantifierbart

Tabell 50. PP-ämnen i jord (mg/kg TS) för år 1/4 (1994).

ÄMNE	A0 IGELOSA	B0 IGELOSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
Bensen	-	0,9	-	-
Toluen	0,1	1,0	0,1	-
Etylbensen	0,1	0,3	*	-
m-/P-Xylen	0,3	1,0	0,3	-
o- Xylen	0,1	0,3	0,2	-
Naftalen	*	*	*	-
2-Metylnaftalen	*	-	*	-
1-Metylnaftalen	*	-	*	-
Fenantren	*	*	*	*
Pyren	*	*	*	*
Fluoranten	*	*	*	*
Benzo(a)antracen	*	*	-	*
Krysen/trifenylen	*	*	-	*
Benzo(B/J/K)fluoranten	*	*	-	-
Dietylftalat	-	-	-	-
DEHP	-	-	-	*
Kloroform	0,01	0,008	-	-
Tetrakloreten	0,25	0,04	0,02	0,02

-: ej identifierbart

*: identifierbart men ej kvantifierbart

Proverna för år 1/3 (1990) indikerade att de högre halterna fanns i Igelösas jord vilket är rimligt då det var slammet till Igelösa som hade de högre halterna. För år 4/3 (1993) rådde samma förhållande, dvs. Igelösas jord har de högsta halterna. Provserien för 1993 avseende jord är också den första som indikerar högre halter för det led som fått slam (B0). Proven för år 1/4 (1994) representerar ett tillstånd då ytterligare en slamgiva spridits och innebär att större mängder av olika ämnen har påförts jorden. Resultaten är inte entydiga men tyder på att man inte kan visa på högre halter i jorden trots ytterligare en slamgiva.

Än en gång vill vi påpeka att man inte ska dra för stora växlar på dessa enstaka analyser. Osäkerheten är stor och ännu så länge bör man mera se resultaten som indikationer på storleksordningar och trender.

Resultaten från den fördjupade studien av PCB och EOCl visas i tabell 51 nedan.

Tabell 51. Analys av PCB och EOCl i jordprov. (mg/kg TS).

ÄMNE	A0 IGELOSA	B0 IGELOSA	A0 P-BORG	B0 P-BORG
S:a PCB 1990	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
S:a PCB 1993	i.d.	i.d.	i.d.	i.d.
S:a PCB 1994	0,003	0,003	0,002	0,006
EOCl 1990	≤0,5	≤0,5	≤0,5	≤0,5
EOCl 1993	3,4	2,2	1,6	1,6
EOCl 1994	0,47	2,4	0,34	0,58

i.d. : icke detekterat

Som framgår av tabell 51 är summa PCB och EOCl försumbar i jorden och dessutom är förekomsten av EOCl i B0-ledet (med slam) inte entydigt högre än i A0.

10.3. Dioxin

Från början var det inte tänkt att analysera dioxin på jordprover. Men då analys av slam och gröda gav detekterbara värden beslöt vi att även analysera jordproverna. Således finns inga analyser för 1990 utan enbart för år 4/3 (1993) och år 1/4 (1994). För år 1/4 (1994) utfördes analys både av led A0 (utan slam) och B0 (normalgiva slam). Resultaten visas i tabellerna nedan.

Tabell 52 Analys av dioxin i jordprov (pg/g TS = 10^{-6} mg/kg TS) 1993

METOD	B0 Igelösa	B0 Petersborg
Eadon	0,65	0,49
Nordisk	0,67	0,50
I-TEF	0,69	0,51

Tabell 53. Analys av dioxin i jordprov (pg/g TS = 10^{-6} mg/kg TS) 1994

METOD	A0 Igelösa	B0 Igelösa	A0 Petersborg	B0 Petersborg
Eadon	0,86	0,86	0,52	0,79
Nordisk	1,1	1,1	0,60	0,89
I-TEF	1,1	1,1	0,63	0,92

Resultaten från år 1994 återspeglar situationen då mer slam påförts jämfört med 1993. Led B0 har också något högre värden jämfört med 1993. För 1994 kan man också jämföra utan slam (A0) och med slam (B0). För Petersborgs jord har värdet ökat något medan i Igelösa är det samma halt med eller utan slam.

