

Slamspridning på åkermark

FÄLTFÖRSÖK MED
KOMMUNALT AVLOPPSSLAM
FRÅN MALMÖ OCH LUND
UNDER ÅREN 1981–2014

Ett projekt i samverkan mellan kommunerna
Malmö, Lund, Trelleborg, Kävlinge, Burlöv, Lomma,
Staffanstorps och Svedala, samt SYSAV och Svenskt
Vatten Utveckling

FÖRORD	5
SAMMANFATTNING	7
1. INLEDNING	8
1.1. MÅLSÄTTNING MED PROJEKTET	8
1.2. FÖRSÖKSUPPLÄGGNING OCH DESIGN	8
1.2.1. Försöksplan	8
1.2.2. Blockförsök	8
1.2.3 Försöksplatserna	10
1.2.4. Grödor och tidpunkt för slamspridning	10
1.3. PROVTAGNING, PROVHANTERING OCH ANALYSER	12
1.3.1. Slam	12
1.3.2. Jord	12
1.3.3. Gröda	12
1.4. UTVÄRDERING OCH STATISTISK ANALYS AV DATA	13
2. EGENSKAPER HOS TILLFÖRT SLAM	15
2.1. VÄXTNÄRINGSINNEHÅLL I SLAMMET	15
2.2. METALLINNEHÅLL I SLAMMET	16
3.1. EFFEKT PÅ SKÖRDENS STORLEK	19
3.1.1. Skördar från Igelösa	19
3.1.2. Skördar från Petersborg	19
3.2. SKÖRDEPRODUKTERNAS INNEHÅLL AV TUNGMETALLER	19
3. FÖRSÖKSRESULTAT 2012-2014	19
3.2.1. Skördar från Igelösa	20
3.2.2. Skördar från Petersborg	20
3.3. SLAMMETS EFFEKT PÅ MARKENS VÄXTNÄRINGSINNEHÅLL	20
3.3.1. Igelösa – Växtnäringstillstånd i matjorden 2012, 2013 och 2014	21
3.3.2. Petersborg – Växtnäringstillstånd i matjorden 2012, 2013 och 2014	21
3.4. SLAMMETS EFFEKT PÅ MARKENS METALLINNEHÅLL	21
3.4.1. Igelösa – Metallinnehåll i matjorden 2012, 2013 och 2014	21
3.4.2. Petersborg – Metallinnehåll i matjorden 2012, 2013 och 2014	21
4. SAMMANFATTANDE FÖRSÖKSRESULTAT 1981-2014	23
4.1. SLAMMETS EFFEKT PÅ SKÖRDEN	23
4.1.1. Skördeeffekt olika år efter slamtillförsel	23
4.1.2. Skördeeffekt på höstraps	24
4.1.3. Skördeeffekt på vårsäd (vårkorn, vårvete, havre)	24
4.1.4. Skördeeffekt på höstvete	25
4.1.5. Skördeeffekt på sockerbetor	25
4.1.6. Skördeeffekt på konservärt	26

4.1.7. Skördeeffekt på rödsvingelfrö	26
4.1.8. Skördar och ekonomiskt utfall	27
4.2. SKÖRDEPRODUKTERNAS INNEHÅLL AV METALLER	29
4.3. SLAMMETS EFFEKT PÅ MARKENS VÄXTNÄRINGSINNEHÅLL	31
Markens mullhalt	32
Markens innehåll av kväve	33
4.4. SLAMMETS EFFEKT PÅ MARKENS METALLINNEHÅLL	36
5. SLUTSATSER AV RESULTAT FRÅN ÅREN 1981-2014	40
5.1. SLAMMETS EFFEKT PÅ SKÖRDEPRODUKTERNA	40
5.1.1. Effekt på skördens storlek	40
5.1.2. Metaller i skördeprodukter	40
5.2. SLAMMETS PÅVERKAN PÅ MARKEN	41
5.2.1. Påverkan på markens växtnäringss-innehåll	41
5.2.2. Påverkan på markens metallinnehåll	41
5.3. SLAMMETS KVALITET	41
5.3.1. Växtnäringssämnen och metaller i använt slam	41
6. TIDIGARE RAPPORTER I PROJEKTET	43
7. TABELLBILAGA	44
IGELÖSA. SKÖRD 2012-2014	44
PETERSBORG. HALTER AV METALLER I SKÖRDEPRODUKTER 2012-2014	48
IGELÖSA. VÄXTNÄRINGSTILLSTÅND I JORD 2012-2014	49
PETERSBORG. VÄXTNÄRINGSTILLSTÅND I JORD 2012-2014	51
IGELÖSA. METALLER I JORD 2012-2014	54
PETERSBORG. METALLER I JORD 2012-2014	55
KVÄVETILLSTÅND I MATJORDEN 1982-2014	57



Förord

De kommunala reningsverken byggdes ut i stor omfattning på 1970-talet och stora mängder slam uppkom som en restprodukt av reningen. Slammet innehåller näringsämnen och 2005 beslutade Riksdagen om ett delmål om att återföra dessa till marken. För fosfor, som är en ändlig resurs, beslutade riksdagen ett särskilt miljömål, som innebar att minst 60 procent av fosforföreningarna i avlopp senast år 2015 skulle återföras till produktiv mark, och minst hälften borde återföras till åkermark.

I och med att miljömålssystemet gjordes om 2013 så försvann alla de gamla delmålen.

Naturvårdsverket har, i sin slutrapport från regeringsuppdraget om hållbar återföring av fosfor, föreslagit ett nytt etappmål för återföring av näringsämnen från avlopp:

- Kretsloppen av växtnäringsämnen ska vara resurseffektiva och så långt som möjligt fria från oönskade ämnen.
- Tillförsel och bortförsel av växtnäringsämnen bör balansera i skog och jordbruk.
- Avloppssystemen bör utvecklas så att en hållbar återföring av växtnäringsämnen underlättas.
- Senast år 2018 kommer minst 40 % av fosfor och 10 % av kvävet i avlopp tas tillvara och återföras som växtnäring till åkermark utan att detta medför en exponering för föroreningar som riskerar att vara skadlig för människor eller miljö.

Regeringen förväntas besluta om det nya etappmålet under 2016.

Växtnäringen i avloppsslammet eftersträvades redan från början att återföras till åkermarken. Uppmärksamheten inriktades tidigt på de tungmetaller som fanns i slammet och stora insatser har genom åren gjorts både av de kommunala huvudmännen för reningsverken och samhället för att minska halterna genom att få in så lite av tungmetallerna som möjligt i reningsverken. Kraven på slammet har alltid varit att det varken på kort eller lång sikt får skada jorden, grödan eller konsumenten av grödan. Inte heller får slammet orsaka skador på dem som arbetar med åkermarken.

Frågeställningen från lantbrukarkåren var om slammet var en tillgång eller belastning i växtodlingen. Det bästa sättet att få svar på frågan var att testa slamspridning på åkermark

under kontrollerade former i verkligheten genom regelrätta fältförsök. En arbetsgrupp bildades med representanter från dåvarande SSK (Sydvästra Skånes Kommunförbund), Sysav (Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag), Hushållningssällskapet Malmöhus och LRF (Lantbrukarnas Riksförbund). Hushållningssällskapet gjorde en enkät i sydvästra Skåne för att undersöka hur intresset hos lantbrukarna var för att ta emot slam för spridning på sina åkrar. En majoritet av de tillfrågade var positiva till att ta emot slam.

Nästa steg i processen var att konstruera en försöksplan och att lägga ut fyra fältförsök i sydvästra Skåne, vilket skedde hösten 1981. Efter några år avslutades två av försöken och tillgängliga resurser koncentrerades till två försöksplatser, Igelösa norr om Lund och Petersborg söder om Malmö. Dessa två fältförsök pågår fortfarande.

Denna rapport redovisar resultatet av försöken under 2012–2014. För att sätta resultaten i sitt sammanhang redovisas även en sammanfattning av 33 års försöksresultat.

Det kan nämnas att det utförts ett antal undersökningar i projektet som tidigare publicerats. För närvarande pågår två sidoprojekt. Ett med WSP (Mats Allmyr) som huvudman där jordprover tagits från försöksplatserna för analys av läkemedelsrester. Bearbetning av resultaten pågår. Det andra projektet berör också läkemedelsrester och leds av IVL (Lars Rosenqvist). Försöket utförs i Petersborg och här koncentreras undersökningen till att undersöka markvattnet genom att placera ut ett antal undertryckslysimetrar i försöket. Projektet är pågående.



Projektet "Slamspridning på åkermark" är unikt, inte bara i Sverige utan även i Europa genom att det är upplagt som ett praktiskt fältförsök, där påverkan på åkermarken och dess växter på grund av upprepad slamtillförsel kan följas under lång tid. En stor enighet föreligger om angelägenhetsgraden att fortsätta försöken, inte minst med tanke på att här finns ett helt unikt material att arbeta vidare med.

Försöksverksamheten leds av en projektgrupp, som sedan förra avrapporteringen 2012, har haft följande sammansättning:

Henrik Aspegren, VA SYD, Ordförande (tom 2014)

Christopher Gruvberger, VA SYD, (from 2015)

Ann Thorén, Sysav, Sekreterare

Stig Edner, Sysav Utveckling AB, (tom 2014)

Anders Finnson, Svenskt Vatten, (from 2014)

Agneta Leander, VA SYD

Anders Persson, Sysav Utveckling AB (from 2015)

Ulf Nyberg, VA SYD, (from 2015)

Tom Nielsen, Kävlinge kommun

Henrik Lindblom, VA SYD (tom 2013)

Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Skåne

Universitetslektor Jan-Eric Englund, Agrosystem, SLU, Alnarp har varit sakkunnig i den statistiska bearbetningen av innehåll av växtnäringsämnen och metaller i skördeprodukterna åren 2010 och 2011. Övriga statistiska bearbetningar är utförda vid Mark och miljö, avdelningen för Växtnäring och markbiologi, SLU, Ultuna.



Sammanfattning

Systematiska fältförsök för att undersöka effekterna på mark och gröda vid spridning av slam på åkermark har pågått i Malmö och Lund sedan 1981 och de pågår fortfarande. Rötat och avvattnat slam från Sjölanda och Källby avloppsreningsverk i Malmö respektive Lund har spridits på försöksytor på Petersborgs gård strax söder om Malmö och på Igelösa gård strax norr om Lund. Valet av grödor har följt den växtföljd som tillämpats på respektive gård.

Försöken utförs som ett blockförsök med fyra block, där alla försöksleden ingår i varje block. I fältförsöken finns ett helt obehandlat led där, varken avloppsslam eller mineralgödsel har tillförts sedan 1981. Tillförsel i de slambehandlade leden är motsvarande 1 och 3 ton torrsubstans (TS) per hektar och år. Tillförsel har skett vart fjärde år med 4 respektive 12 ton TS per tillfälle. Både led med och utan slam har kombinerats med olika mängder mineralgödsel. Tillförseln har varit ingen (0), halv (1/2) respektive hel (1/1) giva av kväve i förhållande till vad som betraktas som normal gödsling för respektive gröda. Vid halv och hel kvävetillförsel har rekommenderad mängd av fosfor och kalium tillförts.

Från år 2010 har provtagning av både jord och gröda skett rutvis istället för som tidigare ledvis. Detta innebär fyra gånger så många analyser, men möjliggör en bra statistisk bearbetning av materialet.

Slammets innehåll av näringsämnen uppgår till cirka 4 % av TS vad gäller kväve och till drygt 3 % av TS vad gäller fosfor. Slamkvaliteten har genomgått en avsevärd förbättring sedan försöken startade. Samtliga metallhalter har minskat med tiden och minskningen uppgår i genomsnitt till

cirka 60 % för slammen från båda avloppsreningsverken. Minskningen av halterna av bly, kadmium och kvicksilver har uppgått till cirka 75–90 %.

Fältförsöken har visat att slamgödsling medför att markens mullhalt är högre än i de försöksled som inte fått någon slam. Detsamma gäller för tillförsel av handelsgödsel, men i mindre grad. Dock har inte mullhalten ökat i jämförelse med situationen när försöken började för 34 år sedan på försöksplatsen Igelösa. I Petersborg har dock tillförsel av slam medfört en ökad mullhalt.

Fosfortalen har stigit markant och kvävehalten har ökat i det översta markskiktet. Halterna av tungmetaller i marken har ökat vad gäller koppar, kvicksilver och zink på båda försöksplatserna. Kadmiumhalten har ökat på försöksplatsen Petersborg vid något analystillfället, dock i mycket begränsad omfattning. Blyhalten har vid några analystillfällen ökat på båda försöksplatserna och dessutom har tennhalten uppvisat förhöjda analysvärden vid senaste analystillfället på båda försöksplatserna. Övriga metaller har inte uppvisat några förändrade värden på grund av slamgödsling.

Tillförsel av handelsgödsel tycks inte påverka halterna av metaller i marken.

Slamtillförsel påverkar inte upptaget av tungmetaller i grödan, inte ens vid trefaldig tillförsel.

Alla i försöken förekommande grödor har svarat med ökad skörd vid slamtillförsel. I genomsnitt har en skördeökning med cirka 7 % erhållits av slamgödslingen. Försöken har entydigt visat att slamtillförseln inte har haft någon negativ påverkan på växternas upptag av tungmetaller. Det kan fastslås att markens bördighet ökar vid slamtillförsel.



1. Inledning

Projektet Slamspridning på åkermark startade 1981. Försöksplatserna är Igelösa gård, strax norr om Lund, och Petersborgs gård, strax söder om Malmö. Slam har levererats från Källbyverket i Lund respektive Sjölundaverket i Malmö. Första gången slam spreds på försöksytorna var hösten 1981. Därefter har slam tillförts vart fjärde år efter skörd av årets gröda.

För projektledning av fältförsöken ansvarar Hushållningssällskapet Malmöhus och Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Skåne, är projektledare för denna del sedan 1988.

1.1. Målsättning med projektet

Målsättningen med projektet är att undersöka effekten på såväl mark som gröda vid spridning av slam på åkermark. Detta innebär att effekterna av tillförsel av näringsämnen, metaller, mikrospårämnen och mullbildande ämnen ska utvärderas och kvantifieras. Vidare ska tillförsel av organiska miljöstörande ämnen identifieras, kvantifieras och riskbedömas vid några tillfällen.

1.2. Försöksuppläggning och design

För att få större säkerhet och minska effekterna av försöksfel utförs fältförsök nästan utan undantag med ett antal upprepningar, dvs. varje försöksled upprepas ett antal gånger. Det vanligaste är fyra upprepningar, vilket också är fallet med dessa slampförsök. Av praktiska och statistiska skäl ordnas försöksleden i olika block.

1.2.1. Försöksplan

Försöksplanen omfattar nio olika kombinationer av slamtilleförsel och mineralgödselgivor med nedanstående beteckningar.

A Utan slam

B Slam. 4 ton TS per hektar vart 4:e år (1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013)

C Slam. 12 ton TS per hektar vart 4:e år (1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013)

0 Utan mineralgödsel

1 NPK i förhållande till gröda. ½ N-giva, 1/1 PK-giva

2 NPK i förhållande till gröda. 1/1 N-giva, 1/1 PK-giva

TS = Torrsubstans

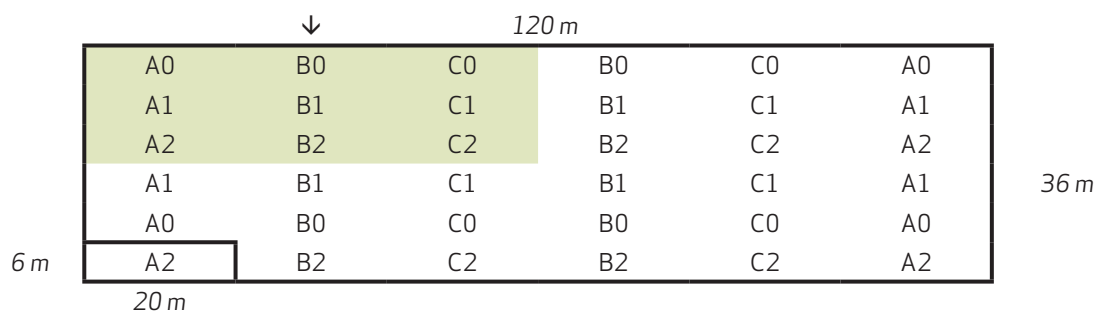
Kombinationen A0 betyder ingen slamtilleförsel och ingen mineralgödsel och kombinationen B2 betyder 4 ton slam-TS per hektar vart fjärde år och full NPK-giva.

1.2.2. Blockförsök

Försöket är utfört som ett blockförsök. I varje block ingår alla försöksleden och blocken kommer därför att utgöra en komplett upprepning. Inom varje block ska, om möjligt, försöksrutorna placeras slumpmässigt. Denna princip måste dock av praktiska skäl frångås i detta fall.

Av figur 1 framgår hur blockförsöket organiserats. Det markerade området är i detta fall ett block. Som synes är inte rutorna fritt slumpade inom blocket utan ett visst systematiskt mönster kan urskiljas. Orsaken till detta är att det inte går att köra in i ett rutförsök med en slamspridare och sprida varje ruta

för sig. Spridaren måste vara i gång när man med jämn hastighet kör in i försöket och sprider ett antal rutor på en gång. Man kör in vid pilen i figur 1 och lägger mängden 4 ton TS/ha. Därefter tar man nästa kolumn med B-led. På samma sätt gör man med mineralgödseltillförsel vågrätt.



Figur 1. Blockförsök med fyra block

Om rutorna hade slumpats fritt inom varje block hade det varit nödvändigt att göra mycket större försöksytor för att möjliggöra behandling av varje enskild ruta för sig. Med större försöksytor hade man fått mycket större variation i jordart och därmed ett större försöksfel. Även risken för felbehandlingar hade blivit mycket större i ett långt perspektiv.

I fältförsöken finns ett helt obehandlat led (A0). Här har varken avloppsslam eller mineral-gödsel tillförts sedan 1981.

Tillförseln i de slambehandlade leden är motsvarande 1 och 3 ton torrsubstans per hektar och år. Tillförsel har skett vart fjärde år med 4 respektive 12 ton torrsubstans per tillfälle. B-ledet, 4 ton TS per tillfälle, motsvarar den av Naturvårdsverket maximalt rekommenderade givan vid försökens starttidpunkt. Avsikten med C-ledet var att simulera långtidseffekter men även att studera vad som händer när det ekologiska systemet provoceras.

Både led med och utan slam har kombinerats med olika mängder mineralgödsel. Tillförseln har varit ingen (0), halv (1/2) respektive hel (1/1) giva av kväve i förhållande till vad som betraktas som normal gödsling för respektive gröda. Vid halv och hel kvävetillförsel har rekommenderad mängd av fosfor och kalium tillförts. Alla kombinationer mellan de olika mängderna av mineralgödsel och slam förekommer.



1.2.3 Försöksplatserna

Försöken har bedrivits vid Igelösa och Petersborg. Platserna valdes med tanke på att de skulle vara representativa för respektive trakt. Båda platserna representerar skånsk slättbygd. Försöksplatserna är båda belägna på den så kallade sydvästmoränen, vilken bl.a. karakteriseras av god bördighet och ringa stenförekomst. Försöksplatserna representerar jordarna i respektive område väl.

IGELÖSA

Försöksfältet på Igelösa gård är beläget i Eslövs kommun en knapp mil nordost om Lund. Gården ägs och brukas av Björnstorp & Svenstorps godsförvaltning. Gården representerar en större kreaturslös gård och en för trakten normal jordart.

PETERSBORG

Försöksfältet på Petersborgs gård är beläget några kilometer söder om Malmö. Gården ägs och brukas av Peter Bager. Försöksplatsen representerar en för Söderslätt typisk jordart med låg mullhalt. Gården drivs kreaturslöst.

I tabell 1 visas en typisk jordanalys för de båda försöksplatserna från 1981 när försöken påbörjades.

Tabell 1. Jordanalyser på försöksplatserna 1981

Försöksplats	pH	Lättlöslig växtnäring* mg/100 g jord				Jordart
		P	K	Ca	Mg	
Igelösa	7,0	9,0	11,4	415	10	mmhML = måttligt mullhaltig mellanlera
Petersborg	6,8	11,1	8,9	195	7	nmhLL = något mullhaltig lättlera

*Ammoniumlaktatlösning

Med måttligt mullhaltig menas att jorden innehåller 3-6 % mull och något mullhaltig innehåller 2-3 % mull. En lättlera innehåller 15-25 och en mellanlera 25-40 % ler.

1.2.4. Grödor och tidpunkt för slamspridning

Följande grödor har odlats under försökstiden vid Igelösa respektive Petersborg. Grödorna har följt gårdarnas växtföljd.