Förhållandet mellan slam och jord vad avser dioxininnehållet är c:a 100, dvs. i jorden återfanns 1/100 av vad slammet har. 1 ton slam-TS påförs 1 ha vilket motsvarar en inblandning i c:a 4.200 ton jord (0-30 cm). Utspädningen är alltså 1:4.200. Detta innebär att slammet är en underordnad källa till jordens dioxintillförsel. Atmosfäriskt nedfall har troligen stor inverkan på resultaten.

Vi vill påpeka att det är extremt små halter vi arbetar med och att multiplicera små tal med stora flöden kan ge missvisande svar.

10.4. Övriga ämnen

Inom projektet fanns en förhoppning att man genom ett större antal AOX- och EOX-analyser skulle kunna få tillräcklig kunskap för att sedan ta ut ett mindre antal prover för en större och mer djupgående analys. Tillsammans med ett laboratorium inleddes därför ett samarbete för jordanalyser av AOX och EOX.

Jordprover togs ut c:a två månader efter slamspridning, d.v.s. november-89. De led som togs var A0, A2, B0, B2, C0 och C2 på vardera Igelösa och Petersborg.

Parallella analyser på samma prov gav resultat som varierade mellan 2 mg/kg TS till 187 mg/kg TS. Den dåliga reproducerbarheten för AOX och EOX, ledde till att dessa parametrar uteslöts från provtagningsprogrammet.

11. Slamspridningens effekt på markmikrobiologin

11.1. Inledning

Inom projektet har man identifierat behovet att utöka studien med undersökning av olika marklevande organismer. Man har därvid valt dels mikroorganismer dels maskar som lämpliga objekt.

Markens kvantitativa och kvalitativa produktionsförmåga är kopplad till mikroorganismernas aktivitet. En mark är ett komplext system bestående av en kemisk, en fysikalisk och en biologisk del. Den biologiska delen har i många sammanhang försummats. I det biologiska reaktionssystemet kan markorganismerna sägas vara dragmotor. Denna dragmotor startar och sluter de i mark förekommande biogeokemiska kretsloppen. Utav markorganismerna är mikroorganismerna den viktigaste delen.

De markbiologiska tester som utförts i denna studie har valts med tanke på att spegla inverkan av slamgödsling på kol-, kväve och fosforcykeln i mark. Genom att kombinera analyser av mikroorganismernas aktivitet och dess biomassa kan vi erhålla ett känsligare instrument för att mäta påverkan på markekosystemet, än om vi bara skulle studera antingen aktivitet eller biomassa. Genom att dessutom ta hänsyn till kinetiken hos processerna kan vi ytterligare öka känsligheten. De tester man valt ska naturligtvis också kunna ge en indikation på om slammet ger en hämmande inverkan på marken.

Undersökningen har genomförts 1990 och 1994. År 1990 representerar år 1 i cykel 3 och 1994 år 1 i cykel 4. Cykel 3 innebär att 3 x 4 dvs. 12 års slamgivor tillförts och cykel 4 att 16 års slamgivor tillförts.

De mikrobiologiska studierna har utförts vid institutionen för Mikrobiologi, SLU under ledning av docent Lennart Torstensson. Fr.o.m. 1994 års studier har även agronom Mats Johansson medverkat i forskningsgruppen.

För fullständig redovisning av den mikrobiologiska delen hänvisas till den separata rapporten som bifogas. Titeln på denna delrapport är:

Markbiologiska effekter vid slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981 – 1995”, Mats Johansson och Lennart Torstensson, Institutionen för mikrobiologi, SLU. (1998).

11.2. Material och metoder

Undersökningen har i stort sett utförts lika år 1990 och 1994. I och med 94 års studie har data även analyserats med såväl univariat som multivariat statistik.

11.2.1 Mikrobiologiska tester

Nedan anges de tester som använts. Härutöver har också organiskt kol, totalkväve och pH bestämts.

KOL

- Bas respiration
- Substratinducerad respiration (SIR)

KVÄVE

- Kväve-mineralisering
- Nitrifikation
- Denitrifikation
- Kvävefixering

FOSFOR

- Fosfatas aktivitet
 - sur
 - alkalisk

11.2.2. Statistisk bearbetning

De två försöksplatserna samt de två olika provtagningstillfällena behandlas statistiskt separat. Detta beror främst på att jordarna är olika och har erhållit olika slamkvaliteter samt att samma analyser ej utförts vid de båda tillfällena. Direkta jämförelser mellan åren bör ej göras eftersom faktorer som växtföljd är av betydelse. De siffror som redovisas ska därför betraktas som skillnader mellan de olika behandlingarna och ingenting annat.

Fältförsök genererar stor mängder data. Ett verktyg för att analysera komplexa datamatriser är principalkomponentanalys (PCA). Med PCA är det möjligt att tolka mönster och förändringar över tiden hos objekten, samt utvärdera samband mellan variabler. Tillsammans med traditionell statistik är detta ett mycket kraftfullt verktyg att tolka förändringar i marksystem. Samtliga experimentella data reduceras med hjälp av PCA till ett fåtal komponenter som tillsammans beskriver de huvudsakliga variationerna i datasetet. Matrisen bestod av de olika jordarna, tidpunkterna och respektive behandling som objekt samt de olika mikrobiella och kemiska analyserna som variabler.

11.3. Resultat

De båda försöksplatserna är skilda från varandra vad beträffar såväl kemiska som biologiska parametrar. Peterborg har generellt lägre biologisk aktivitet jämfört med Igelösa och den bakomliggande orsaken är en lägre mullhalt.

Det finns en naturlig variation i båda fälten, dvs. gradienter av kemiska och biologiska parametrar. Vidare kan man se att slam- och kvävetillförseln har givit upphov till förändringar i fälten som gör det möjligt att gruppera behandlingar. Mönstret för grupperingen är mycket likartat efter provtagningarna 1990 och 1994 (12 respektive 16 årsgivor av slam) för både Petersborg och Igelösa.

För de slambehandlade leden kan man se att mullhalten har ökat (5-16 % över kontroll), samtidigt som totalkvävehalten är i stort oförändrad. pH har sjunkit något.

Vi ser också att markrespirationen (kolomsättningen) generellt ej påverkats av slamgivan. Mikrobiell biomassa mätt genom SIR tenderar att öka vid stigande slamgiva, dock signifikant – endast för Igelösa 1994.

För kvävetesterna gäller att potentialen för kväveminalisering har ökat. Potentialen för nitrifikation tenderar att sjunka. Detta är tydligast för högsta slamgivan. Däremot är potentialen för denitrifikation i stort oförändrad.

11.4 Slutsatser

Det är tydligt att slammet har påverkat flera av de markbiologiska bördighetsfaktorerna positivt. Vidare har inga påtagliga negativa effekter eller störningar på markecosystemet påvisats. De förändringar som uppmätts är i regel små jämfört med skillnader mellan fälten. En stor del av förändringarna beror på ändrad mullhalt och i viss mån en sänkning av pH.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att tillförsel av slam motsvarande 16 årsgivor i huvudsak inverkat positivt på de biologiska markbördighetsfaktorerna.

12. Slamspridningens effekt på maskar

12.1. Utförande och resultat

Denna delstudie är utförd av fil. Dr. Maria Sjögren Öhrn, fil.kand. Maria Hall och fil Dr. Torsten Gunnarsson, vid Ekologiska institutionen, Lunds Universitet. Det fullständiga namnet på delrapporten är "Effekten av normala och stora givor rötslam på småringmaskar och daggmaskar", Lund 1998. Studien är också ett komplement till den tidigare maskstudien från 1990-1991, (Gunnarsson, 1991).

Syftet med undersökningen var att studera vilken inverkan olika slamgivor har på tätheten av daggmaskar och småringmaskar i fält och jämföra det med överlevnad, tillväxt och reproduktion i kontrollerade experiment. Dessutom undersöktes vilken effekt olika tätheter av småringmaskar har på nedbrytningshastigheten av organiskt material.

Den redovisade undersökningen av effekter på markfaunan är ett komplement till de årliga analyserna av näringsämnen, metaller och organiska föroreningar i slam, jord och skörd.

Förekomsten av daggmask och småringmask undersöktes i försöksled som tillförts 0, 4 och 12 ton TS slam per ha vart 4:e år sedan 1981 med eller utan handelsgödsel (Petersborg).