År	Igelösa	Petersborg	År/cykel
1981	Slamspridning	Slamspridning	0/1
1982	Höstvete	Höstvete	1/1
1983	Sockerbetor	Sockerbetor	2/1
1984	Vårvete	Vårkorn	3/1
1985	Havre	Höstraps	4/1
1985	Slamspridning	Slamspridning	0/2
1986	Höstvete	Höstvete	1/2
1987	Sockerbetor	Sockerbetor	2/2
1988	Vårvete	Vårkorn	3/2
1989	Vårkorn	Höstraps	4/2
1989	Slamspridning	Slamspridning	0/3
1990	Höstraps	Höstvete	1/3
1991	Höstvete	Sockerbetor	2/3
1992	Sockerbetor	Vårkorn	3/3
1993	Vårvete	Höstraps	4/3
1993	Slamspridning	Slamspridning	0/4
1994	Konservärt	Höstvete	1/4
1995	Höstraps	Sockerbetor	2/4
1996	Höstvete	Vårkorn	3/4
1997	Sockerbetor	Höstvete	4/4
1997	Slamspridning	Slamspridning	0/5
1998	Vårvete	Sockerbetor	1/5
1998	Tillförsel av kalkstensmjöl, 6 ton/ha	Tillförsel av kalkstensmjöl, 4ton/ha	
1999	Vårkorn	Vårkorn	2/5
2000	Konservärt	Vårkorn	3/5
2001	Höstraps	Höstraps	4/5
2001	Slamspridning	Slamspridning	0/6
2002	Höstvete	Höstvete	1/6
2003	Rödsvingelfrö	Sockerbetor	2/6
2004	Rödsvingelfrö	Vårkorn	3/6
2005	Höstvete	Höstvete	4/6
2005	Slamspridning	Slamspridning	0/7
2006	Sockerbetor	Höstvete	1/7
2007	Höstvete	Sockerbetor	2/7
2008	Höstvete	Vårkorn	3/7
2009	Vårkorn	Höstraps	4/7
2009	Slamspridning	Slamspridning	0/8
2010	Höstraps	Höstvete	1/8
2011	Höstvete	Sockerbetor	2/8
2012	Sockerbetor	Vårkorn	3/8
2013	Vårkorn	Höstraps	4/8
2013	Slamspridning	Slamspridning	0/9
2014	Höstraps	Höstvete	1/9

1998 kalkades båda försöksplatserna med kalkstensmjöl, eftersom pH-värdena på grund av att den allmänna försurningen hade sjunkit till en icke acceptabel nivå.

1.3. Provtagning, provhantering och analyser

Ett omfattande provtagnings- och analysprogram har utförts i projektet. Åren direkt före respektive efter slamspridning, dvs. 1981, 1982, 1985, 1986, 1989, 1990, 1993, 1994, 1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2006 och 2009 genomfördes ett större analysprogram. Åren dessemellan studerades i huvudsak leden A0 och C0, dvs. leden utan mineralgödsel där tredubbel giva av slam jämfördes med helt obehandlat led.

Där möjlighet funnits har analyserna utförts enligt SIS-standard och på ackrediterat laboratorium.

All analys av gröda och mark har fram till och med 2009 skett försöksledsvis. Delproven från de fyra upprepningarna har slagits samman till ett prov per försöksled. Detta förfarande är det vanliga i fältförsök och görs av kostnadsskäl. Antalet analyser blir 9 per försök istället för 36. Tillvägagångssättet medför dock att det inte går att utföra en bra statistisk bearbetning av materialet.

Från och med 2010 har ett förändrat analysprogram genomförts, där alla försöksled analyseras rutvis, både vad gäller jord och gröda. Detta ger en större möjlighet att statistiskt bearbeta analysresultaten.

1.3.1. Slam

Samma analysprogram har tillämpats för slam och matjord som för växtnäringsämnen och metaller. Delprov har tagits ut kontinuerligt från slammet vid spridningstillfället. Delproverna har blandats och ett samlingsprov har erhållits. Detta prov har sänts till Eurofins laboratorium i Kristianstad för kemisk analys. Prov för kväveanalys har frysts omedelbart och sänts i fryst tillstånd till Eurofins för analys av ammonium- och nitratkväve.

Vid tre spridningstillfällen, 1989, 1993 och 1997, togs prover ut för analys av organiska föreningar. Som huvudanalys avseende organiska ämnen valdes "Priority Pollutants" (PP). Resultaten vad gäller organiska ämnen och bekämpningsmedelsrester har redovisats i tidigare rapporter och omnämnas inte i denna rapport.

1.3.2. Jord

Provtagning i jord har genomförts som ett antal stick med jordborr per försöksruta. På varje prov har utförts dubbelanalys i laboratorium. Medeltalet av dessa analyser har redovisats. Provtagning i

matjorden har skett ned till 25 cm. Proverna har lagts i speciella provkartonger och transporterats med bil till Eurofins i Kristianstad för analys. Kväve har analyserats två gånger årligen i led A0 och C0: dels på hösten före vinterns inträde, dels på våren före vårbruk. Provtagning har skett i två skikt: 0–30 och 30–60 cm.

För övriga parametrar har provtagning och analys skett från varje försöksled två av fyra år. Åren dessemellan har provtagning endast skett från leden A0 och C0.

Följande analyser har utförts:

pH-H₂O, P-AL, P-HCl, K-AL, K-HCl, Ca-AL, Mg-AL, N-total, S och mullhalt samt

Hg, Cd, Pb, As, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Zn, Co och B.

Under senare år har även Ag (silver) och Sn (tenn) analyserats.

1.3.3. Gröda

All skörd av gröda har utförts rutvis, dvs. fyra skördeytor á 16–22 m² per försöksled, totalt 36 rutor per försök.

Skördeprodukterna har analyserats enbart på de delar som förs bort från fältet. För spannmål har analyserats kärna men inte halm. I kärna har bestämts torrsubstans, renhet, rymdvikt och proteinhalt. Frö har analyserats för oljevaxter, konservärt och rödsvingel. I oljeväxtfrö har bestämts torrsubstans, renhet, klorofyll, proteinhalt och oljehalt. För sockerbetorna har de för sockerbetorna normala analyserna, nämligen renvikt, sockerhalt, blåtal, K+Na och renhet, utförts vid Agri provtvätt på Örtofta Sockerbruk. Blåtalet uttrycker mängden amino-kväve i mg/100 g betor. Beteckningen kommer av att man vid analysen använder kopparacetat, vilket reagerar med aminokvävet och bildar en förening som ger provet en blå färg. Den blå färgens intensitet ökar med halten av aminosyror i provet. Intensiteten mäts med hjälp av en spektrofotometer (Berger, 1987). Alla övriga analyser har utförts hos Eurofins. Dessutom har bestämts N, P, K, Ca, Mg, S, Hg, Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Zn, As, Sn, Ag och B.

1.4. Utvärdering och statistisk analys av data

I projektet har en stor mängd observationer och analyser samlats in genom åren och det är viktigt att behandla och utvärdera dessa data på ett riktigt sätt för att avgöra vilka slutsatser som kan dras av försöken. En stor mängd grunddata har insamlats kontinuerligt sedan projektets start och rapporten behandlar, utvärderar och redovisar i huvudsak dessa data. Som komplement till detta har olika specialundersökningar genomförts och resultatet av dessa redovisas i särskilda rapporter. En väsentlig skillnad i möjligheterna att utvärdera grunddata erhöles dessutom från och med år 2010, då inte bara skördarnas storlek utan även analyser av gröda och mark gjorts rutvis.

Olika typer av behandling och bearbetning av data har genomförts. Illustrationer i form av kurv- och stapeldiagram för enskilda parametrar eller grupper av parametrar ger en bra översiktlig bild av resultaten. Statistiska beräkningar av medelvärden, min- och maxvärden och spridningsmått har gett en kompletterande bild. Tidsserier av data har även vid något tillfälle utvärderats genom någon typ av tidsserieanalys.

Eftersom försöket genomförs som ett regelrätt fältförsök, där yttre variationer av olika slag föreligger som inte kan vare sig påverkas eller förutses, är en statistisk analys viktig för att kunna dra slutsatser om slamgödslingens effekt på mark och gröda. Den statistiska analysen som använts i detta projekt är signifikansanalys. Signifikansanalysen går ut på att försöka bestämma om det finns en verklig skillnad i medelvärdet för olika parametrar från olika behandlingsled i försöket eller om skillnaden enbart kan förklaras av slumpen.

I signifikansanalysen formuleras en nollhypotes som säger att det inte föreligger någon skillnad mellan försöksleden för en undersökt parameter. Mot nollhypotesen ställs en alternativ hypotes, som innebär att det föreligger en skillnad. Sannolikheten beräknas för att erhålla observerade mätvärden om nollhypotesen är sann. Här har förutsatts att mätvärdena är normalfördelade. Den beräknade sannolikheten kallas p-värde (från engelskans probability value). Med p-värdet som grund bestäms om nollhypotesen ska förkastas eller inte. Om nollhypotesen förkastas är den alternativa hypotesen mest trolig.



Nivån på p-värdet kan väljas och om ett p-värde $< 0,05$ väljs erhålls en 1-stjärnig signifikans, ett p-värde mellan 0,01 och 0,001 en 2-stjärnig signifikans och ett p-värde $< 0,001$ en 3-stjärnig signifikans. Det har blivit mest vanligt vid fältförsök att välja signifikansnivån 0,05 och detta har gjorts i denna rapport. Det innebär att risken för att fel slutsats dragits är mindre än 5 %.

Om den beräknade sannolikheten är liten ($< 0,05$) så förkastas hypotesen och analysen visar att det kan finnas en skillnad mellan försöksleden. Då beräknas även den minsta signifikanta skillnaden (LSD-värde från engelskans Least Significant Value), som anger hur stor skillnaden måste vara mellan två försöksled för att de ska anses vara signifikant skilda.

Det traditionella sättet att göra en signifikansanalys är att konstatera att den alternativa hypotesen är mest trolig om p-värdet understiger vald signifikansnivå. I rapportens tabellbilaga redovisas beräknade p- och LSD-värden för skördarnas storlek, skördeprodukternas innehåll av metaller samt växtnärings- och metallinnehåll i marken. Det ger en uppfattning inte bara om skillnaden kan anses vara signifikant utan även styrkan eller tyngden av skillnaden. Om p-värdet är $> 0,05$ redovisas inte LSD-värdet. I de fall det förekommit värden som är lägre än detektionsgränsen har ingen statistisk bearbetning utförts.



Vid analysen har dels slamgödslingens, dels mineralgödslingens effekt analyserats. Slamgödslingens effekt har bestämts genom att alla A-, B- och C-led jämförs med varandra. På motsvarande sätt har mineralgödslingens effekt bestämts genom jämförelse av alla 0-, 1- och 2-led. De grupper som jämförts är

för slamgödsling

utan slam – det samlade resultatet för leden A0, A1 och A2

1 ton slam – det samlade resultatet för leden B0, B1 och B2

3 ton slam – det samlade resultatet för leden C0, C1 och C2

för mineralgödsling

utan mineral – det samlade resultatet för leden A0, B0 och C0

1/2 N, 1 PK – det samlade resultatet för leden A1, B1 och C1

1 N, 1 PK – det samlade resultatet för A2, B2 och C2

I tabellbilagan har angetts beräknade sannolikheter, där p F1 avser slamgödsling och p F2 avser mineralgödsling, och beräknade LSD-värden, där LSD F1 avser slamgödsling och LSD F2 avser mineralgödsling. Om det föreligger statistiskt säkra skillnader mellan försöksled så är de skuggade i avvikande färg i tabellerna.

Signifikansanalys kan endast göras då det föreligger rutvisa data och analyser.

2. Egenskaper hos tillfört slam

Slam tillfördes försöken vid nio tillfällen, nämligen höstarna 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009 och 2013. Tillförseln skedde efter skörd av respektive års gröda och före höstplöjning. Slamproven togs vid alla tillfällen ut slumpvis från respektive reningsverk. Så skedde även år 2001, men tyvärr kom det årets prov från Källbyslammet bort på laboratoriet varför analysresultat från produktionen på Källbyverket har använts istället. Det togs ett prov per arbetsdag under augusti månad. Proven frystes och slogs ihop till ett månadsprov. Det är resultatet av samlingsproven som redovisas här. Dessa prov analyserades på samma ämnen som i projektet i övrigt, med undantag för kalium och magnesium.

2.1. Växtnäringsinnehåll i slammet

I tabell 2 a redovisas växtnäringsinnehållet i slammet från Källbyverket och i tabell 3a redovisas motsvarande för Sjölundaverket. Tabellerna 2 b och 3 b visar hur mycket växtnäring som tillförts med 1 ton slam-TS.

Tabell 2 a. Växtnäringsinnehåll i slam från Källbyverket som tillförts försöksplatsen Igelösa

År	TS, %	pH	% av TS					
			NH ₄ -N	Tot-N	Tot P	Tot K	Ca	Mg
1981	27	7,4	0,37	-	3,3	<0,1	8,9	0,19
1985	35	7,1	0,13	-	4,9	0,11	5,4	0,14
1989	30	6,8	0,33	2,4	4,3	0,08	8,3	0,22
1993	23	7,5	0,45	2,7	3,8	0,10	3,4	0,20
1997	17	7,7	1,3	5,5	4,5	0,41	3,7	0,68
2001*	24	7,3	1,3	4,0	4,1	-	3,1	-
2005	34	8,1	1,6	4,1	5,7	0,15	5,3	0,50
2009	22	8,0	2,1	3,6	2,7	0,18	2,6	0,37
2013	29	7,2	1,6	3,9	3,6	0,14	4,8	0,46

Tabell 2 b. Växtnäring, kg/ha, som tillförts med 1 ton slam-TS till Igelösa

År	NH ₄ -N	Tot N	Tot P	Tot K	Ca	Mg
1981	3,7	-	33	<1	89	1,9
1985	1,3	-	49	1,1	54	1,4
1989	3,3	24	43	0,8	83	2,2
1993	4,5	27	38	1,0	34	2,0
1997	13	55	45	4,1	37	6,8
2001*	13	40	41	-	31	-
2005	16	41	57	1,5	53	5,0
2009	21	36	27	1,8	26	3,7
2013	16	39	36	1,4	48	4,6

* Analysresultat från produktionen på Källbyverket.

Tabell 3 a. Växtnäringsinnehåll i slam från Sjölundaverket som tillförts försöksplatsen Petersborg

År	TS, %	pH	% av TS						
			NH ₄ -N	Tot N	Tot N	Tot P	Tot K	Ca	Mg
1981	20	7,3	0,5	-	-	3,5	<0,5	11,5	0,75
1985	21	7,6	0,9	-	-	3,2	-	11,2	0,41
1989	25	5,8	2,4	3,3	3,3	3,0	0,36	7,6	0,31
1993	27	7,8	1,0	3,4	3,4	2,7	0,10	3,6	0,30
1997	24	8,3	1,0	4,1	4,1	3,5	0,10	4,1	0,28
2001	23	8,2	1,4	4,8	4,8	3,0	0,12	3,0	0,31
2005	32	8,8	1,3	3,1	3,1	3,5	0,13	5,1	0,44
2009	-	7,4	1,7	3,1	3,1	3,6	0,12	4,1	0,35
2013	24	6,0	1,1	3,8	3,8	4,3	0,26	3,5	0,50

Tabell 3 b. Växtnäring, kg/ha, som tillförts med 1 ton slam-TS till Petersborg

År	NH ₄ -N	Tot N	Tot P	Tot K	Ca	Mg
1981	5	-	35	<5,0	115	7,5
1985	9	-	32	-	112	4,1
1989	24	33	30	3,6	76	3,1
1993	10	34	27	1,0	36	3,0
1997	10	41	35	1,0	41	2,8
2001	14	48	30	1,2	30	3,1
2005	13	31	35	1,3	51	4,4
2009	17	31	36	1,2	41	3,5
2013	11	38	43	2,6	35	5,0

2.2. Metallinnehåll i slammet

I tabellerna 4 a och 4 b redovisas innehållet av tungmetaller i slammet från Källbyverket respektive Sjölundaverket. Analyserna har gjorts av de slampartier som levererats till försöksytorna för spridning. Bestämning av metallhalter i slammen sker väsentligt mer frekvent i driftkontrollen vid reningsverken där daglig provtagning sker och ett betydligt större och säkrare material finns således att tillgå vad gäller slammets kvalitet och förändring i tiden. Den generella trenden avseende tungmetallinnehållet i i slammet från Källby är att innehållet sjunker. Variansen mellan enskilda provtagningstillfällen är dock relativt stor, vilket kan förklara 2013 års metallinnehåll som redovisas i tabell 4 a. Dock har avsikten varit att redovisa metallinnehållet i just det slam som tillförts försöksytorna.

Tabell 4 a. Metallinnehåll i slam från Källbyverket som tillförts Igelösa

År	mg/kg TS						
	Bly Pb	Kadmium Cd	Koppar Cu	Krom Cr	Kvicksilver Hg	Nickel Ni	Zink Zn
1981	162	3,0	1 333	137	6,9	111	1 037
1985	85	1,3	651	207	4,0	19	595
1989	59	1,7	1 300	46	5,2	17	1 100
1993	59	1,9	1 250	28	3,8	13	705
1997	64	1,9	1 700	28	3,4	17	780
2001*	39	1,1	350	18	1,6	13	520
2005	51	0,65	360	17	0,60	13	580
2009	16	0,59	360	10	0,33	8,9	480
2013	16	0,74	590	36	0,83	17	680

* Analysresultat från produktionen på Källbyverket.

Samtliga analyserade metallhalter i slammet från Källbyverket har minskat avsevärt sedan projektet startades. Av särskilt stort intresse är minskningen av kopparhalten, som tidigare varit ett problem. Den klart dominerande källan till koppar till reningsverken i Sverige är tappvattensystemen inne i fastigheterna. Ett mjukare vatten korroderar kopparrören i betydligt mindre utsträckning. Minskningen av kopparhalten i slammet beror på att kvaliteten på dricksvattnet förändrats kraftigt genom byte till en vattentäkt med ett mjukare vatten. I genomsnitt har halten för i tabellen redovisade metaller minskat med 72 %. Den procentuella minskningen var störst för bly och kvicksilver med 90 respektive 88 %.

Tabell 4 b. Metallinnehåll i slam från Sjölundaverket som tillförts Petersborg

År	mg/kg TS						
	Bly Pb	Kadmium Cd	Koppar Cu	Krom Cr	Kvicksilver Hg	Nickel Ni	Zink Zn
1981	180	3,5	1 100	135	4,5	25	1 000
1985	103	2,8	1 028	406	2,4	25	747
1989	120	2,2	1 300	49	3,7	25	810
1993	75	1,7	1 550	38	2,4	30	655
1997	82	3,1	2 000	29	2,0	26	840
2001	53	1,7	610	32	1,4	19	630
2005	49	0,53	660	31	0,61	25	620
2009	30	1,4	590	29	0,84	18	800
2013	17	0,89	360	28	0,98	16	680

Liksom för Källbyslammet har alla metallhalter i slammet från Sjölundaverket minskat väsentligt sedan 1981. I genomsnitt för alla redovisade metaller är minskningen 65 %. Procentuellt är bly och krom de metaller vars halt minskat mest, med 91 respektive 79 %. Speciellt intressant är även minskningen av kopparhalten, som beror på att avhårdning vid Vombverket infördes vid millennieskiftet. Det mjukare vattnet, men denna gång tack vare avhårdning, är alltså även i det här fallet orsaken till den kraftiga minskningen av kopparhalten.



3. Försöksresultat 2012-2014

De senaste tre årens resultat, 2012-2014, redovisas i nedanstående avsnitt vad gäller skördens storlek samt effekterna av slamspridning på grödans innehåll av metaller, innehållet av näringsämnen i mark och innehållet av tungmetaller i mark. För att öka läsbarheten redovisas samtliga försöksdata i tabellform i en tabellbilaga.

3.1. Effekt på skördens storlek

Mått på skördens storlek vad gäller spannmål, konservärt och rödsvingel anges i deciton per hektar (dt/ha), där 1 dt är 100 kg. Mått på sockerbets-skörd anges som ton socker per hektar.

Vid jämförelser mellan de olika försöksleden i tabellerna har försöksledet A2 åsatts ett

relativtal 100. Alla andra gödslingsalternativ har satts i relation till detta tal som representerar ett fält helt utan slamtillförsel och med normal handelsgödselgiva. När det i texten talas om effekt av slam så är det den lägre slamtillförseln (1 ton slam-TS per hektar och år) som åsyftas.

3.1.1. Skördar från Igelösa

Vid Igelösa har det under perioden odlats sockerbeter, vårkorn och höstraps. Resultaten redovisas i tabellerna 7-8 i tabellbilagan.

SOCKERBETOR 2012

Relativtalet 100 för sockerbeter motsvarar en skörd på 13,34 ton socker per hektar. Skörden från det helt ogödslade försöksledet gav en skörd på 8,19 ton socker, vilket är en anmärkningsvärd stor skörd. Slamtillförsel ger en skördeökning på 16 respektive 10 % från ytorna utan handelsgödsel respektive halv giva. Ingen extra skördeökning erhöles vid förhöjd slamgiva vid normal tillförsel av mineralgödsel. *Se tabell 7 i tabellbilagan.*

VÅRKORN 2013

Relativtalet 100 för vårkorn motsvarar en skörd på 85,1 dt/ha. Skörden från försöksleden utan handelsgödsel hade relativtal mellan 43 och 55. Skördeökningen för slamtillförsel uppgick till 6 % vid normal slamgiva och till 12 % vid förhöjd giva, oavsett tillförsel av handelsgödsel. Full tillförsel av handelsgödsel har å sin sida mer än fördubblat skörden oavsett slamtillförsel. *Se tabell 8 i tabellbilagan.*

HÖSTRAPS 2014

Vid sådd av höstraps hösten 2013 blev etablering i samtliga försöksled dålig och ojämn. Beståndet var så dåligt att det togs ett beslut att inte skörda försöket försöksmässigt.