Tätheten av daggmaskar uppskattades genom att hålla 0.25 % formaldehydlösning över 10 stycken 0.25 m² rutor per försöksled för att sedan räkna och artbestämma de maskar som kröp upp till ytan. Småringmaskar våtextraherades ur motsvarande antal insamlade jordprover, räknades och bestämdes till släkte. Överlevnad, tillväxt och reproduktion undersöktes hos småringmasken *Enchytraeus doerjesi* i jord från de olika försöksleden. Nedbrytningshastighet mättes som respiration i ett eget experiment på samtliga jordar med tre olika tätheter av *E. doerjesi*.

Tillförsel av rötslam i normal omfattning, ca 1 ton TS slam per ha och år, och av den kvalitet som Sjölanda reningsverk i Malmö kommun levererat mellan 1981 och 1993 har en positiv effekt på tätheten av daggmaskar.

Nedbrytningshastigheten av organiskt material ökar med tätheten av *E. doerjesi*. Det visar att markdjur, trots att de vanligen står för en mycket liten del av den direkta respirationen i mark, har en viktig roll i nedbrytningsprocessen. Det kan därför på sikt vara ett problem att art- och individantalet utarmas.

Resultaten visas i sin helhet i bifogade delrapport, (Sjögren-Öhrn, m.fl., 1998).

12.2 Slutsatser

Slamgivorna på 1-3 ton TS slam per ha och år gynnar daggmaskar, men tätheten på de undersökta försöksleden är ändå mycket låg..

Nedbrytningshastigheten ökade med mängden tillfört slam och med antalet småringmaskar. Markdjur anses öka nedbrytningshastigheten av organiskt material genom att näringsämnen blir mer tillgängliga för mikroorganismerna när de har passerat genom ett djurs tarm och att djurens betning på t.ex. svamhyfer ökar tillväxt och aktivitet. Den fysiska miljön förändras också av maskarnas aktivitet vilket kan ge bättre betingelser för mikroorganismerna.

13 Resultatsammanfattning

13.1. Slammets effekt på skörden

- I genomsnitt för de 16 försöksåren har normal slamgiva, motsvarande 1 ton slam-TS per hektar och år, gett upphov till en skördeökning på 13 % i förhållande till helt ogödslat försöksled.
- I det fall slamtillförsel, motsvarande 1 ton slam-TS per hektar och år, skett utöver vad som bedömts vara optimal mineralgödselgiva, har skördeökningen av slammet varit 5 %-enheter.
- Omsätts detta i skördevärde, räknat i 1998 års prisnivå, motsvarar detta ca 400-850 kr per hektar och år. Uttryckt på annat sätt kan detta sägas att slammets skördehöjande effekt i detta projekt har varit 400-850 kr per ton TS slam.
- Alla förekommande grödor har svarat positivt på slamtillförsel.

13.2. Metaller i skördeprodukterna

- Den metall som genom åren diskuterats mest är kadmium. I dessa försök har inte koncentrationen i grödan ökat vid slamtillförsel, inte ens vid trefaldig slamgiva.
- Kopparhalterna ökar på Igelösa i grödan sockerbetor, men ej i höstvetete. På Petersborg finns ingen konstaterad påverkan.
- Halten av övriga metaller har ej påvisbart förändrats vid slamtillförsel.

13.3. Organiska föreningar i skördeprodukterna

- Av de 70 "Priority Pollutants" som undersökts kunde inget ämne påvisas i höstvetete och ett ämne påvisas men ej kvantifieras i höstraps, första året efter slamspridning (1990 och 1994).
- Fjärde året efter slamspridning (1993) återfanns flera cykliska aromater i PP-analysen. Dock hade i samtliga fall försöksledet utan slam högre halter än försöksledet med normal slamgiva.
- Året efter förnyad slamspridning (1994) återfanns i stort sett samma ämnen och halter som året före (1993).
- DEHP har påvisats i grödan. Halten tycks öka vid slamtillförsel.
- Analyserna visade inga spår av PAH i grödan. Ej heller av nonylfenol.
- En fördjupad analys av summa PCB visade att ämnet inte kunde detekteras i något led vare sig år 1, 4 eller år 1 efter förnyad slamspridning.

- Analys av dioxin gav knappt mätbara halter. Värdena var mycket motsägelsefulla vid jämförelse mellan försöksled, gröda och år. En utvärdering av resultaten har även gjorts av prof. Rappe vid Umeå Universitet varvid man konkluderade att halten dioxin i gröda och jord inte berodde på slamtillförseln.

13.4. Påverkan på markens växtnäringsinnehåll

- Fosfortalen, både P-AL och P-HCl, har ökat mycket markant på båda försöksplatserna när slam tillförts.
- Mullhalten stiger påvisbart vid slamtillförsel på Igelösa, men ej på Petersborg.
- pH-värdena påverkas inte alls på Igelösa, men visar en svag tendens till att sjunka något på Petersborg vid slamgödsling.
- Halterna i matjorden av magnesium, kalium, kalcium och bor påverkas inte alls av slamgödslingen.

13.5. Metaller i marken

- I försöken finns det inget samband mellan kadmiumhalten i jorden och tillförsel av slam eller mineralgödsel.
- Kopparvärdena stiger i matjorden vid slamtillförsel.
- Kvicksilverhalten stiger i matjorden vid slamtillförsel. Detta samband är tydligast på Igelösa.
- På Igelösa har zinkhalterna ökat vid slamtillförsel. Dock ej på Petersborg.
- Halterna av övriga metaller har ej påverkats av slamtillförsel.

13.6. Organiska föreningar i marken

- Av de 70 PP-ämnena kunde inget ämne kvantifieras första året efter slamspridning (1990).
- År 1 (1990) fanns fler PP-ämnen identifierade i slamledet på Igelösa jämfört med ledet utan slam medan förhållandet var det omvända för Petersborg.
- Året efter förnyad slamspridning (1994) återfanns i stort sett samma ämnen, men märkligt nog hade led A0 (utan slam) klart högre värden än tidigare.
- En fördjupad analys av summa PCB visade att ämnet inte var påvisbart i något led vare sig år 1 eller 4. Efter förnyad slamspridning erhöles halter strax över detektionsgränsen.
- Analyserna visade på spår av PAH och DEHP i marken.

- Halten EOCl i jorden låg under detektionsgränsen 1990 men över 1993. Efter förnyad slamspridning erhöles 1994 genomgående lägre värden än 1993, dock var ledet med slam högre än utan slam.
- Halten dioxin var c:a 0,50 pg/g TS 1993 och något högre efter förnyad slamspridning (1994) med värden från 0,60 till 1,1 pg/g TS. En kontrollberäkning visade att koncentrationen i jorden var 1/100 av slammets. Utspädningen vid inblandning i jorden motsvarar en faktor 1:4.200 – således är det inte slammet som är källan.
- AOX- och EOX-analyserna visade alltför låg tillförlitlighet vid analys av jordprover.

13.7. Närsalter och metaller i slam

- Slammets innehåll av ammoniumkväve har i medeltal varit 0,5 % av TS i Lund och 1,1 % av TS i Malmö, som ammonium.
- Fosforhalterna har i medeltal varit 4,2 % av TS i Lund och 3,2 % av TS i Malmö.
- Metallhalterna har överlag minskat med tiden. Undantaget är koppar som ökat, främst beroende på korroderande vattenledningar.

13.8. Organiska föreningar i slam

1998 visade PP-analysen att i Lunds slam kunde 20 ämnen identifieras och i Malmös fall kunde fyra ämnen identifieras. För 1993 var förhållandena så att i Lund kunde endast 9 ämnen identifieras medan Malmö hade 16 identifierbara ämnen. För 1997 slutligen kunde 21 ämnen i Lunds slam identifieras, och 22 i Malmös slam.

- Trots att man nu har tre olika analystillfällen uppvisar materialet mycket stor spridning. Resultaten bör därför ses som en allmän information om ett ämne eller en grups förekomst samt vilken storleksordning.
- Nonylfenoler har återfunnits i kvantifierbara mängder i samtliga prov och man kan se en tydlig minskning över tiden.
- DEHP och fenoler har återfunnits i kvantifierbara mängder i flertalet av proverna.
- analysen av PCB visade att värdet ligger kring 0,2-0,4 mg/kg TS.
- Analys av dioxin visade att halterna tycks stabilisera sig kring 15-20 ng/kg TS vilket kan betecknas som låga värden för svenskt slam.
- Inga bekämpningsmedel återfanns i slammen från 1989 och 1993. Vid 1997 års provtagning var analysen ändrad och detektionsgränsen sänkt med en faktor 10 till 100 beroende på ämne. Rester av två bekämpningsmedel, båda insektsmedel, återfanns i 97 års slam. Inga rester av fenoxisyror spårades.