3.1.2. Skördar från Petersborg

Vid Petersborg har det odlats vårkorn, höstraps och höstvete. Resultaten redovisas i tabellerna 9-11 i tabellbilagan.

VÅRKORN 2012

Relativtalet 100 för vårkorn motsvarar en skörd på 59,8 dt/ha. Skörden från försöksleden utan handelsgödsel hade relativtal mellan 49 och 67 dt/ha. Skördeökningen för slamtillförsel uppgick till 9 % vid normal slamgiva och till 20 % vid förhöjd giva oavsett tillförsel av handelsgödsel. *Se tabell 9 i tabellbilagan.*

HÖSTRAPS 2013

Relativtalet 100 för höstraps motsvarar en skörd på 31,1 dt/ha. Rapsen etablerade sig mycket dåligt i alla försöksled som inte fick någon handelsgödsel på hösten. Rapsen led av kvävebrist i dessa försöksled och var alltför svag för att klara vinterns påfrestningar. Detta fick till följd att det inte fanns någon skörd att hämta i dessa försöksled. Inga statistiskt säkra skördeskillnader finns i försöket. *Se tabell 10 i tabellbilagan.*

HÖSTVETE 2014

Relativtalet 100 för höstvete motsvarar en skörd på 110,1 dt/ha. Skörden från försöksleden utan handelsgödsel hade relativtal mellan 37 och 81. Effekten av slamtillförsel är mycket hög. Enbart stor giva av slam gav en skörd med ett relativtal 81. Skördeökningen för slamtillförsel uppgick till 10 % vid normal slamgiva och till 35 % vid förhöjd giva, oavsett tillförsel av handelsgödsel. *Se tabell 11 i tabellbilagan.*

3.2. Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller

Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller redovisas i tabellerna 12-16 i tabellbilagan. Kortfattade kommentarer redovisas i det följande.



3.2.1. Skördar från Igelösa

SOCKERBETOR 2012

Ett haveri i laboratoriet medförde att flertalet metaller inte analyserades. En tendens till höjda värden för koppar kan konstateras vid tillförsel av handelsgödsel. *Se tabell 12 i tabellbilagan.*

VÅRKORN 2013

Detta år visar resultaten en sänkt halt av kadmium vid slamtillförsel. Däremot ökar kadmiumhalten vid tillförsel av handelsgödsel. Dessa båda resultat avviker från tidigare erfarenheter och är svårt att förklara. Framtida analyser får ge svar på om detta är en tillfällighet där slumpen spelar oss ett spratt. *Se tabell 13 i tabellbilagan.*

HÖSTRAPS 2014

Ingen skörd.

3.2.2. Skördar från Petersborg

VÅRKORN 2012

Kadmiumhalten i kärnan ökar vid tillförsel av handelsgödsel. Halten ökar med ökad tillförsel av kväve. Kopparhalten ökar vid tillförsel av slam. Zinkhalten ökar vid slamtillförsel. Manganhalten ökar vid tillförsel av handelsgödsel. *Se tabell 14 i tabellbilagan.*

HÖSTRAPS 2013

Detta år ökar kadmiumhalten vid den höga slamgivan men inte vid den låga. Det statistiska underlaget detta år är begränsat på grund av att det inte blev någon skörd i försöksleden med handelsgödsel. *Se tabell 15 i tabellbilagan.*

HÖSTVETE 2014

Både kadmium- och kopparhalterna steg i kärnan vid tillförsel av handelsgödsel. Nickelhalterna sjönk vid tillförsel av NPK i form av handelsgödsel. Zink- och manganhalterna steg vid slamtillförsel. *Se tabell 16 i tabellbilagan.*

3.3. Slammets effekt på markens växtnäringssinnehåll

Slammets effekt på markens växtnäringssinnehåll redovisas i tabellerna 17-22 i tabellbilagan. Kortfattade kommentarer redovisas i det följande. I de fall kommentarer ges till skillnader mellan behandlingar i försöken är skillnaderna statistiskt säkerställda.

3.3.1. Igelösa – Växtnäringstillstånd i matjorden 2012, 2013 och 2014

Genom slamtillförsel ökar växtnäringsinnehållet i marken och värdena för P-AL, P-HCl, Mg-AL och S har ökat. pH-värdet är lägre åren 2013–2014 vid högsta slamgivan. Mullhalten ökar vid slamtillförsel. Statistiken för 2014 ger dock inte belägg för detta på grund av ett avvikande analysvärde. Genom mineralgödseltillförsel fås ökade värden för K-AL och S. Mullhalten ökar även genom mineralgödseltillförsel.

Se tabell 17–19 i tabellbilagan.

3.3.2. Petersborg – Växtnäringstillstånd i matjorden 2012, 2013 och 2014

Genom slamtillförsel ökar även växtnäringsinnehållet i marken i Petersborg med högre värden för P-AL, P-HCl, Mg-AL och S. Lägre pH-värde till följd av slamtillförsel förelåg under 2013–2014 för den högre slamgivan. Mullhalten ökar genom slamtillförsel.

Genom mineralgödseltillförsel fås ökade värden för P-AL, P-HCl, K-AL, B och S, samt pH för två av åren. Mullhalten ökar även genom mineralgödseltillförseln. Se tabell 20–22 i tabellbilagan.



3.4. Slammets effekt på markens metallinnehåll

Slammets effekt på markens metallinnehåll redovisas i tabellerna 23–28 i tabellbilagan. Kortfattade kommentarer redovisas i det följande. I de fall kommentarer ges till skillnader mellan behandlingar i försöken är skillnaderna statistiskt säkerställda.

3.4.1. Igelösa – Metallinnehåll i matjorden 2012, 2013 och 2014

Genom slamtillförsel kan ses en ökning av halterna Cu, Zn och Hg i marken i Igelösa. Resultatet för 2014 visar dessutom att Sn och Pb ökar. Mineralgödseltillförsel ger ingen statistiskt signifikant effekt på metallhalterna i marken för någon metall med undantag för Ni 2013. Se tabell 23–25 i tabellbilagan.

3.4.2. Petersborg – Metallinnehåll i matjorden 2012, 2013 och 2014

Genom slamtillförsel kan ses en ökning av halterna Cu och Hg i marken i Petersborg för alla tre åren. För åren 2012–2013 visas dessutom en ökning av Cd och Zn. För 2013 visar slamtillförseln en ökad koncentration av Pb och för åren 2012 och 2014 för Sn. Mineralgödseltillförsel ger ökad halt av Cd och Hg 2012 och en minskad halt av Ni 2014. Se tabell 26–28 i tabellbilagan.



4. Sammanfattande försöksresultat 1981-2014

4.1. Slammets effekt på skörden

Ig = Igelösa, **Pe** = Petersborg

För att kunna bestämma medeltal för skördarna av olika grödor har medeltalsberäkningarna grundats på skördarnas relativa tal, där led A2 (inget slam och full NPK-giva) utgör referens med värdet 100. Inom varje grupp av grödor har skördarnas reella värden använts.

4.1.1. Skördeeffekt olika år efter slamtillförsel

Det har funnits en hypotes att slammets effekt på skördens storlek skulle var störst andra året efter slamspridning. Data från detta försök har bearbetats för att utvärdera detta. Resultatet illustreras av diagram 1, där årsmedelvärden för samtliga fyraårsperioder för samtliga grödor som odlats det aktuella året redovisas. Av resultatet framgår att man inte kan se någon klar sådan tendens. Skördarna år 1, 2 och 4 efter slamtillförsel ligger på samma nivå, medan skörden år 3 av någon anledning ligger lite lägre.

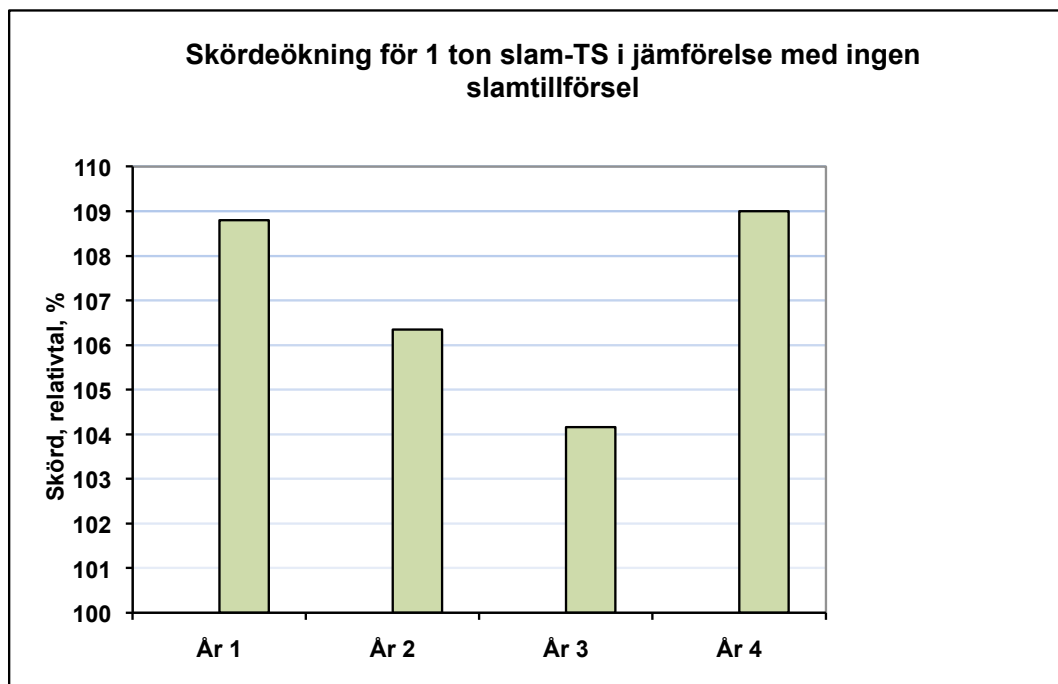


Diagram 1. Relativa skörderesultat 1:a, 2:a, 3:e respektive 4:e året efter slamspridning.

I följande avsnitt redovisas slammets effekt på skörden av olika grödor.

4.1.2. Skördeeffekt på höstraps

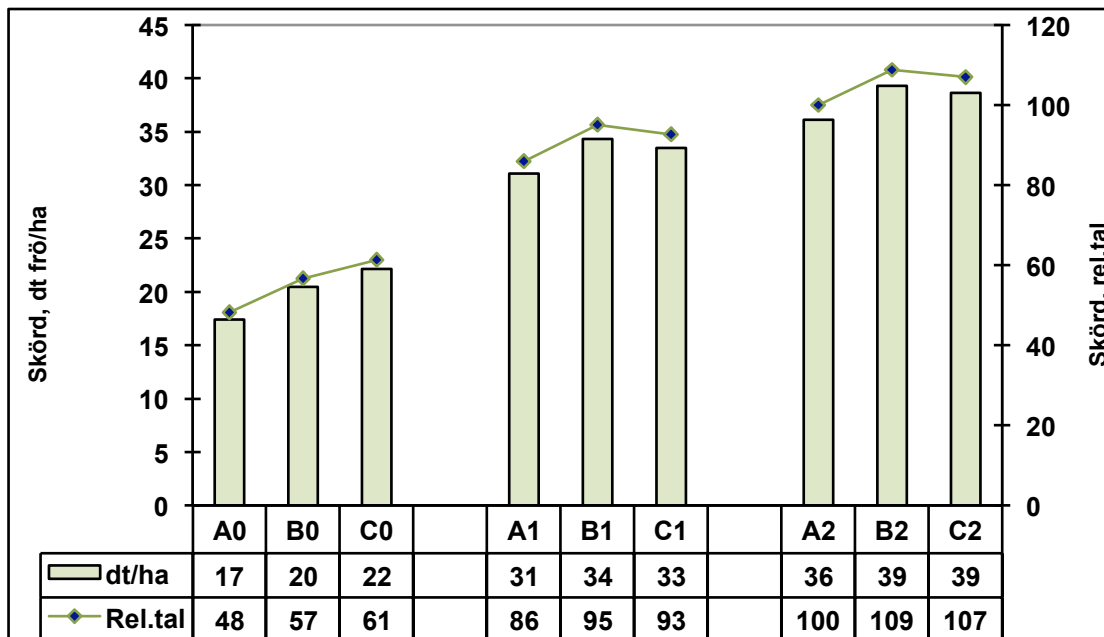


Diagram 2. Skördeeffekt på höstraps. Fröskörd, dt/ha och relativtal, %.

Resultaten grundar sig på tio höstrapsskördar. Slamtillförsel ökar skördarna oavsett om det sker i kombination med handelsgödsel eller ej. Undantaget är den höga slamgivan i kombination med halv kvävegiva. Skörden fördubblas i genomsnitt från helt ogödslat till normal tillförsel av handelsgödsel.

4.1.3. Skördeeffekt på vårsäd (vårkorn, vårvete, havre)

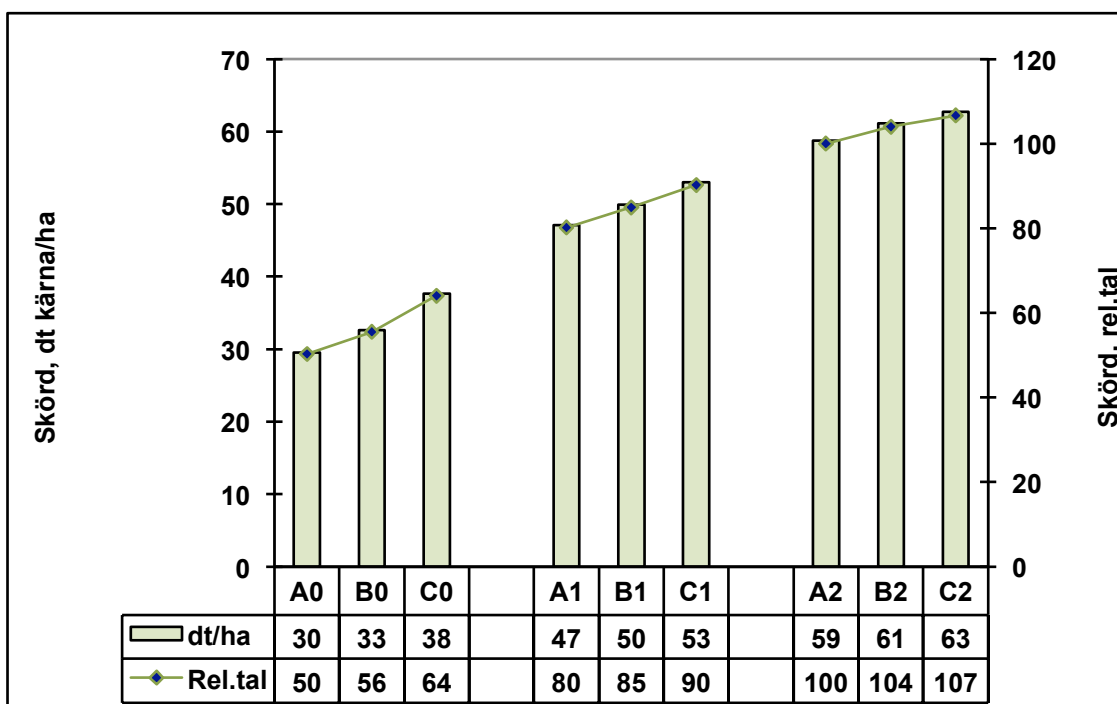


Diagram 3. Skördeeffekt på vårsäd (vårkorn, vårvete och havre). Kärnskörd, dt/ha och relativtal, %.

Resultaten grundar sig på skörd från tretton vårkornskördar, fyra vårveteskördar och en havreskörd. I likhet med raps så fördubblas skördens storlek genom normal handelsgödselgiva och slam ger positiv effekt på skördens storlek, oavsett tillförsel av handelsgödsel.

4.1.4. Skördeeffekt på höstvete

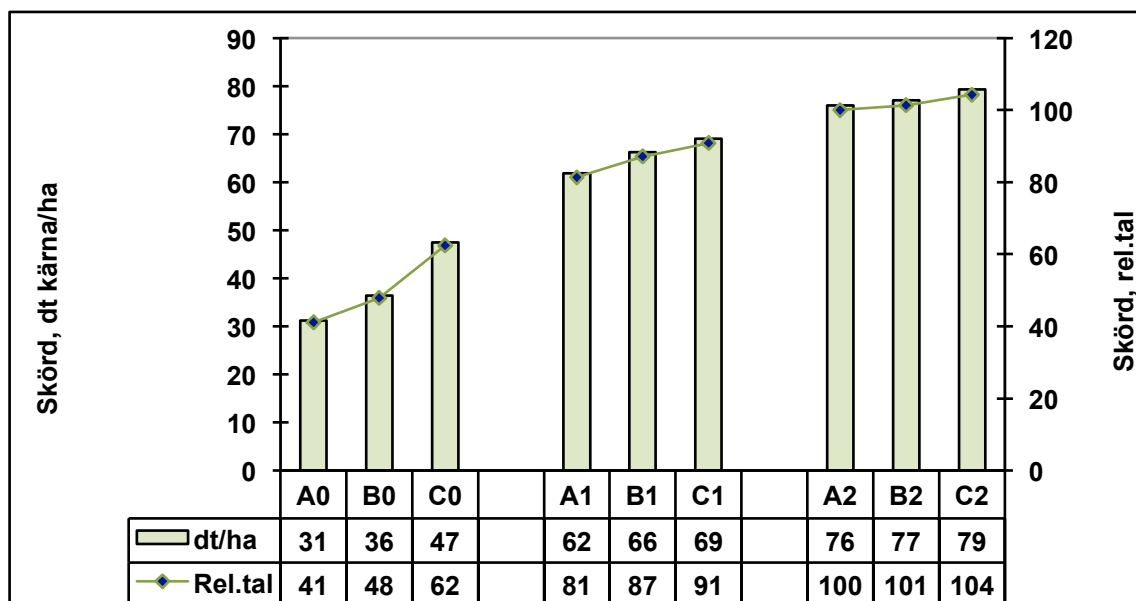


Diagram 4. Skördeeffekt på höstvete. Kärnskörd, dt/ha och relativtal, %.

Resultaten grundar sig på 18 höstveteskördar. Slamtillförsel ökar skörden oavsett tillförsel av handelsgödsel. Skörden ökar med 145 % från helt ogödslat till normal handelsgödselgiva. Slamtillförsel ger i alla kombinationer med handelsgödsel en skördeökning.

4.1.5. Skördeeffekt på sockerbetor

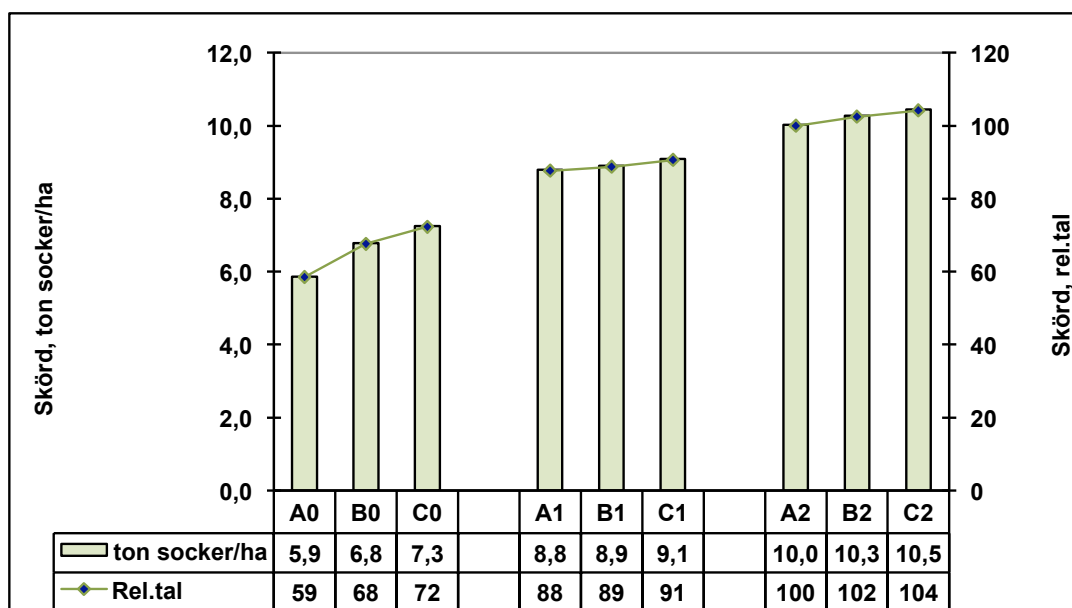


Diagram 5. Skördeeffekt på sockerbetor. Sockerskörd, ton/ha och relativtal, %.

Resultaten grundar sig på 14 sockerbetsskördar. Normal handelsgödselgiva ger en skördeökning i förhållande till ogödslat på 71 %. Slamtillförsel ger i alla kombinationer med handelsgödsel en skördeökning.

4.1.6. Skördeeffekt på konservärt

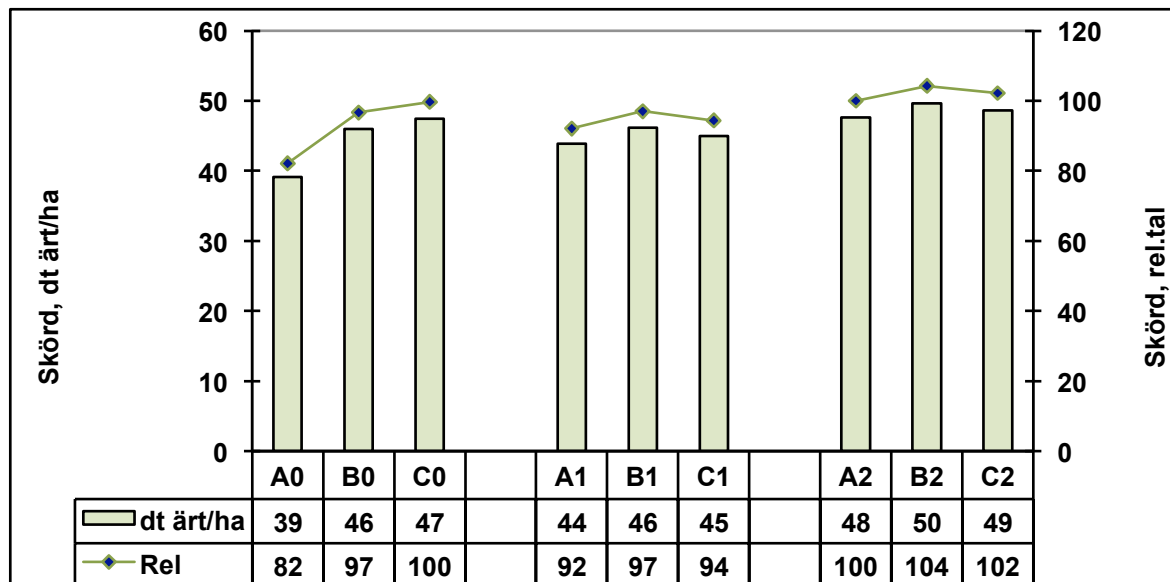


Diagram 6. Skördeeffekt på konservärt. Ärtskörd, dt/ha och relativtal, %.

Materialet är begränsat eftersom grödan endast förekommit vid två tillfällen. Slutsatsen av resultaten blir att i denna gröda erhålls betydligt lägre skördeökningar, både för slam och handelsgödsel, än för övriga grödor. En del av förklaringen ligger säkert i att detta är en gröda som försörjer sig själv med kväve så kvävet i slam och handelsgödsel har ingen skördehöjande effekt.

4.1.7. Skördeeffekt på rödsvingelfrö

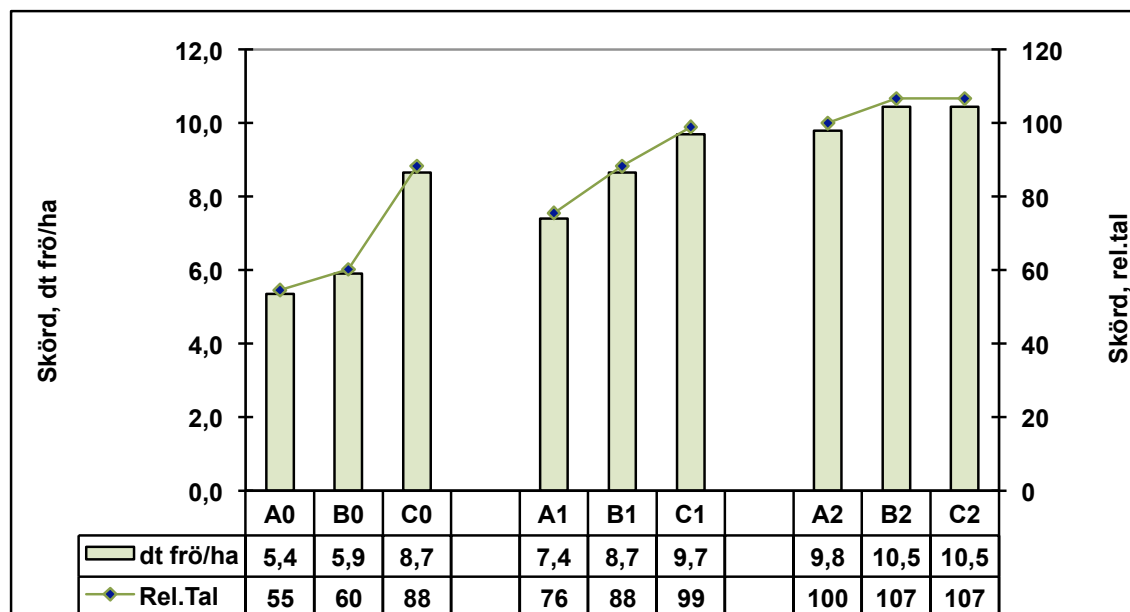


Diagram 7. Skördeeffekt på fröodling av rödsvingel. Fröskörd, dt/ha och relativtal, %.

Resultaten grundar sig på två skördar. Ett begränsat material gör att slutsatserna får bli försiktiga. Slamtillförsel ger en skördeökning i varje fall, utom för den högsta slamgivan i kombination med normal handelsgödselgiva.

4.1.8. Skördar och ekonomiskt utfall

Alla grödor uppvisar en skördeökning med slamtillförsel. Detta framgår av tabell 5, där skördarnas storlek uttrycks som relativtal för samtliga försöksled.

Tabell 5. Skördar uttryckt i relativtal för samtliga försöksled och grödor

Antal försöks-skördar	10	18	18	14	2	2	Vägt medeltal		
Gröda	Höstraps	Höst-vete	Vårsäd	Sockerbeto- tor	Konservvärt	Rödsvingel	Ig	Pe	Alla
A0	48	41	50	59	82	55	61	42	50
B0	57	48	56	68	97	60	67	47	58
C0	61	62	64	72	100	88	72	53	67
A1	86	81	80	88	92	76	81	82	83
B1	95	87	85	89	97	88	89	87	88
C1	93	91	90	91	94	99	91	88	91
A2	100	100	100	100	100	100	103	100	100
B2	109	101	104	102	104	107	107	103	104
C2	107	104	107	104	102	107	103	108	105

En jämförelse mellan försöksled med en "normal" slamtillförsel (1 ton TS/ha/år) och försöksled utan tillförsel av slam har gjorts i diagram 8. Data baseras på ett medeltal för alla tre försöksleden med en normal slamgiva och försöksleden utan slam.

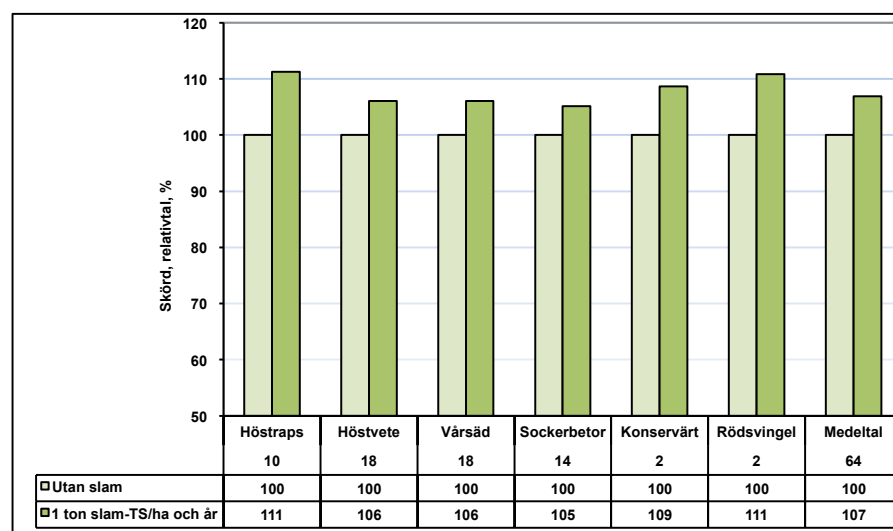


Diagram 8. Skördeeffekt på olika grödor 1981-2014. Relativtal, %.

Utan slam = medeltal av de försöksled som inte tillförts slam, dvs. A0, A1 och A2.

1 ton slam-TS/ha och år = medeltal av försöksleden B0, B1 och B2.

För att kunna utföra en ekonomisk utvärdering av slammets värde sett ut lantbrukarens synpunkt är det intressant att redovisa slammets skördehöjande effekt uttryckt i kronor per hektar. Numera är det svårt att bestämma vilka priser man ska använda vid en ekonomisk utvärdering av slammets värde i form av ökad skörd på grund av att priset under och mellan säsongerna varierar kraftigt.

För denna jämförelse har nedanstående priser, vilka svarar till en nivå som ungefärligt gällde i september 2015, använts.

Höstvete, foder:	101 kr/dt
Havre, gryn Havre:	123 kr/dt
Vårkorn (malkorn):	141 kr/dt
Vårvete:	133 kr/dt
Höstraps:	311 kr/dt
Konservärt:	180 kr/dt vid T-tal 100
Rödsvingelfrö:	9,50 kr/kg (2014 års pris, 2015 inte klart)
Sockerbetor:	1 700 kr/ton socker

Priserna är väsentligt lägre för några av avsalugröderna i jämförelse med situationen för tre år sedan när förra rapporten skrevs. Som exempel kan nämnas att höstvetepriset var 67 % högre 2012 i jämförelse med 2015. Höstrapspriset var 31 % högre för tre år sedan. Priset för socker och konservärt ligger på ungefär samma nivå som för tre år sedan.

Tabell 6. Skördeökning i kr/ha och år i de olika grödorna. 2015 års prisnivå

	Antal försöks-skördar	Skördedifferens, kr/ha		
		B0-A0	B2-A2	Mt (B0,B1,B2) - Mt(A0,A1,A2)
Höstraps	10	955	989	988
Höstvete	18	517	106	356
Vårsäd	18	435	334	274
Sockerbetor	14	1556	426	722
Konservärt	2	1242	369	678
Rödsvingelfrö	2	523	617	776
Vägt medeltal	64	812	402	535

I första fallet jämförs försöksledet som fått 1 ton slam-TS per år med det helt ogödslade ledet. Skillnaden mellan försöksleden B2 och A2 bör vara det minsta man kan förvänta sig att slammet ska ge. I försöksledet A2 har man gödlat med mineralgödsel vad som anses optimalt för respektive gröda. I försöksledet B2 har utöver detta tillförts slam.

I den tredje jämförelsen har man jämfört alla försöksled som tillförts 1 ton slam TS/ha och år med alla försöksled som inte fått något slam, oavsett tillförsel av mineralgödsel.

Skulle man räkna enbart vad fosfor är värd i ett ton slam-TS, och anta att fosforeffekten är 75 % och fosforpriset är 21 kr per kg blir värdet av detta ca 600 kr/ha. Med dagens regler får endast 22 kg fosfor spridas per hektar och år och då blir värdet ca 350 kr/ha och år.

Med detta som utgångspunkt bör slutsatsen bli att 1 ton slam-TS har ett värde i dessa räkneexempel på ca 500–600 kr.

4.2. Skördeprodukternas innehåll av metaller

I det följande redovisas en sammanställning av metallupptag i grödorna 1981–2014 från Igelösa och Petersborg.

Från år 1993 och framåt har samtliga försöksled analyserats på innehåll av metaller i grödorna de flesta åren. Dessförinnan analyserades grödorna inte så frekvent. Av alla analyserade metaller, har här valts ut två – kadmium och koppar – för att studera de långsiktiga effekterna av slam och mineralgödsel. Under 1997 förekom viss analysosäkerhet, varför detta år i några fall har uteslutits. Även vid enstaka andra tillfällen saknas analysresultat. Det finns många andra metaller att redovisa men de uppvisar oftast halter som är så låga att de inte går att kvantifiera. Exempel på sådana metaller är arsenik, bly, kobolt, krom, kvicksilver, tenn och silver.

Följande försöksled har här valts ut för jämförelse:

Utan slam	Medeltal av försöksleden A0, A1 och A2
1 ton slam-TS/ha och år	Medeltal av försöksleden B0, B1 och B2

I diagram 9 redovisas skördeprodukternas innehåll av kadmium. Kurvorna följer varandra väldigt väl, vilket tyder på att det inte är någon skillnad i upptag mellan slamgödslad och icke slamgödslad jord. Skillnaderna mellan grödor finns dock och generellt är upptaget störst i sockerbetor, som i genomsnitt har dubbelt så högt upptag som stråsäd. Resultat saknas från 2014 eftersom ingen gröda skördades detta år.

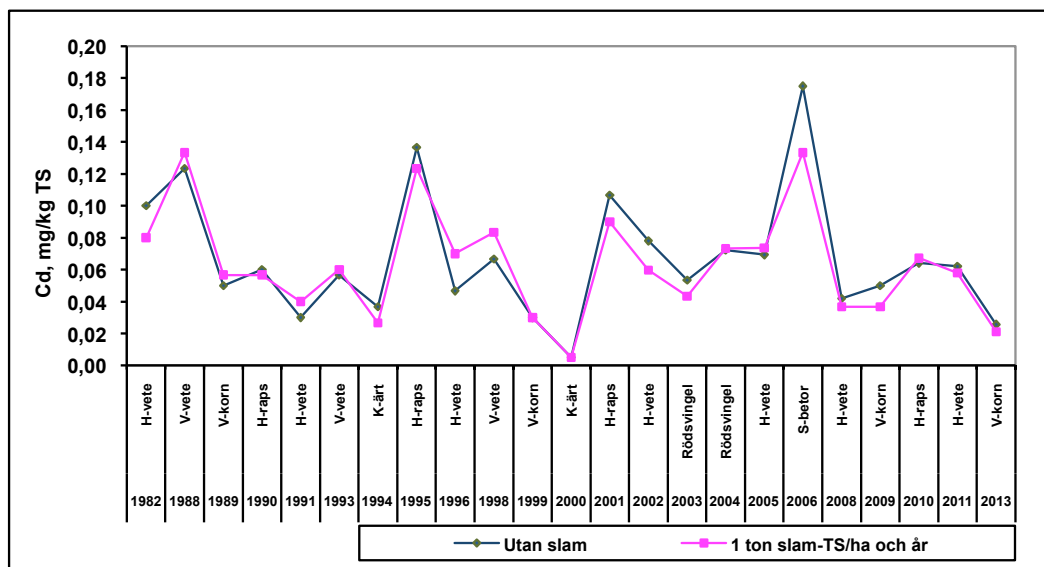


Diagram 9. Igelösa. Skördeprodukternas innehåll av kadmium, mg/kg TS.

I diagram 10 redovisas skördeprodukternas innehåll av koppar. Inte heller för koppar finner man någon skillnad i upptag mellan slam- och icke slamtillförsel.

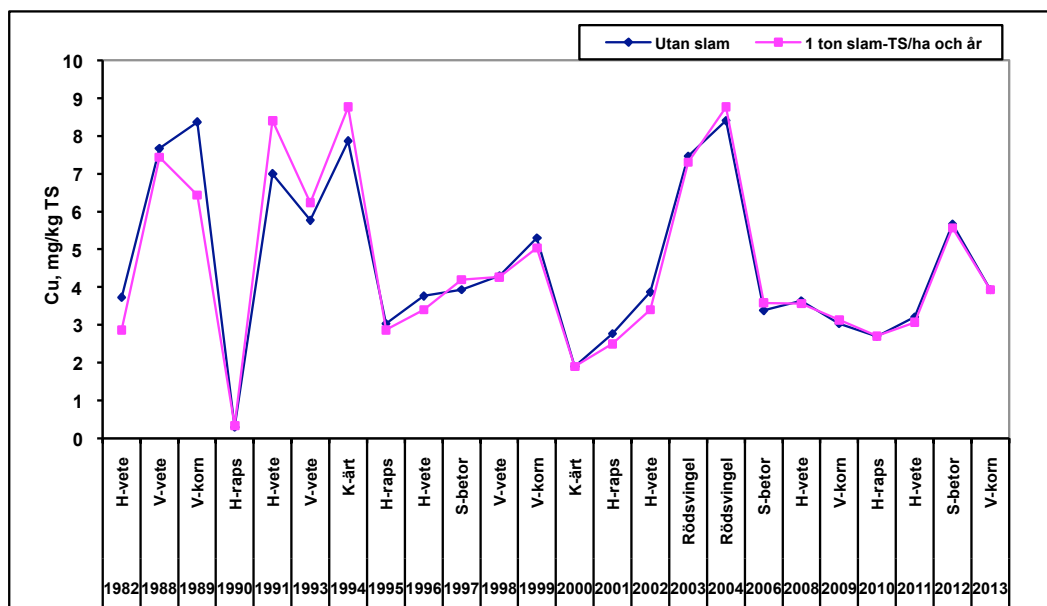


Diagram 10. Igelösa. Skördeprodukternas innehåll av koppar, mg/kg TS.

Mönstret från Igelösa går igen på Petersborg, vilket framgår av diagram 11–12. Kurvorna följer varandra väl och ingen skillnad i upptag mellan slam- och icke slamtillförsel i grödan kan skönjas. Sockerbetor är den gröda som i särklass tar upp störst mängd kadmium.

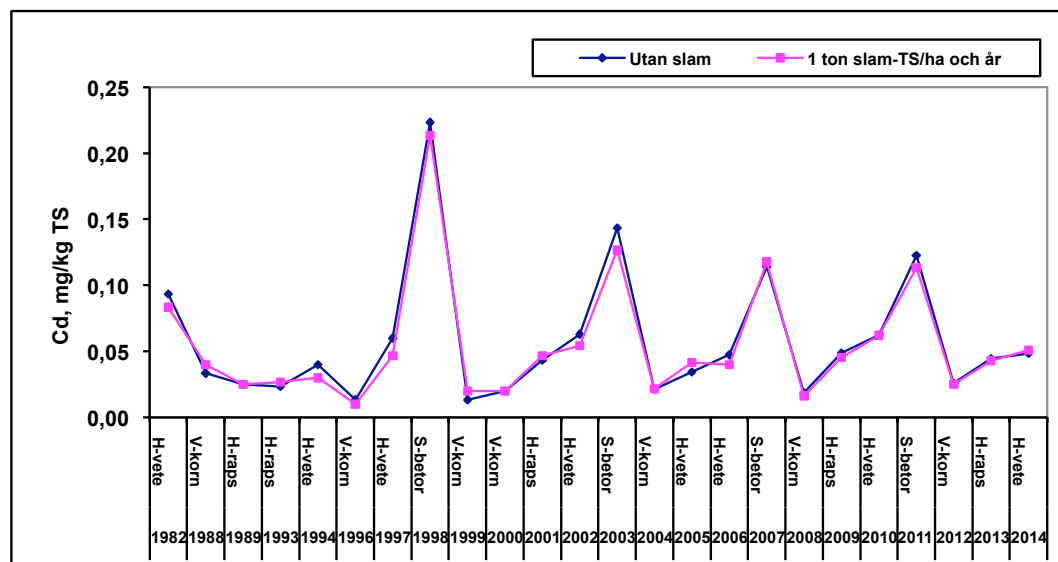


Diagram 11. Petersborg. Skördeprodukternas innehåll av kadmium, mg/kg TS.

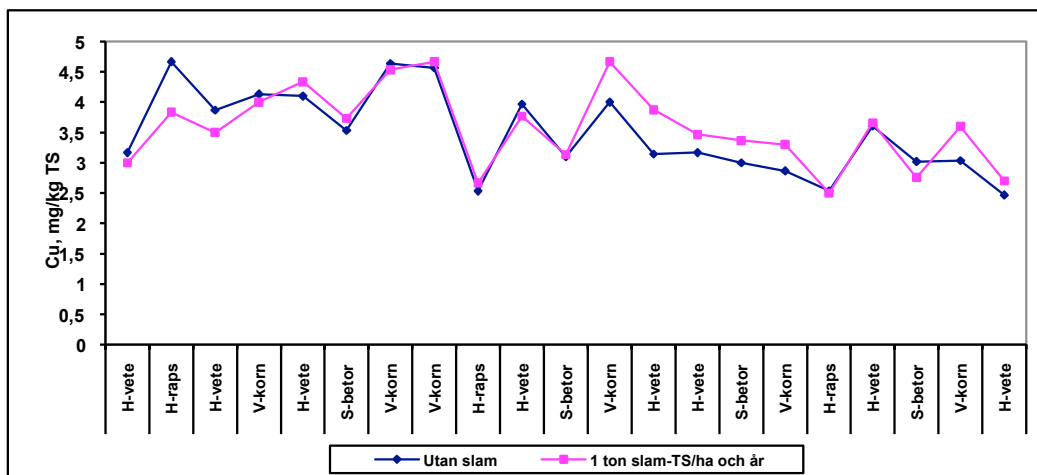


Diagram 12. Petersborg. Skördeprodukternas innehåll av koppar, mg/kg TS.

4.3. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll

Omfattande provtagning har skett av matjorden. Här redovisas följande försöksled:

Utan slam	Medeltal av försöksleden A0, A1 och A2
1 ton slam-TS/ha och år	Medeltal av försöksleden B0, B1 och B2

MARKENS INNEHÅLL AV LÄTTLÖSLIG FOSFOR

Halterna av P-AL ökar på båda försöksplatserna vid slamtillförsel, vilket framgår av diagrammen 13 och 14.