13.9. Slammets effekt på daggmaskar

Undersökningarna från 1990-1991 angående daggmaskförekomsten i slambehandlade respektive icke slambehandlade försöksled utfördes av fil. Dr. Torsten Gunnarsson, Ekologiska institutionen vid Lunds Universitet. Här redovisas endast resultaten i sammanfattande form.

- Slammet har haft positiv effekt på daggmaskarnas reproduktion.
- Mortalitet och vikt har ej påverkats hos föräldragenerationen.
- Andra generationens ("ungarna") tillväxt stimulerades i slambehandlad jord från Petersborg men var oförändrad i Igelösa.

Under åren 1996-1997 utfördes en förnyad studie avseende maskar. Undersökningen utfördes vid samma institution dock hade forskargruppen utökats med fil. Dr Maria Sjögren-Öhrn och fil. kand. Maria Hall. Resultaten kan sammanfattas till följande:

- Resultaten från studien 1990-1991 vidimeras, vad gäller daggmaskar, dvs. att normala slamgivor har en positiv effekt.
- Den fysiska miljön förändrades positivt av maskarnas aktivitet vilket ger bättre betingelser för mikroorganismer i marken.

13.10. Mikrobiologiska tester

Under hösten 1990 och 1994 uttogs prover för mikrobiologiska tester. Undersökning av dessa prover utfördes på Sveriges Lantbruksuniversitet, Institutionen för Mikrobiologi, under ledning av docent Lennart Torstensson. Resultaten från 1990 har redovisats i tidigare rapport. Fr.o.m. 1994 har även agronom Mats Johansson medverkat. Här sammanfattas resultaten från båda åren vilka även bearbetats genom såväl univariat som multivariat statistik.

- Slammet har påverkat flera av de markbiologiska bördighetsfaktorerna.
- Inget påtagligt negativ inverkan på mikroorganismerna har påvisats.
- Förändringarna är i regel små jämfört med skillnader mellan fälten.
- En stor del av förändringarna beror på ändrad mullhalt och i viss mån en sänkning av pH.
- Tillförsel av slam motsvarande 16 årsgivor har i huvudsak inverkat positivt på de biologiska markbördighetsfaktorerna.

LITTERATURFÖRTECKNING

Andersson, P-G. Nilsson, P. (1992). Slamspridning på åkermark – fältförsök med kommunalt avloppsslam under åren 1981-1991. Bulletin Serie VA nr 67, Avd f. VA-Teknik, LTH, Lund.

Gunnarsson, T. (1991). Slamspridning på åkermark. Effekter på reproduktion, tillväxt och mortalitet hos daggmaskart. *Allolobophora chlorotica*. Ekologiska Institutionen, Lunds Universitet.

Torstensson, L. (1992). Projekt Slamspridning på åkermark. Mikrobiologiska test. Inst. f. Mikrobiologi, SLU, Ultuna.

Andersson, P-G. Nilsson, P. (1993). Slamspridning på åkermark. VA-Forsk rapport nr 1993:06.

Andersson, P-G. Nilsson, P. (1996). Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981-1995. Hushållningssällskapets rapportserie nr 1.

Bixo, O. Red. (1997). Avloppsslam – resurs eller fara i Kretsloppet? En beskrivning av projektet ”Slamspridning på åkermark”. Hushållningssällskapets rapportserie nr 8.

Naturvårdsverket (1997). Inarbetning av avloppsslam. En metod att tillverka jord. Naturvårdsverkets rapport nr. 4823.

Rappe, C., Et, al. (1997). A Field Study on the Use of Sewage Sludge as Soil Amendment. Organohalogen compounds Vol. 32.

Sjögren-Öhrn, M., Hall, M., Gunnarsson, T. (1998). Effekterna av normala och stora givor rötslam på småringmaskar och daggmaskar. Zooekologiska avd., Ekologiska Inst., Lunds Universitet.

Johansson, M., Torstensson, L. (1998). Markbiologiska effekter vid slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981-1995. Institutionen. f. Mikrobiologi, SLU, Ultuna.

Johansson, M., Torstensson, L. (1999). Markmikrobiologi och nedbrytning av organiska föreningar vid stora slamgivor. Inst. f. Mikrobiologi, SLU, Ultuna (under publicering).