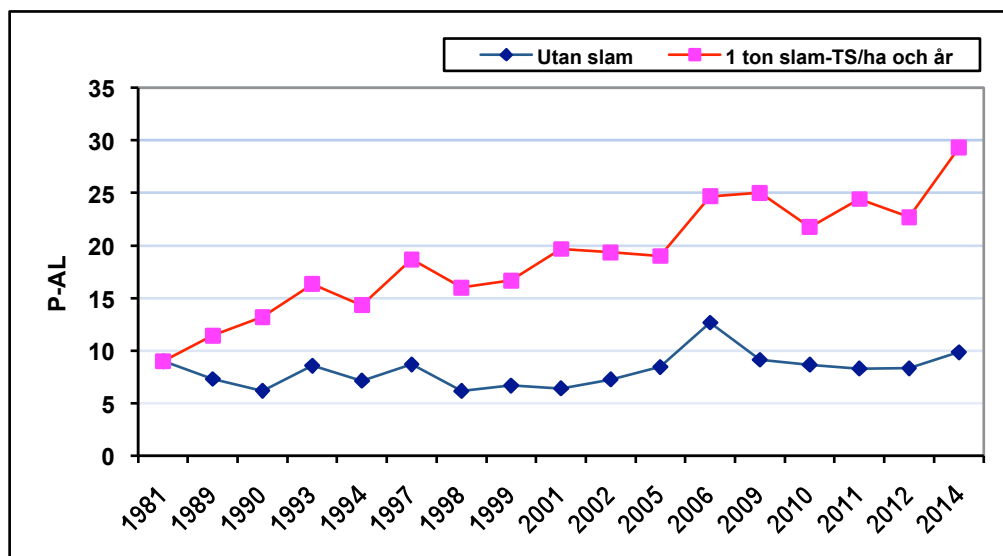


Diagram 13. Utveckling av fosfortalen, P-AL, på försöksplatsen Igelösa.

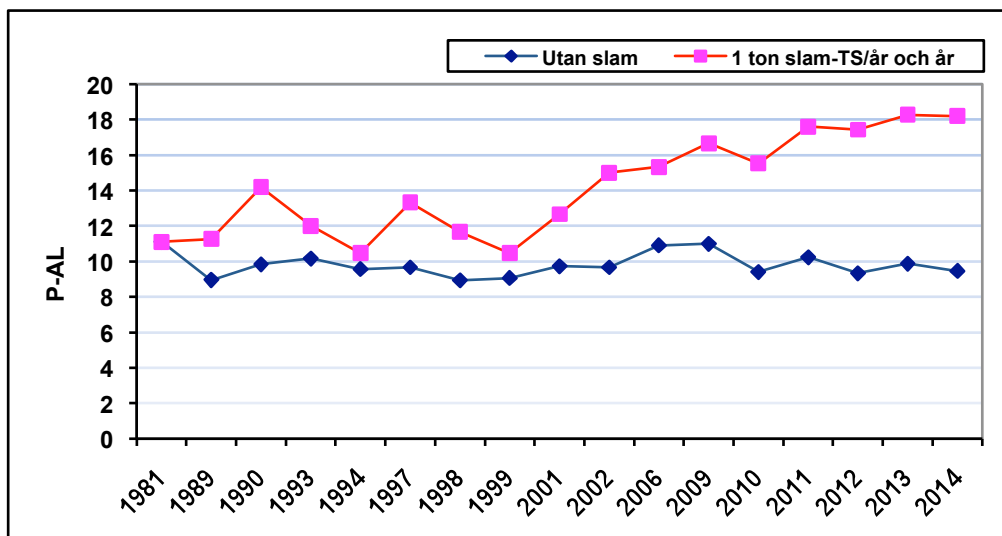


Diagram 14. Utveckling av fosfortalen, P-AL, på försöksplatsen Petersborg.

Markens mullhalt

En jämförelse av mullhalten i försöksled med och utan slam visas i diagram 15 och 16.

Mullhalten har generellt sjunkit på försöksplatsen Igelösa (diagram 15) och det verkar vara svårt att bibehålla den ursprungliga mullhalten trots slamtillförsel eller gödsling med mineralgödsel. Mullhalten är dock högre i de slamgödslade än i de icke slamgödslade leden. Skillnaden är 0,3–0,5 procentenheter. Det har lagts in trendlinjer för att åskådliggöra mullhaltsutvecklingen.

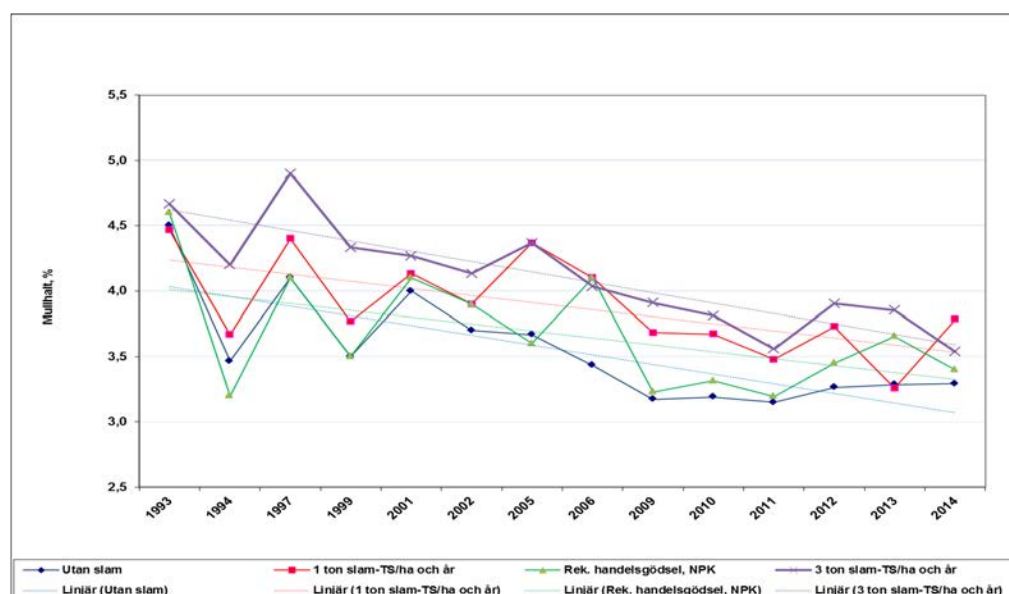


Diagram 15. Mullhaltsutveckling på försöksplatsen Igelösa.

För Petersborg har mullhalten inte minskat i tiden som för Igelösa (diagram 16). Mullhalten har hållit sig konstant under försöksperioden för de försöksled som inte fått något slam. Trendlinjerna visar att både i handelsgödselledet och vid slamtillförsel stiger mullhalten efter hand något. Eftersom mullhalten i utgångsläget var så låg, kan detta på sikt ha stor betydelse för bördigheten på denna försöksplats.

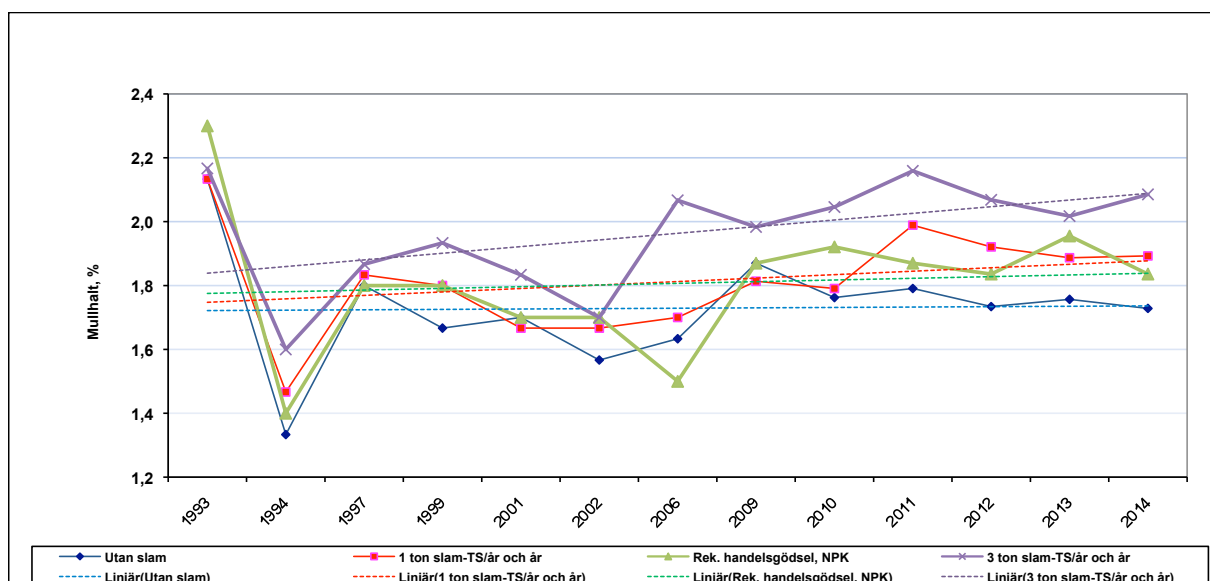


Diagram 16. Mullhaltsutveckling på försöksplatsen Petersborg.

Markens innehåll av kväve

Tidigt på våren har i försöksleden A0 och C0 tagits prov för analys av kväve (ammonium och nitratkväve), ner till ett djup av 60 cm. Detsamma har gjorts sent på hösten före vinterns inträde. Markens kväveprofil redovisas i diagrammen 17-20.

Vid vårprovtagningen finns det i genomsnitt för de senaste fem åren ca 11 respektive 6 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg. Vid höstprovtagningen finns i genomsnitt ca 10 respektive 2 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg.

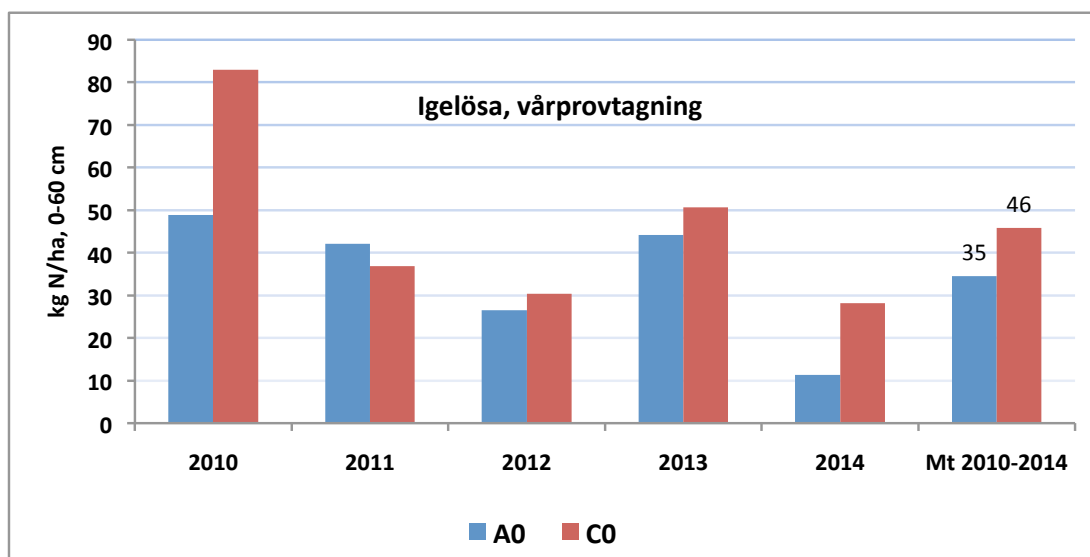


Diagram 17. N-profiler Igelösa, vårprovtagning åren 2010-2014 och medeltal för dessa år.

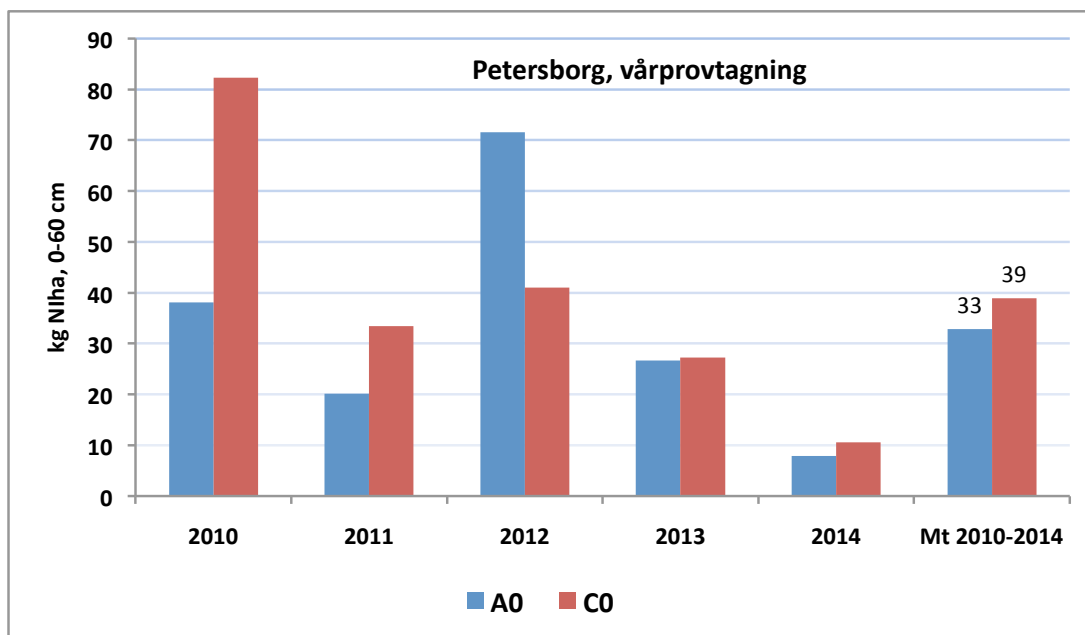


Diagram 18. N-profiler Petersborg, vårprovtagning åren 2010-2014 och medeltal för dessa år.

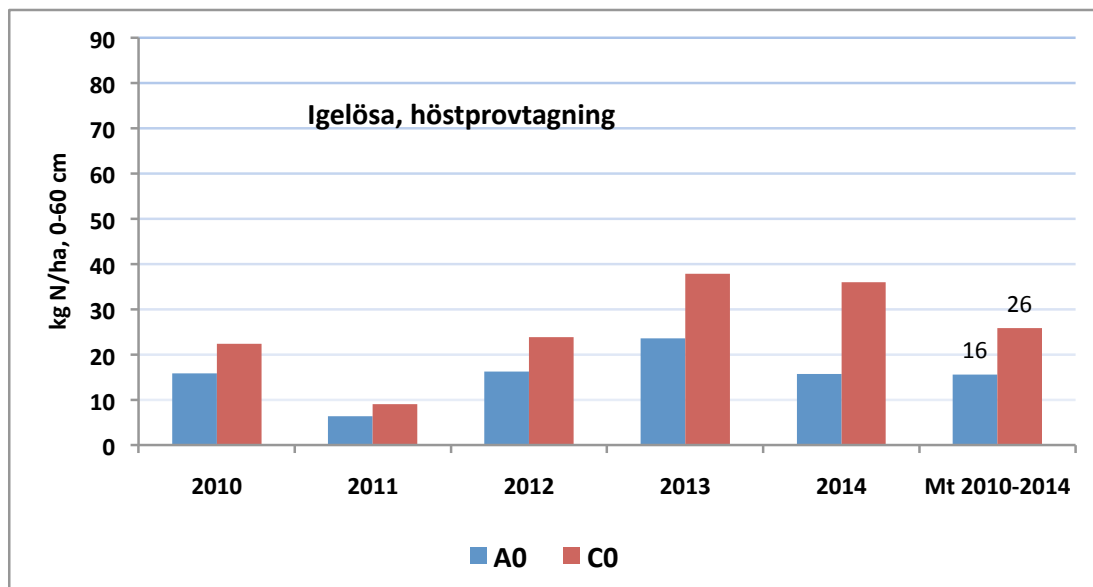


Diagram 19. N-profiler Igelösa, höstprovtagning åren 2010-2014 och medeltal för dessa år

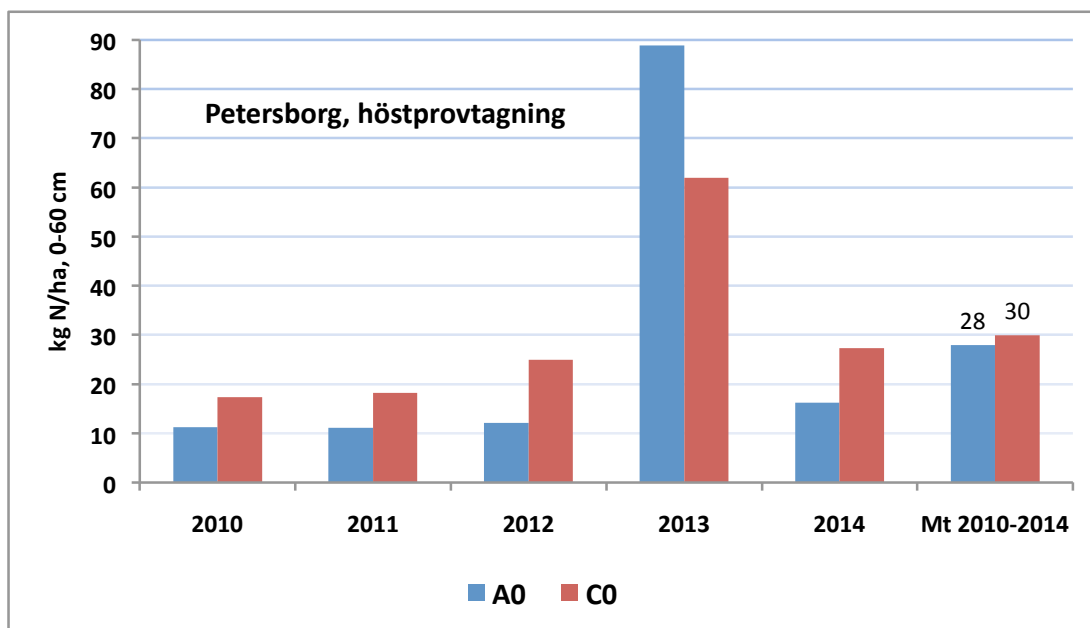


Diagram 20. N-profiler Petersborg, höstprovtagning åren 2010–2014 och medeltal för dessa år.

Sammanfattningsvis kan konstateras att kvävemängden ökar i slambehandlade led. I genomsnitt för de senaste fem åren har vid vårprovtagningen funnits 12 kg mer kväve än vid höstprovtagning i det ogödslade ledet. Motsvarande ökning i det slamgödslade ledet är i genomsnitt 15 kg. Dessa skillnader tyder på att mineraliseringen under vintern varit större än summan av upptaget i grödan och eventuellt läckage. Se tabell 29 i tabellbilagan.

4.4. Slammets effekt på markens metallinnehåll

Liksom för analys av markens innehåll av växtnäring har omfattande provtagning skett av matjorden för analys av metaller.

En jämförelse av markens metallinnehåll i olika försöksled har gjorts. Jämförelsen är gjord som ett medeltal mellan de led som inte fått något slam alls (A0, A1, A2) under perioden och de försöksled som fått i genomsnitt 1 ton slam-TS/ha och år (B0, B1, B2). Resultatet av jämförelsen redovisas i diagram 21–27. Kommentarererna under respektive diagram avser slamtillförselns påverkan på halterna av metaller. När det nämns statistiskt säkra skillnader så avses analys vid senaste analystillfället 2014 om inget annat anges.

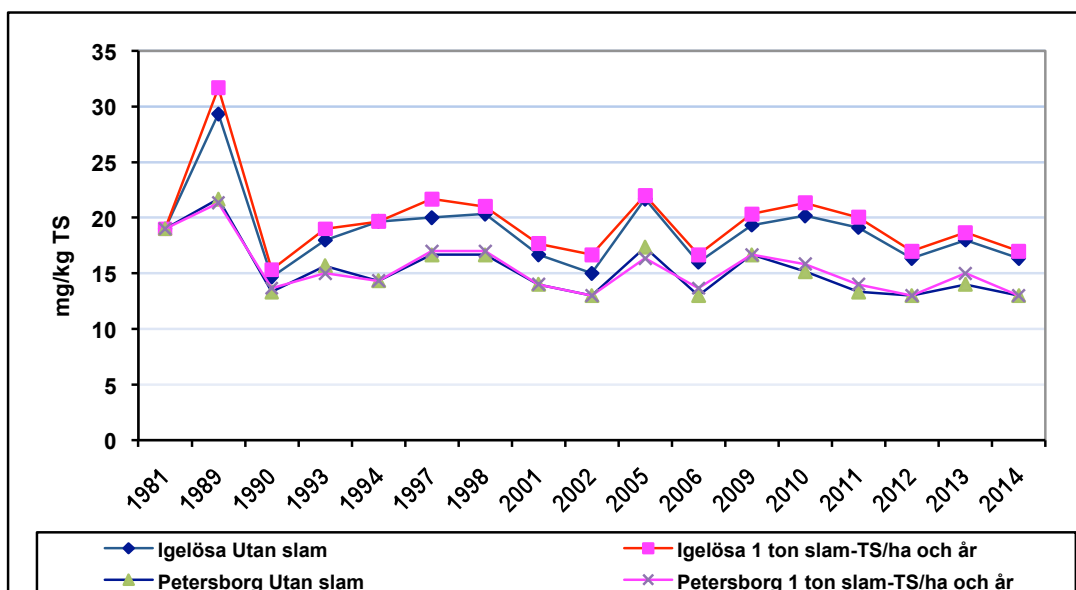


Diagram 21. Matjordens innehåll av bly.

Matjordens innehåll av bly är cirka 4 mg Pb/kg TS högre i Igelösa än i Petersborg. Halten i Igelösa har varit tämligen konstant ända sedan 1990 med variationer mellan enskilda år mellan 15 och 22 mg/kg TS. Halten i Petersborg har även varit tämligen konstant med variationer mellan 13 och 17 mg/kg TS. År 2011 var blyhalten omkring 20 mg/kg TS i Igelösa och omkring 14 mg/kg TS i Petersborg. Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad mellan slamgödslade och icke slamgödslade led med undantag för 2014 på Igelösa och 2013 på Petersborg där det finns en tendens till något högre värden i slamgödslade led.

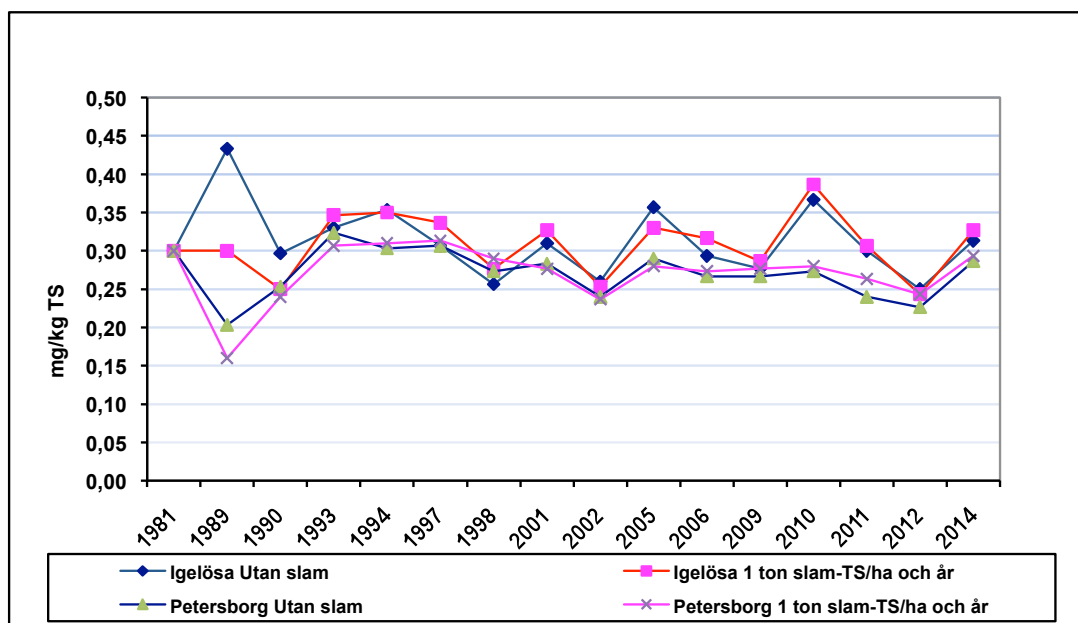


Diagram 22. Matjordens innehåll av kadmium.

Matjordens innehåll av kadmium är cirka 0,05 mg/kg TS högre i Igelösa än i Petersborg. Halten i Igelösa har varit tämligen konstant med variationer mellan 0,25 och 0,39 mg/kg TS. Det föreligger ingen signifikant skillnad mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled i Igelösa. I Petersborg föreligger år 2012 och 2013 en signifikant skillnad i kadmiumhalt mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled. År 2012 är det också ett utslag för ökad kadmiumhalt i de mineralgödslade försöksleden. Alla skillnader är dock små.

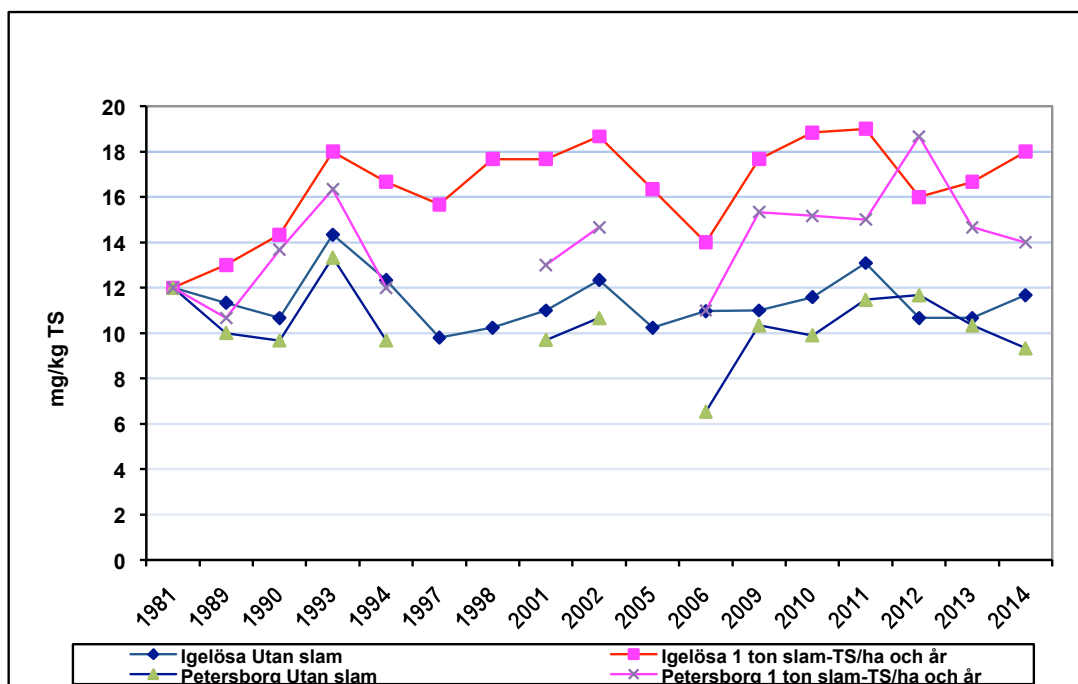


Diagram 23. Matjordens innehåll av koppar. På grund av analysfel saknas värden på Petersborg för åren 1997, 1998 och 2005.

Historiskt har halterna varit högre i Igelösa än i Petersborg men skillnaden har jämnats ut. Från sekelskiftet har kopparhalterna i slammet sjunkit väsentligt. Det föreligger en signifikant skillnad i kopparhalt mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på båda försöksplatserna.

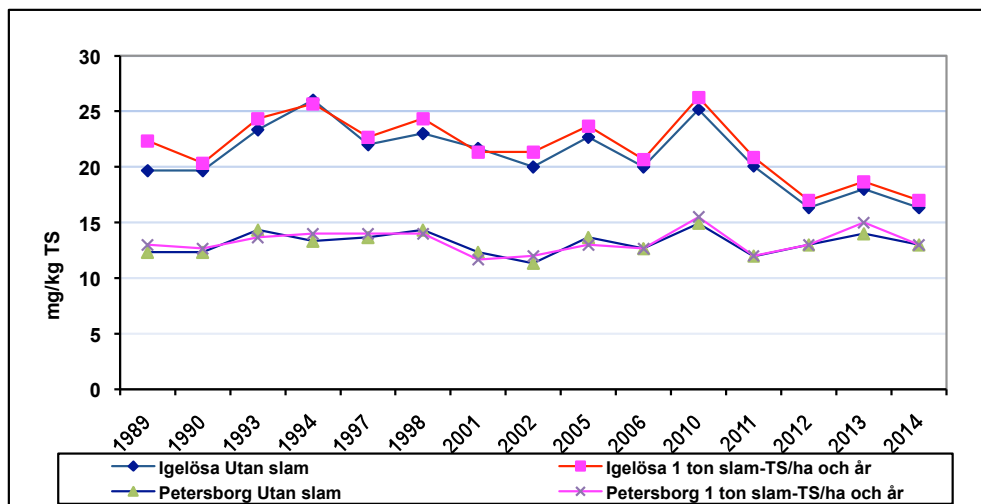


Diagram 24. Matjordens innehåll av krom. Analysvärden saknas för startåret 1981.

Matjordens innehåll av krom är högre i Igelösa än i Petersborg. Dock har skillnaderna minskat under senare år. Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad i kromhalten mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på någon av de båda försöksplatserna.

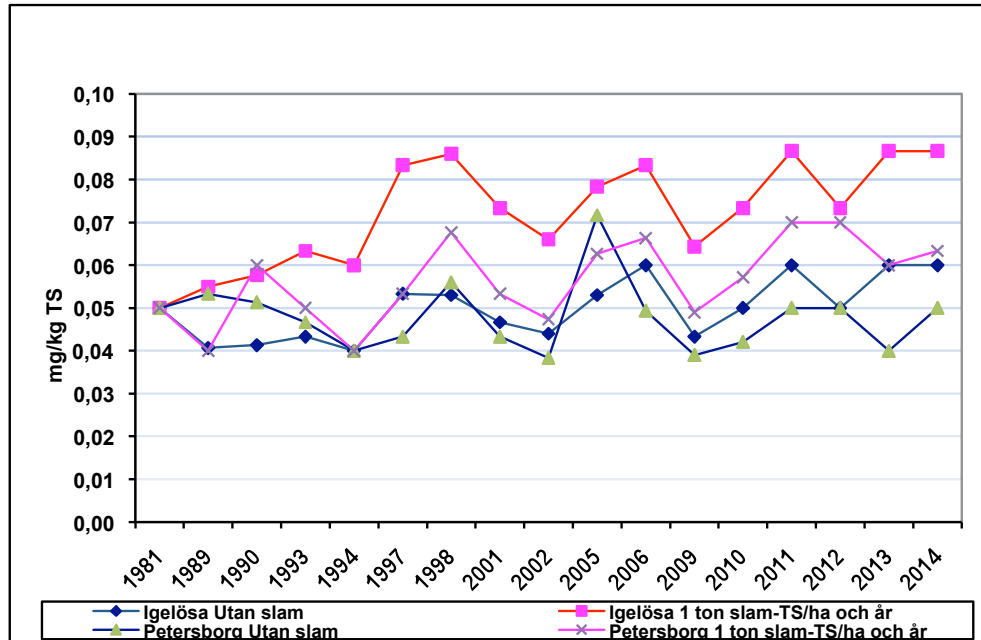


Diagram 25. Matjordens innehåll av kvicksilver.

Det föreligger en statistiskt signifikant skillnad i kvicksilverhalt i matjorden mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på båda försöksplatserna. År 2014 var kvicksilverhalten i slamgödslade led i Igelösa cirka 45 % högre än i icke slamgödslade led. För Petersborg var motsvarande siffra cirka 25 %. Halterna i icke slamgödslade försöksled har i genomsnitt varit cirka 0,05 mg Hg/kg TS.

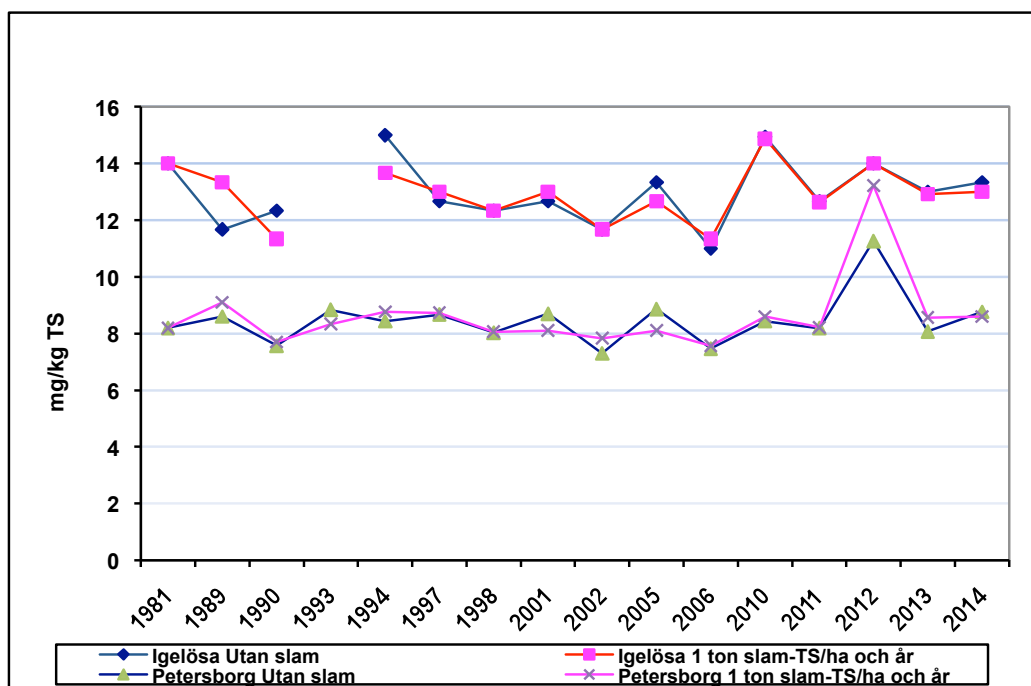


Diagram 26. Matjordens innehåll av nickel. Det saknas analysvärden för Igelösa år 1993.

Matjordens innehåll av nickel är cirka 4 mg/kg TS högre i Igelösa än i Petersborg. Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad i nickelhalten mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på någon av de båda försöksplatserna. Det saknas analysvärden för Igelösa år 1993. Oförklarligt höga värden i Petersborg 2012.

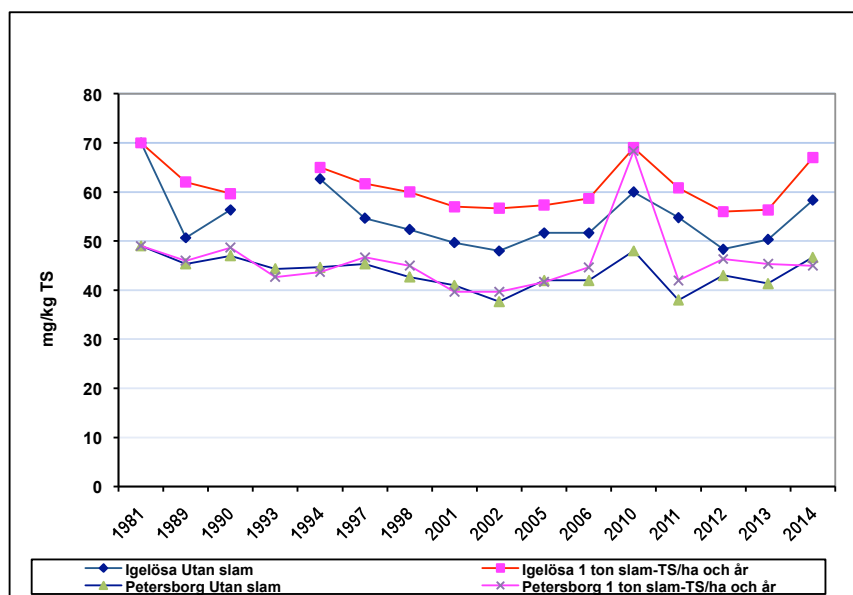


Diagram 27. Matjordens innehåll av zink. Det saknas analysvärden för Igelösa år 1993.

Matjordens innehåll av zink är omkring 10 mg/kg TS högre i Igelösa än i Petersborg. Skillnaden i halt mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled är statistiskt signifikant i Igelösa och för de flesta åren även i Petersborg. Det saknas analysvärden för Igelösa år 1993. År 2010 var zinkhalten i slamgödslade led i Petersborg väsentligt högre än åren före och efter. Det finns ingen förklaring till det höga analysvärdet.

5. Slutsatser av resultat från åren 1981-2014

Om inte annat nämns så avser slutsatserna tillförsel med 1 ton slam-TS per hektar och år. Slutsatserna som dras grundar sig i första hand på analysresultat från senaste provtagningstillfället, det vill säga år 2014, men också på trender i försöken. När det i texten nämns en skillnad så är det en statistiskt säkerställd skillnad som menas.

5.1. Slammets effekt på skördeprodukterna

5.1.1. Effekt på skördens storlek

- Enbart slamtilförsel, utan inblandning av mineralgödsel, under de 33 år som försöken pågått, har gett en skördeökning på 16 %.
- I försöksleden med slam har tillförsel av slam i genomsnitt gett 7 % i skördeökning, oavsett tillförsel av mineralgödsel.
- Alla i försöken förekommande grödor har svarat positivt på slamtilförsel.
- Omräknat i 2015 års prisnivå har den skördehöjande effekten av slamtilförsel varit 500-600 kr per hektar och år.
- En normal gödsling med mineralgödsel har fördubblat skörden i jämförelse med helt ogödslat försöksled.

5.1.2. Metaller i skördeprodukter

- Genom åren har fokus riktats mot tungmetallen kadmium och dess upptag i ätliga växtdelar. I dessa försök har inte koncentrationen i grödan

ökat vid slamtilförsel, inte ens vid trefaldig slamgiva. År 2013 i Igelösa visar analysresultaten att det är det omvända förhållandet och koncentrationen i kornkärnan minskar med ökad slamtilförsel. Samma år visar analyserna att halten har ökat vid trefaldig slamtilförsel i Petersborg. Dock inte vid den lägre nivån på slamtilförsel. Under senare år har det visat sig att tillförsel av handelsgödsel ökar upptaget av kadmium. Variationen mellan grödor och år är stor. Sockerbetor är den gröda i försöken som tar upp kadmium i störst koncentration och mängd, oavsett slamgödsling eller inte.

- Även om kadmium har ägnats stort intresse under försöken är det viktigt att notera att det dessutom har analyserats 14 andra metaller regelbundet i grödorna. Ingen av dessa metaller har ökat i upptag i växten vid slamtilförsel, inte ens vid trefaldig slamtilförsel. I ett så stort material finns det några undantag: Nickel har ökat i kornkärnan 2013 i Igelösa och 2014 i Petersborg. Ibland har manganhalten ökat och ibland minskat vid slamtilförsel. Zink- och kopparhalten har ökat i kornkärnan i Igelösa 2012 och zinkhalten har också visat förhöjda värden i vetekärnan i Petersborg 2014.
- Vad gäller tillförsel av handelsgödsel så har denna medfört ökad halt av zink i alla grödor under senare år. Likaså har mangan- och kopparhalten oftast ökat vid tillförsel av handelsgödsel.
- Slutsatsen efter 33 års försök är mycket säker. Under de förhållanden som råder på försöksplatserna har slamtilförsel till åkermark ingen påverkan på växtens upptag av tungmetaller.



5.2. Slammets påverkan på marken

5.2.1. Påverkan på markens växtnäringsinnehåll

- Fosfortalen stiger.
- Kaliumhalten i marken påverkas inte mätbart.
- Mullhalten är högre i försöksled som erhållit slam jämfört med i försöksled som inte erhållit något slam. Mullhalten är högre i de slamgödslade leden i förhållande till det försöksled som enbart fått handelsgödsel. Dock har inte slamtillförseln lyckats höja mullhalten i förhållande till nivån när försöken startade för 34 år sedan i Igelösa. Däremot har detta skett i Petersborg.
- Det finns en tendens till att pH sjunker något vid stor slamtillförsel. Sambandet är dock svagt.
- Kvävehalten ökar i markskiktet 0–60 cm.
- Magnesiumhalterna ökar vid slamtillförsel.
- Svavelhalten ökar för både slam- och handelsgödsetillförsel.
- Sammanfattningsvis kan man konstatera att markens bördighet ökar.

5.2.2. Påverkan på markens metallinnehåll

- Koppartalen stiger på båda försöksplatserna.
- Kvicksilverhalten ökar på båda försöksplatserna.
- Zinkhalten stiger på båda försöksplatserna.
- En svag tendens till att blyhalterna stiger. Detta är dock inte entydigt.
- De år när tenn nått över detektionsgränsen så har värdena ökat.
- Kadmiumhalterna har en tendens att vara något högre i Petersborg vid slamtillförsel. Resultaten är dock inte entydiga.
- För övriga metaller finns inga skillnader.

5.3. Slammets kvalitet

5.3.1. Växtnäringsämnen och metaller i använt slam

- Samtliga metallhalter i slammet har minskat med tiden. För slammet från Källbyverket i Lund har metallhalterna minskat med över 70 %. Motsvarande siffra från Sjölundaverket i Malmö är cirka 65 %.
- Slam är i första hand ett fosforgödselmedel. En viss effekt erhålls dessutom av det kväve som finns i slammet. Innehållet av magnesium och kalcium har också betydelse för uppbyggnad av markens bördighet. Mullämneshalten i slammet är troligen en bidragande orsak till de positiva effekterna man ser på skördens utveckling.





6. Tidigare rapporter i projektet

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 daggmaskar. *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.

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.

Andersson, P-G., Nilsson, P. (1999). Slamspridning på åkermark. VA-Forsk rapport nr 1999:22.

Andersson, P-G (2000). Slamspridning på åkermark. Långliggande fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport för åren 1998-1999. Hushållningssällskapets rapportserie nr 10.

Andersson, P-G (2002). Slamspridning på åkermark. Långliggande fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport för åren 1981-2001. Hushållningssällskapets rapportserie nr 11.

Andersson, P-G (2005). Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport för åren 1981-2003. Hushållningssällskapets rapportserie nr 13.

Andersson, P-G (2009). Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport för åren 1981-2008. Hushållningssällskapets rapportserie nr 15.

Andersson, P-G (2012). Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport från åren 1981-2011. Hushållningssällskapets rapportserie nr 16.

7. Tabellbilaga

Statistiskt säkra skillnader mellan försöksled. Dock ska villkoret för minsta LSD-värde vara uppfyllt.

De i tabellbilagan använda statistiska parametrarna finns förklarade i avsnitt 1.4. i rapporten

Igelösa. Skörd 2012–2014

År 2014 finns ingen skörd redovisad på grund av dålig etablering av grödan höstraps och därmed utebliven skörd.

Tabell 7. Skörd 2012, sockerbetor

Försöksled	Rotskörd ton/ha	Sockerhalt %	Sockerskörd ton/ha	Rel.tal %	Blåtal	K+Na
A0	45,6	18,0	8,19	61	6	3,23
B0	53,5	17,9	9,54	72	7	3,11
C0	60,0	17,8	10,67	80	8	3,02
A1	62,5	18,1	11,32	85	8	3,32
B1	68,9	18,0	12,42	93	9	3,26
C1	68,0	17,9	12,15	91	10	3,25
A2	75,2	17,8	13,34	100	11	3,20
B2	71,7	17,6	12,62	95	12	3,16
C2	79,5	17,2	13,64	102	16	3,25
Utan slam	61,1	17,9	10,95	100	8	3,25
1 ton slam-TS/ha/år	64,7	17,8	11,52	105	9	3,18
4 ton slam-TS/ha/år	69,2	17,6	12,15	111	11	3,17
Utan mineralgödsel	53,0	17,9	9,46	100	7	3,12
1/1 PK, 1/2 N	66,5	18,0	11,96	126	9	3,28
1/1 PK, 1 N	75,4	17,5	13,20	139	13	3,20
p F1	0,0390	0,0093	0,0739		0,0102	0,1870
p F2	0,0001	0,0001	0,0001		0,0001	0,0058
LSD F1	5,9	0,2			2	
LSD F2	5,1	0,1	0,90		1	0,08

Tabell 8. Skörd 2013, vårkorn

Försöksled	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Protein % av TS	TKV	Stråstyrka 0-100
A0	36,8	43	8,3	49,3	100
B0	43,1	51	8,3	49,1	100
C0	46,5	55	8,1	49,3	100
A1	65,3	77	8,2	52,6	100
B1	68,0	80	9,7	52,4	100
C1	74,6	88	8,6	51,3	100
A2	85,1	100	9,6	52,1	100
B2	88,1	104	9,6	52,2	100
C2	88,5	104	10,1	51,4	100
Utan slam	62,4	100	8,8	51,3	100
1 ton slam-TS/ha/år	66,4	106	9,2	51,2	100
4 ton slam-TS/ha/år	69,8	112	8,9	50,7	100
Utan mineralgödsel	42,1	100	8,3	49,2	100
1/1 PK, 1/2 N	69,3	165	8,8	52,1	100
1/1 PK, 1 N	87,2	207	9,8	51,9	100
p F1	0,0338		0,5205	0,3762	
p F2	0,0001		0,0049	0,0001	
LSD F1	5,1				
LSD F2	3,1		0,8	0,9	

Petersborg. Skörd 2012-2014

Tabell 9. Skörd 2012, vårkorn

Försöksled	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Protein % av TS	TKV	Stråstyrka 0-100
A0	29,3	49	7,7	46,0	90
B0	32,2	54	7,9	47,6	90
C0	40,2	67	7,8	49,5	90
A1	50,6	85	8,1	53,4	90
B1	52,8	88	8,8	52,3	90
C1	56,9	95	9,1	52,4	90
A2	59,8	100	10,0	54,6	90
B2	67,7	113	10,4	54,3	90
C2	70,4	118	10,7	53,9	90
Utan slam	46,6	100	8,6	51,3	90
1 ton slam-TS/ha/år	50,9	109	9,0	51,4	90
4 ton slam-TS/ha/år	55,8	120	9,2	51,9	90
Utan mineralgödsel	33,9	100	7,8	47,7	90
1/1 PK, 1/2 N	53,4	158	8,7	52,7	90
1/1 PK, 1 N	66,0	195	10,4	54,2	90
p F1	0,0061		0,0382	0,5928	
p F2	0,0001		0,0001	0,0001	
LSD F1	4,4		0,4		
LSD F2	3,7		0,4	1,1	

Tabell 10. Skörd 2013, höstraps

Försöksled	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Oljehalt
A0	0	0	-
B0	0	0	-
C0	0	0	-
A1	32,5	105	45,5
B1	30,4	98	45,0
C1	27,4	88	44,4
A2	31,1	100	43,6
B2	31,7	102	43,5
C2	27,8	89	42,1
Utan slam	31,8		44,6
1 ton slam-TS/ha/år	31,1		44,2
4 ton slam-TS/ha/år	27,6		43,3
Utan mineralgödsel	0		-
1/1 PK, 1/2 N	31,1		45,0
1/1 PK, 1 N	30,2		43,1
p F1	0,3201		0,2730
p F2	0,9570		0,5637
LSD F1			
LSD F2			

Tabell 11. Skörd 2014, höstvet

Försöksled	Skörd dt/ha	Rel.tal %	Protein % av TS	TKV	Stråstyrka 0-100
A0	40,2	37	7,6	37,8	100
B0	53,3	48	6,7	40,8	100
C0	89,4	81	8,2	45,1	100
A1	90,9	83	8,2	45,3	100
B1	99,3	90	8,7	45,1	100
C1	115,9	105	10,0	44,5	100
A2	110,1	100	11,0	46,6	100
B2	113,7	103	11,3	44,6	100
C2	121,4	110	12,1	42,3	100
Utan slam	80,4	100	8,9	43,2	100
1 ton slam-TS/ha/år	88,7	110	8,9	43,5	100
4 ton slam-TS/ha/år	108,9	135	10,1	44,0	100
Utan mineralgödsel	60,9	100	7,5	41,2	100
1/1 PK, 1/2 N	102,0	167	8,9	45,0	100
1/1 PK, 1 N	115,1	135	11,5	44,5	100
p F1	0,0003		0,0633	0,4764	
p F2	0,0001		0,0001	0,0001	
LSD F1	7,9				
LSD F2	5,1		0,7	0,8	

Igelösa. Halter av metaller i skördeprodukter 2012-2014

År 2014 finns inga analysresultat redovisade på grund av utebliven skörd av höstraps.

Tabell 12. Sockerbetans innehåll av metaller 2012, mg/kg TS

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	*	*	5,5	*	*	14	*	*	*	7,6	*	*
B0	*	*	5,3	*	*	14	*	*	*	6,9	*	*
C0	*	*	5,6	*	*	15	*	*	*	6,9	*	*
A1	*	*	6,2	*	*	18	*	*	*	7,2	*	*
B1	*	*	5,8	*	*	15	*	*	*	6,2	*	*
C1	*	*	5,6	*	*	13	*	*	*	6,9	*	*
A2	*	*	5,3	*	*	14	*	*	*	7,2	*	*
B2	*	*	5,6	*	*	13	*	*	*	6,9	*	*
C2	*	*	5,5	*	*	15	*	*	*	7,4	*	*
Utan slam			5,7			15				7,3		
1 ton slam-TS/ha/år			5,6			14				6,7		
4 ton slam-TS/ha/år			5,6			15				7,0		
Utan mineralgödsel			5,5			14				7,1		
1/1 PK, 1/2 N			5,9			16				6,8		
1/1 PK, 1 N			5,5			14				7,1		
p F1			0,8859			0,2893				0,4450		
p F2			0,0247			0,0057				0,5924		
LSD F1												
LSD F2			0,3			1						

* Analysresultat saknas på grund av haveri i laboratoriet.

Tabell 13. Kornets innehåll av metaller 2013, mg/kg TS

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	<0,02	0,016	4,0	<0,05	0,07	39,0	<0,02	<0,02	<0,05	9,0	<0,05	<0,05
B0	<0,02	0,013	4,1	<0,05	0,11	36,8	<0,02	<0,02	<0,05	7,9	<0,05	<0,05
C0	<0,02	0,013	4,2	<0,05	0,11	38,5	<0,02	<0,02	<0,05	7,6	<0,05	<0,05
A1	<0,02	0,026	3,8	<0,05	0,08	31,5	<0,02	<0,02	<0,05	9,3	<0,05	<0,05
B1	<0,02	0,019	3,9	<0,05	0,10	31,8	<0,02	<0,02	<0,05	8,0	<0,05	<0,05
C1	<0,02	0,017	4,0	<0,05	0,10	33,8	<0,02	<0,02	<0,05	7,1	<0,05	<0,05
A2	<0,02	0,035	4,0	<0,05	0,07	30,5	<0,02	<0,02	<0,05	10,1	<0,05	<0,05
B2	<0,02	0,031	3,8	<0,05	0,09	28,5	<0,02	<0,02	<0,05	8,6	<0,05	<0,05
C2	<0,02	0,029	3,8	<0,05	0,10	31,5	<0,02	<0,02	<0,05	7,8	<0,05	<0,05
Utan slam		0,026	3,9		0,07	33,7				9,5		
1 ton slam-TS/ha/år		0,021	3,9		0,10	32,3				8,1		
4 ton slam-TS/ha/år		0,019	4,0		0,10	34,6				7,5		
Utan mineralgödsel		0,014	4,1		0,10	38,1				8,2		
1/1 PK, 1/2 N		0,021	3,9		0,09	32,3				8,1		
1/1 PK, 1 N		0,031	3,9		0,09	30,2				8,8		
p F1		0,0018	0,5167		0,0283	0,0605				0,0042		
p F2		0,0001	0,0055		0,0201	0,001				0,0032		
LSD F1		0,002			0,02					0,9		
LSD F2		0,004	0,2			1,6				0,4		

Petersborg. Halter av metaller i skördeprodukter 2012-2014

Tabell 14. Kornkärnans innehåll av metaller 2012, mg/kg TS

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	<0,02	0,016	3,4	0,06	0,12	27,0	<0,02	<0,02	<0,05	10,1	<0,05	<0,05
B0	<0,02	0,016	3,8	<0,05	0,12	30,3	<0,02	<0,02	<0,05	9,9	<0,05	<0,05
C0	<0,02	0,014	3,6	<0,05	0,14	29,8	<0,02	<0,02	<0,05	10,0	<0,05	<0,05
A1	<0,02	0,027	3,1	0,07	0,12	25,5	<0,02	<0,02	<0,05	11,1	<0,05	<0,05
B1	<0,02	0,025	3,4	<0,05	0,13	27,0	<0,02	<0,02	<0,05	11,3	<0,05	<0,05
C1	<0,02	0,023	3,9	<0,05	0,12	29,3	<0,02	<0,02	<0,05	11,3	<0,05	<0,05
A2	<0,02	0,035	2,6	<0,05	0,10	26,3	<0,02	<0,02	<0,05	12,3	<0,05	<0,05
B2	<0,02	0,034	3,6	<0,05	0,11	29,8	<0,02	<0,02	<0,05	12,8	<0,05	<0,05
C2	<0,02	0,032	4,2	<0,05	0,11	31,5	<0,02	<0,02	<0,05	12,3	<0,05	<0,05
Utan slam		0,026	3,0		0,12	26,3				11,1		
1 ton slam-TS/ha/år		0,025	3,6		0,12	29,0				11,3		
4 ton slam-TS/ha/år		0,023	3,9		0,12	30,2				11,2		
Utan mineralgödsel		0,015	3,6		0,12	29,0				10,0		
1/1 PK, 1/2 N		0,025	3,5		0,12	27,3				11,2		
1/1 PK, 1 N		0,033	3,5		0,11	29,2				12,4		
p F1		0,0855	0,0010		0,6281	0,0422				0,8783		
p F2		0,0001	0,4756		0,1132	0,0451				0,0001		
LSD F1			0,3			2,9						
LSD F2		0,002				1,6				0,5		

Tabell 15. Rapsfröets innehåll av metaller 2013, mg/kg TS

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
B0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
A1	<0,04	0,053	2,5	<0,1	0,21	41,0	<0,02	<0,04	<0,1	44,4	<0,1	<0,1
B1	<0,04	0,049	2,6	<0,1	0,23	42,0	<0,02	<0,04	<0,1	43,3	<0,1	<0,1
C1	<0,04	0,057	2,7	<0,1	0,28	43,5	<0,02	<0,04	<0,1	40,8	<0,1	<0,1
A2	<0,04	0,040	2,6	<0,1	0,21	45,0	<0,02	<0,04	<0,1	47,0	<0,1	<0,1
B2	<0,04	0,038	2,6	<0,1	0,19	44,8	<0,02	<0,04	<0,1	43,5	<0,1	<0,1
C2	<0,04	0,052	2,9	<0,1	0,28	47,8	<0,02	<0,04	<0,1	42,0	<0,1	<0,1
Utan slam		0,046	2,6		0,21	43,0				45,7		
1 ton slam-TS/ha/år		0,043	2,6		0,21	43,4				43,4		
4 ton slam-TS/ha/år		0,055	2,8		0,28	45,6				41,4		
Utan mineralgödsel		-	-		-	-				-		
1/1 PK, 1/2 N		0,053	2,6		0,24	42,2				42,8		
1/1 PK, 1 N		0,043	2,7		0,23	45,8				44,2		
p F1		0,0068	0,0733		0,1526	0,3498				0,0207		
p F2		0,0001	0,0524		0,4064	0,0007				0,0416		
LSD F1		0,006								2,6		
LSD F2		0,003				1,6				1,3		

Tabell 16. Vetekärnans innehåll av metaller 2014, mg/kg TS

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	<0,02	0,038	2,1	<0,05	0,16	18,0	<0,02	<0,02	<0,05	22,0	<0,05	<0,05
B0	<0,02	0,041	2,2	<0,05	0,15	19,8	<0,02	<0,02	<0,05	23,3	<0,05	<0,05
C0	<0,02	0,046	2,4	<0,05	0,17	19,3	<0,02	<0,02	<0,05	24,8	<0,05	<0,05
A1	<0,02	0,044	2,4	<0,05	0,10	14,3	<0,02	<0,02	<0,05	19,0	<0,05	<0,05
B1	<0,02	0,050	2,7	<0,05	0,10	16,8	<0,02	<0,02	<0,05	22,0	<0,05	<0,05
C1	<0,02	0,061	2,8	<0,05	0,13	23,5	<0,02	<0,02	<0,05	28,5	<0,05	<0,05
A2	<0,02	0,063	2,9	<0,05	0,08	20,3	<0,02	<0,02	<0,05	21,8	<0,05	<0,05
B2	<0,02	0,062	3,2	<0,05	0,08	22,8	<0,02	<0,02	<0,05	25,0	<0,05	<0,05
C2	<0,02	0,067	2,6	<0,05	0,11	23,8	<0,02	<0,02	<0,05	26,5	<0,05	<0,05
Utan slam		0,049	2,4		0,11	17,5				20,9		
1 ton slam-TS/ha/år		0,051	2,7		0,11	19,8				23,4		
4 ton slam-TS/ha/år		0,058	2,6		0,14	22,2				26,6		
Utan mineralgödsel		0,042	2,2		0,16	19,0				23,3		
1/1 PK, 1/2 N		0,052	2,6		0,11	18,2				23,2		
1/1 PK, 1 N		0,064	2,9		0,09	22,3				24,4		
p F1		0,0753	0,1311		0,0270	0,0209				0,0049		
p F2		0,0001	0,0001		0,0001	0,0065				0,4494		
LSD F1					0,02	2,9				2,6		
LSD F2		0,005	0,2		0,02	2,5				2,2		

Igelösa. Växtnäringstillstånd i jord 2012-2014

Tabell 17. Växtnäringstillstånd i matjorden 2012. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg	S-HNO ₃ mg/kg	Mull-halt %
A0	7,5	8,4	9,3	9,1	375	61	163	0,93	265	3,1
B0	7,7	22,3	9,4	11,3	408	95	173	0,94	305	3,6
C0	7,5	40,3	9,2	12,8	423	130	173	1,01	315	3,7
A1	7,6	8,8	10,1	9,2	385	61	168	0,91	280	3,2
B1	7,7	23,8	11,1	10,7	423	92	175	0,99	313	3,7
C1	7,5	45,3	7,6	12,0	428	135	180	0,99	338	4,0
A2	7,7	7,8	7,4	9,3	413	61	170	0,96	288	3,5
B2	7,7	22,0	10,3	11,0	438	92	173	1,03	333	3,9
C2	7,5	38,5	9,9	11,8	423	125	175	1,02	333	4,0
Utan slam	7,6	8,3	8,9	9,2	391	61	167	0,93	278	3,3
1 ton slam-TS/ha/år	7,7	22,7	10,3	11,0	423	93	173	0,98	317	3,7
4 ton slam-TS/ha/år	7,5	41,3	8,9	12,2	424	130	176	1,01	328	3,9
Utan mineralgödsel	7,6	23,6	9,3	11,0	402	95	169	0,96	295	3,5
1/1 PK, 1/2 N	7,6	25,9	9,6	10,6	412	96	174	0,96	310	3,7
1/1 PK, 1 N	7,6	22,8	9,2	10,7	424	93	173	1,00	318	3,8
p F1	0,2640	0,0001	0,3067	0,0011	0,1260	0,0001	0,1970	0,0494	0,0082	0,0048
p F2	0,4359	0,0549	0,9164	0,4345	0,1913	0,4125	0,1579	0,1667	0,0055	0,0003
LSD F1		3,1		1,0		7		0,06	27	0,3
LSD F2									13	0,1

Tabell 18. Växtnäringstillstånd i matjorden 2013. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg *	S-HNO ₃ mg/kg	Mull- halt %
A0	7,4	8,5	8,5	9,9	393	54	160	12,0	290	3,2
B0	7,5	24,0	8,4	11,8	440	87	173	12,5	270	3,1
C0	7,2	44,0	8,2	12,8	430	120	170	13,3	315	3,6
A1	7,5	9,3	9,3	9,4	405	57	170	12,0	293	3,0
B1	7,5	26,0	9,7	11,3	455	84	168	12,3	280	3,4
C1	7,3	46,0	10,2	12,5	445	123	180	12,8	330	3,9
A2	7,6	9,3	9,3	10,1	443	56	168	12,3	313	3,7
B2	7,6	23,5	9,2	11,3	483	82	165	13,0	280	3,3
C2	7,4	42,5	9,3	12,8	478	120	175	12,8	348	4,1
Utan slam	7,5	8,8	9,1	9,8	413	56	166	12,1	298	3,3
1 ton slam-TS/ha/år	7,5	24,5	9,1	11,4	459	84	168	12,6	277	3,3
4 ton slam-TS/ha/år	7,3	44,2	9,2	12,7	451	121	175	12,9	331	3,9
Utan mineralgödsel	7,4	25,3	8,4	11,5	421	87	168	12,6	292	3,3
1/1 PK, 1/2 N	7,4	27,2	9,7	11,1	435	88	173	12,3	301	3,4
1/1 PK, 1 N	7,5	25,0	9,3	11,4	468	86	169	12,7	313	3,7
p F1	0,0411	0,0001	0,9040	0,0006	0,0006	0,0001	0,3599	0,0764	0,0022	0,0414
p F2	0,0407	0,1061	0,0003	0,2480	0,9984	0,6983	0,2497	0,2245	0,0078	0,0323
LSD F1	0,2	2,6		0,9	37	8			20	0,5
LSD F2	0,1		0,6						13	0,3

*Varmvattenextraktion

Tabell 19. Växtnäringstillstånd i matjorden 2014. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg *	S-HNO ₃ mg/kg	Mull- halt %
A0	7,6	8,2	9,5	9,1	380	53	-	10,0	293	3,2
B0	7,6	29,3	9,3	11,0	415	89	-	10,3	345	3,6
C0	7,4	51,8	10,4	13,5	420	130	-	10,8	370	3,7
A1	7,8	10,4	10,8	9,1	410	58	-	10,5	313	3,3
B1	7,6	29,8	11,4	11,0	418	91	-	10,8	358	3,7
C1	7,3	58,8	12,8	13,5	423	143	-	11,0	403	6,6
A2	7,8	10,9	10,4	9,5	425	58	-	10,3	320	3,4
B2	7,6	28,8	11,8	11,3	435	91	-	10,8	375	4,1
C2	7,4	55,0	13,3	13,8	458	140	-	10,7	410	4,9
Utan slam	7,7	9,8	10,2	9,2	405	56	-	10,2	308	3,3
1 ton slam-TS/ha/år	7,6	29,3	10,8	11,1	423	90	-	10,6	359	3,8
4 ton slam-TS/ha/år	7,4	55,2	12,1	13,6	433	138	-	10,8	394	5,1
Utan mineralgödsel	7,5	29,7	9,7	11,2	405	91	-	10,3	336	3,5
1/1 PK, 0 N	7,5	33,0	11,6	11,2	417	97	-	10,8	358	4,5
1/1 PK, 1 N	7,6	31,5	11,8	11,5	439	96	-	10,6	368	4,1
p F1	0,0008	0,0001	0,0180	0,0001	0,1798	0,0001		0,1401	0,0027	0,1283
p F2	0,1097	0,0427	0,0005	0,5177	0,0553	0,0345		0,1690	0,0025	0,2257
LSD F1	0,1	2,9	1,2	0,9		9			35	
LSD F2		2,5	1,0			5			17	

*Varmvattenextraktion

Petersborg. Växtnäringstillstånd i jord 2012-2014

Tabell 20. Växtnäringstillstånd i matjorden 2012. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg	S-HNO ₃ mg/kg	Mull-halt %
A0	7,1	8,5	7,1	4,1	190	44	143	0,54	123	1,4
B0	7,2	16,8	6,6	4,5	193	65	138	0,54	138	1,8
C0	7,0	24,3	6,9	4,3	180	75	135	0,54	138	1,9
A1	7,1	9,9	8,4	3,6	185	48	148	0,57	140	1,9
B1	7,2	18,0	8,0	4,3	193	64	148	0,58	155	1,8
C1	7,0	28,3	10,0	4,7	198	86	148	0,59	178	2,1
A2	7,2	9,6	8,3	3,3	195	47	145	0,59	145	1,8
B2	7,2	17,5	7,7	3,8	205	66	150	0,60	165	2,2
C2	7,0	28,8	7,4	4,2	200	90	143	0,61	183	2,2
Utan slam	7,1	9,3	7,9	3,7	190	47	145	0,57	136	1,7
1 ton slam-TS/ha/år	7,2	17,4	7,4	4,2	197	65	145	0,57	153	1,9
4 ton slam-TS/ha/år	7,0	27,1	8,1	4,4	193	84	142	0,58	166	2,1
Utan mineralgödsel	7,1	16,5	6,8	4,3	188	62	138	0,54	133	1,7
1/1 PK, 1/2 N	7,1	18,7	8,8	4,2	192	66	148	0,58	158	2,0
1/1 PK, 1 N	7,1	18,6	7,8	3,8	200	68	146	0,60	164	2,1
p F1	0,0659	0,0001	0,5190	0,0048	0,4511	0,0001	0,7095	0,5348	0,0008	0,0153
p F2	0,0993	0,0001	0,0001	0,0017	0,0621	0,0089	0,0002	0,0009	0,0001	0,0002
LSD F1		2,1	1,5	0,3		6			10	0,2
LSD F2		0,8	0,7	0,3		4	4	0,03	8	0,2

Tabell 21. Växtnäringstillstånd i matjorden 2013. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg *	S-HNO ₃ mg/kg	Mull-halt %
A0	6,8	8,8	7,0	4,2	168	43	138	8,3	125	1,5
B0	6,7	15,5	7,5	5,2	183	54	135	8,2	138	1,7
C0	6,6	24,5	6,2	4,9	178	75	135	8,1	150	1,8
A1	6,9	10,7	9,7	3,8	193	45	145	8,7	153	1,8
B1	6,9	19,5	9,7	4,6	195	62	143	8,5	168	2,0
C1	6,7	30,5	10,0	5,0	193	81	145	8,3	190	2,1
A2	6,8	10,1	9,7	3,8	193	47	140	8,8	163	2,0
B2	6,9	19,8	9,6	4,4	203	64	148	8,7	175	2,0
C2	6,7	29,5	9,2	4,7	205	94	175	9,0	200	2,2
Utan slam	6,8	9,8	8,8	3,9	184	45	141	8,6	147	1,8
1 ton slam-TS/ha/år	6,8	18,3	8,9	4,7	193	60	142	8,5	160	1,9
4 ton slam-TS/ha/år	6,7	28,2	8,5	4,8	192	83	152	8,5	180	2,0
Utan mineralgödsel	6,7	16,3	6,9	4,8	176	57	136	8,2	138	1,7
1/1 PK, 1/2 N	6,8	20,2	9,8	4,4	193	63	144	8,5	170	1,9
1/1 PK, 1 N	6,8	19,8	9,5	4,3	200	68	154	8,8	179	2,1
p F1	0,0187	0,0001	0,5930	0,0016	0,3335	0,0001	0,3939	0,7285	0,0010	0,0456
p F2	0,0002	0,0001	0,0001	0,0076	0,0001	0,0110	0,0827	0,0001	0,0001	0,0001
LSD F1	0,1	2,5		0,4		8			11	0,2
LSD F2	0,1	1,2	0,8	0,3	8	7		0,3	8	0,1

*Varmvattenextraktion

Tabell 22. Växtnäringstillstånd i matjorden 2014. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	pH-H ₂ O	P-AL mg/100g	K-AL mg/100g	Mg-AL mg/100g	Ca-AL mg/100g	P-HCl mg/100g	K-HCl mg/100g	B mg/kg *	S-HNO ₃ mg/kg	Mull- halt %
A0	7,2	8,6	8,0	3,8	163	41	-	6,6	145	1,6
B0	7,1	16,8	7,9	4,4	178	53	-	6,6	155	1,9
C0	6,9	27,5	6,8	4,5	173	73	-	6,3	175	1,9
A1	7,3	10,0	9,8	3,5	165	44	-	6,7	158	1,8
B1	7,2	17,8	8,8	3,8	180	56	-	6,6	170	1,8
C1	6,9	35,5	9,6	4,9	190	87	-	6,6	248	2,1
A2	7,3	9,8	9,9	3,4	173	44	-	6,9	160	1,8
B2	7,3	20,0	9,5	3,9	190	58	-	6,8	183	1,9
C2	7,0	30,0	9,2	4,4	190	77	-	6,8	200	2,2
Utan slam	7,3	9,5	9,2	3,6	167	43	-	6,7	154	1,7
1 ton slam-TS/ha/år	7,2	18,2	8,7	4,0	183	55	-	6,7	169	1,9
4 ton slam-TS/ha/år	7,0	31,0	8,5	4,6	184	79	-	6,6	208	2,1
Utan mineralgödsel	7,1	17,6	7,5	4,2	171	55	-	6,5	158	1,8
1/1 PK, 1/2 N	7,1	21,1	9,4	4,1	178	62	-	6,6	192	1,9
1/1 PK, 1 N	7,2	19,9	9,5	3,9	184	60	-	6,8	181	2,0
p F1	0,0015	0,0001	0,4939	0,0122	0,0053	0,0001		0,7747	0,0184	0,0087
p F2	0,0086	0,0033	0,0063	0,1112	0,0063	0,0065		0,0026	0,0182	0,0788
LSD F1	0,1	4,0		0,6	9	6			33	0,2
LSD F2	0,1	1,9	1,3		8	4		0,2	22	

*Varmvattenextraktion

Igelösa. Metaller i jord 2012-2014

Tabell 23. Metallinnehåll i matjorden 2012, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	16	0,26	11	27	14	48	0,05	5,2	-	258	<0,5	-
B0	17	0,20	16	28	14	56	0,07	5,2	-	225	<0,5	-
C0	17	0,29	23	29	15	62	0,10	5,2	-	250	<0,5	-
A1	17	0,26	11	26	14	48	0,05	5,2	-	235	<0,5	-
B1	17	0,26	16	27	14	58	0,07	5,0	-	208	<0,5	-
C1	18	0,29	24	33	14	63	0,10	4,8	-	215	<0,5	-
A2	16	0,23	10	28	14	49	0,05	5,0	-	220	<0,5	-
B2	17	0,27	16	28	14	54	0,08	4,7	-	205	<0,5	-
C2	18	0,30	23	29	15	60	0,10	5,2	-	248	<0,5	-
Utan slam	16	0,25	11	27	14	48	0,05	5,1		238		
1 ton slam-TS/ha/år	17	0,24	16	28	14	56	0,07	4,9		213		
4 ton slam-TS/ha/år	18	0,29	23	30	15	62	0,10	5,1		238		
Utan mineralgödsel	17	0,25	17	28	14	56	0,08	5,2		244		
1/1 PK, 1/2 N	17	0,27	17	29	14	56	0,08	5,0		219		
1/1 PK, 1 N	17	0,26	16	28	14	54	0,08	5,0		224		
p F1	0,0560	0,0832	0,0001	0,1470	0,2552	0,0019	0,0001	0,7723		0,2586		
p F2	0,2268	0,6542	0,5507	0,7167	0,2032	0,1262	0,9960	0,0338		0,0220		
LSD F1			1			5	0,01					
LSD F2								0,2		18		



Tabell 24. Metallinnehåll i matjorden 2013, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	18	0,24	11	28	12,5	50	0,06	4,6	5,00	208	<0,20	<2,0
B0	19	0,25	18	29	13,0	58	0,09	4,7	5,03	208	<0,20	<2,0
C0	19	0,29	24	30	13,3	65	0,12	5,0	5,55	258	<0,20	<2,0
A1	18	0,25	11	29	13,0	51	0,06	5,0	5,05	223	<0,20	<2,0
B1	18	0,25	16	29	12,8	55	0,08	4,7	5,08	198	<0,20	<2,0
C1	20	0,28	25	29	13,3	64	0,11	4,6	5,15	208	<0,20	<2,0
A2	18	0,25	11	29	13,5	50	0,06	5,1	5,23	270	<0,20	<2,0
B2	19	0,26	16	30	13,0	56	0,09	4,7	5,15	205	<0,20	<2,0
C2	19	0,30	24	30	13,8	63	0,11	5,0	5,45	250	<0,20	<2,0
Utan slam	18	0,25	11	28	13,0	50	0,06	4,9	5,09	233		
1 ton slam-TS/ha/år	19	0,25	17	29	12,9	56	0,08	4,7	5,08	203		
4 ton slam-TS/ha/år	19	0,29	24	30	13,4	64	0,11	4,9	5,38	238		
Utan mineralgödsel	19	0,26	18	29	12,9	58	0,09	4,8	5,19	224		
1/1 PK, 1/2 N	18	0,26	17	29	13,0	56	0,08	4,8	5,09	209		
1/1 PK, 1 N	18	0,27	17	29	13,4	56	0,09	4,9	5,28	242		
p F1	0,0066	0,0734	0,0001	0,1354	0,4219	0,0002	0,0001	0,6965	0,0686	0,5577		
p F2	0,4866	0,6805	0,2163	0,3920	0,0201	0,2459	0,1933	0,5941	0,3105	0,2836		
LSD F1	1		2			4	0,01					
LSD F2					0,4							

Tabell 25. Metallinnehåll i matjorden 2014, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	16	0,31	11	24	13,0	58	0,06	4,8	3,95	293	<0,50	1,28
B0	17	0,33	18	25	13,3	68	0,09	4,4	4,15	253	<0,50	1,48
C0	18	0,36	26	25	13,5	77	0,11	5,0	4,33	313	<0,50	1,78
A1	17	0,33	12	24	13,8	59	0,06	5,2	4,43	320	<0,50	1,20
B1	17	0,32	18	24	13,0	66	0,08	4,4	4,08	235	<0,50	1,48
C1	18	0,36	26	25	13,5	79	0,12	4,8	4,45	275	<0,50	1,88
A2	16	0,30	12	24	13,0	58	0,06	4,6	4,08	278	<0,50	1,23
B2	17	0,33	18	24	13,0	67	0,09	4,8	4,08	275	<0,50	1,50
C2	17	0,34	25	24	13,3	76	0,11	4,6	4,23	278	<0,50	1,78
Utan slam	16	0,31	11	24	13,3	58	0,06	4,8	4,15	297		1,23
1 ton slam-TS/ha/år	17	0,33	18	24	13,1	67	0,09	4,5	4,10	254		1,48
4 ton slam-TS/ha/år	18	0,35	26	24	13,4	77	0,11	4,8	4,33	288		1,81
Utan mineralgödsel	17	0,33	18	24	13,3	68	0,08	4,7	4,14	286		1,51
1/1 PK, 1/2 N	17	0,34	19	24	13,4	68	0,09	4,8	4,32	277		1,52
1/1 PK, 1 N	17	0,32	18	24	13,2	67	0,09	4,6	4,13	277		1,50
p F1	0,0454	0,1070	0,0001	0,5464	0,6463	0,0004	0,0001	0,3105	0,0550	0,2916		0,0001
p F2	0,3946	0,4946	0,6054	0,9297	0,4191	0,6224	0,0921	0,5892	0,0100	0,7862		0,8990
LSD F1	1		2			5	0,01					0,10
LSD F2									0,13			

Petersborg. Metaller i jord 2012-2014

Tabell 26. Metallinnehåll i matjorden 2012, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	14	0,22	12	20	12,4	43	0,05	3,9	4,75	250	<0,2	1,02
B0	15	0,24	18	19	11,8	46	0,07	4,2	4,78	280	<0,2	1,15
C0	15	0,24	21	18	11,0	47	0,08	4,0	4,38	273	0,24	1,40
A1	14	0,22	11	18	10,5	43	0,05	3,8	4,73	248	<0,2	1,09
B1	15	0,24	19	22	14,9	47	0,07	3,9	4,55	263	<0,2	1,38
C1	15	0,27	25	19	11,8	51	0,08	4,2	4,85	290	0,26	1,38
A2	14	0,24	12	18	10,9	43	0,05	3,8	4,53	260	<0,2	0,91
B2	15	0,25	19	21	13,0	46	0,07	4,0	4,83	268	<0,2	1,20
C2	15	0,24	25	18	11,5	50	0,09	4,1	4,88	265	0,29	1,48
Utan slam	14	0,23	12	18	11,3	43	0,05	3,8	4,57	253		1,01
1 ton slam-TS/ha/år	15	0,25	18	21	13,2	46	0,07	4,0	4,72	270		1,24
4 ton slam-TS/ha/år	15	0,25	23	19	11,4	49	0,08	4,1	4,70	276		1,42
Utan mineralgödsel	15	0,23	17	19	11,7	45	0,06	4,0	4,53	268		1,19
1/1 PK, 1/2 N	15	0,24	18	20	12,4	47	0,07	4,0	4,71	267		1,28
1/1 PK, 1 N	15	0,24	18	19	11,8	46	0,07	3,9	4,74	264		1,19
p F1	0,2321	0,0105	0,0001	0,1076	0,2045	0,0004	0,0003	0,3952	0,6123	0,1983		0,0018
p F2	0,8917	0,0145	0,1049	0,6712	0,7328	0,1543	0,0213	0,7721	0,0720	0,9120		0,2129
LSD F1		0,01	2			2	0,01					0,15
LSD F2		0,01					0,01					

Tabell 27. Metallinnehåll i matjorden 2013, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	14	0,22	12	16	8,2	41	0,04	4,0	4,50	263	<0,20	<2,0
B0	15	0,24	14	17	8,5	46	0,06	4,1	4,83	265	<0,20	<2,0
C0	15	0,24	19	17	8,7	47	0,07	4,2	4,75	278	<0,20	<2,0
A1	14	0,23	10	17	8,1	42	0,04	4,0	4,45	255	<0,20	<2,0
B1	15	0,24	15	18	8,6	45	0,06	4,1	4,73	268	<0,20	<2,0
C1	16	0,24	20	18	8,3	50	0,07	4,1	4,55	263	<0,20	<2,0
A2	14	0,22	9	17	7,9	41	0,04	3,8	4,40	248	<0,20	<2,0
B2	15	0,25	15	18	8,6	45	0,06	4,2	4,70	290	<0,20	<2,0
C2	16	0,24	20	18	8,8	49	0,08	4,2	4,83	268	<0,20	<2,0
Utan slam	14	0,22	10	17	8,1	41	0,04	3,9	4,45	255		
1 ton slam-TS/ha/år	15	0,24	15	17	8,6	45	0,06	4,1	4,75	274		
4 ton slam-TS/ha/år	15	0,24	20	17	8,6	48	0,07	4,2	4,71	269		
Utan mineralgödsel	15	0,23	15	17	8,5	44	0,06	4,1	4,69	268		
1/1 PK, 1/2 N	15	0,23	15	17	8,3	46	0,06	4,1	4,58	262		
1/1 PK, 1 N	15	0,24	15	17	8,5	45	0,06	4,1	4,64	268		
p F1	0,0032	0,0051	0,0001	0,0614	0,3503	0,0032	0,0001	0,5154	0,4158	0,5027		
p F2	0,3850	0,4713	0,8779	0,4083	0,2157	0,0506	0,0176	0,8951	0,5251	0,5799		
LSD F1	1	0,01	2			3	0,01					
LSD F2							0,01					

Tabell 28. Metallinnehåll i matjorden 2014, (HNO₃), mg/kg TS. Rutvis analys (4 analyser/försöksled)

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A0	13	0,28	10	14	9,1	47	0,05	4,0	3,68	300	<0,50	1,10
B0	13	0,30	14	14	8,8	39	0,06	4,0	3,70	310	<0,50	1,15
C0	14	0,29	19	14	8,8	52	0,07	4,0	3,78	308	<0,50	1,50
A1	13	0,29	9	14	8,5	46	0,05	3,9	3,70	293	<0,50	1,05
B1	13	0,29	14	14	8,4	48	0,06	3,8	3,73	295	<0,50	1,18
C1	14	0,31	21	14	8,6	54	0,08	3,9	3,90	310	<0,50	1,38
A2	13	0,29	9	14	8,7	47	0,05	3,9	3,73	300	<0,50	1,18
B2	13	0,29	14	14	8,6	48	0,06	3,9	3,75	295	<0,50	1,23
C2	14	0,31	20	14	8,9	52	0,08	4,0	3,93	310	<0,50	1,50
Utan slam	13	0,28	9	14	8,8	46	0,05	4,0	3,70	298		1,11
1 ton slam-TS/ha/år	13	0,29	14	14	8,6	45	0,06	3,9	3,73	300		1,18
4 ton slam-TS/ha/år	14	0,30	20	14	8,7	53	0,07	4,0	3,87	309		1,46
Utan mineralgödsel	13	0,29	14	14	8,9	46	0,06	4,0	3,72	306		1,25
1/1 PK, 1/2 N	13	0,29	15	14	8,5	49	0,06	3,9	3,78	299		1,20
1/1 PK, 1 N	13	0,30	14	14	8,7	49	0,06	3,9	3,80	302		1,30
p F1	0,4402	0,1497	0,0001	0,7545	0,9029	0,0794	0,0029	0,8772	0,5944	0,6513		0,0042
p F2	0,8917	0,5081	0,1461	0,2937	0,0243	0,3463	0,1426	0,2952	0,6078	0,6371		0,2630
LSD F1			2				0,01					0,16
LSD F2					0,2							

Kvävetillstånd i matjorden 1982-2014

Tabell 29. Markens innehåll av kväve i skiktet 0-60 cm

	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
1998	9	3	25	47	12	15	11	15
1999	23	22	41	22	17	27	19	28
2000	19	20	17	19	13	16	12	12
2001	19	36	17	15	25	48	26	59
2002	9	14	13	94	6	11	14	46
2003	27	28	101	75	9	13	23	16
2004	22	31	27	47	23	19	29	37
2005	28	36	24	35	28	36	24	35
2006	26	36	19	34	27	41	31	33
2007	12	14	15	19	19	27	10	15
2008	14	20	18	33	17	20	38	38
2009	31	37	24	22	23	46	19	48
2010	49	83	38	82	16	22	11	17
2011	42	37	20	33	6	9	11	18
2012	27	30	72	41	16	24	12	25
2013	44	51	27	27	24	38	89	62
2014	11	28	8	11	16	36	16	27
Mt 2010-2014	35	46	33	39	16	26	28	30



I HUSHÅLLNINGSSÄLLSKAPENS RAPPORTSERIE INGÅR:

1996

1. Slamspridning på åkermark.
2. Slamspridning i energiskog.
3. Hem- och hushållsekonomisk utbildning av ryska landsbygdskvinnor.

1997

4. Fiskevårdsområdenas betydelse för fritidsfiskemöjligheterna, fiskevattenägarna och fiskevården – en utvärdering.
5. Prisutveckling på lantbruksfastigheter i Skåne mellan 1990 och 1997.
6. Avveckling av Storförsök Syd och återställning av marken.
7. The Challenge for the future: Improving the Quality of life.
8. Avloppsslam - resurs eller fara för kretsloppet?
9. Genmodifierade livsmedel på nätet.

2000

10. Slamspridning på åkermark. Lägesrapport 1998–99.

2002

11. Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2001.

2003

12. Rötslam i växtföljden. Ett växtnäringsförsök med biomull.

2005

13. Slamspridning på åkermark.
Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2003.
14. Arvikamodellen. Kommunal upphandling av livsmedel till småkök
Ylva Gustafsson, Hushållningssällskapet Värmland 2005.

2009

15. Slamspridning på åkermark.
Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2008.
Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Malmöhus 2009.

2012

16. Slamspridning på åkermark.
Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–2011.
Per-Göran Andersson, Hushållningssällskapet Malmöhus 2012.

Hushållningssällskapen är regionalt baserade, fristående kunskapsorganisationer med ett starkt medlemsinflytande. Vår gemensamma värdegrund utgår från viljan att vårda och utveckla landsbygden och dess näringar.

Vi utvecklar och överför kunskap, baserad på försök och forskning. Våra huvudsakliga kunskapsområden är Lantbruk, Landsbygdsutveckling, Mat, Miljö och Fiske.

www.hushallningssallskapet.se

Hushållningssällskapet Skåne
Box 9084
291 09 Kristianstad
Tel: 010-476 20 00
Fax: 046-70 61 35
E-post: info-skane@hushallningssallskapet.se

Hushållningssällskapens Förbund
Drottningsgatan 95 B
113 86 Stockholm
Tel: 08-545 278 00
Fax: 08-21 50 75
E-post: info@hushallningssallskapet.se

ISSN 1402-1951
ISBN 91-88668-83-5

© Hushållningssällskapet