



SLAMTILLFÖRSEL PÅ ÅKERMARK

Slamrapport 2015-2018

Ett projekt i samverkan mellan VA SYD, Trelleborg, Kävlinge, Staffanstorp, Svedala, Sysav, och Svenskt Vatten Utveckling.

Reviderad version februari 2021

Hushållnings
sällskapet



Förord

I första versionen har värdena i tabell 17, 20-35 blivit omkastade, detta är nu korrigerat. Slutsatser och figurer som bygger på analyser från dessa tabeller påverkas inte av denna korrigerings.

De kommunala reningsverken byggdes ut i stor omfattning på 1970-talet och stora mängder slam uppkom som en restprodukt av reningen. Slammet innehåller mull och näringsämnen och därför har det i olika omgångar beslutats eller föreslagits miljömål för slam användning på åkermark. Idag är flera avloppsreningsverk anslutna till Revaqs certifieringssystem, vilket innebär krav på uppströmsarbete och strängare krav än lagen kräver på slam som kan godkännas för spridning på åkermark.

Det senaste nationella initiativet i slamfrågan togs i juli 2018, då regeringen tillsatte utredningen ”Giftfri och cirkulär återföring av fosfor från avloppsslam”. En särskild utredare tog fram förslag som syftar till ett giftfritt och resurseffektivt kretslopp genom återvinning av fosfor från avloppsslam där spridning av miljö- och hälsoskadliga ämnen, till exempel läkemedelsrester och mikroplaster, fasas ut. Utredaren skulle ta fram förslag på hur ett förbud mot att sprida avloppsslam, med krav på att återvinna dess fosforinnehåll, kan utformas, inklusive eventuella undantag från förbudet. Utredningen Hållbar slamhantering SOU 2020:3 lämnades över till regeringen den 17 januari 2020.

Utredningen föreslog två olika alternativ på förbud mot användning av avloppsslam på mark. De två alternativen innebär:

- Ett förbud mot all spridning på all mark av allt avloppsslam.
- Ett förbud med utgångspunkt i att eventuella risker med slamspridning kan hanteras och åtgärdas. Det vill säga ett undantag från förbudet för användning av slam som är hygieniserat och kvalitetssäkrat slam på produktiv jordbruksmark.

Beredning av ärendet pågår nu på Miljödepartementet.

Frågeställningen från lantbrukarkåren var redan på 1970-talet om slammet kunde vara en tillgång i växtodlingen. Det bästa sättet att få svar på frågan ansågs vara att i fältförsök testa slamspridning på åkermark under verkliga och kontrollerade former. En arbetsgrupp bildades med representanter från dåvarande SSK (Sydvästra Skånes Kommunförbund), Sysav (Sydvästra Skånes Avfallsaktiebolag), Hushållningssällskapet Malmöhus (nuvarande Hushållningssällskapet Skåne) och LRF (Lantbrukarnas Riksförbund), och hösten 1981 lades fyra fältförsök ut i sydvästra Skåne. Efter några år avslutades två av försöken och tillgängliga resurser koncentrerades till två försöksplatser: Igelösa norr om Lund, som tar emot slam från Källby avloppsreningsverk i Lund, och Petersborg söder om Malmö, som tar emot slam från Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö. Dessa två fältförsök pågår fortfarande.

I denna rapport redovisas resultaten från perioden 2015–2018, men även en sammanfattning av de nu 37 årens försöksresultat. År 2018 var extremt torrt och varmt, och resultaten avviker därför från tidigare år – i vissa fall kraftigt. Spannmålsskördarna var de lägsta på 59 år och cirka 45 procent lägre än genomsnittsskörderna för hela landet. På vissa platser, bland annat i Skåne, kunde skördebortfallet bli så högt som 60 procent, detta på grund av att ”ju högre skördepotential desto större skördetapp”. Det uteblivna regnet blev den begränsande faktorn för grödans vatten- och näringsupptag. På Igelösa regnade det 8 mm under perioden 30 april till 10 augusti. Under samma period fick Petersborg 24 mm nederbörd. Medeltemperaturen för maj, juni och juli var fem grader högre än normalt.

Med fältförsöken som bas har genom åren ett stort antal specialundersökningar genomförts. De mest aktuella gäller mikroplaster (redovisades 2018), respektive antibiotikaresistens (redovisades 2020). I båda fallen har såväl slam som slamgödsblad jord analyserats.

Projektet ”Slamspridning på åkermark” är unikt – inte bara i Sverige utan även i världen – genom att det är upplagt som ett praktiskt fältförsök, där växtföljden väljs av lantbrukaren, och genom att slamtillförselns påverkan på åkermarken kunnat följas under lång tid. Det råder därför stor enighet om att det är angeläget att fortsätta dessa unika försök.

Vi tackar Trelleborg, Kävlinge, Staffanstorps, Svedala och VA SYDs medlemskommuner Malmö, Lund, Lomma, Burlöv, samt Sysav och Svenskt Vatten Utveckling för finansiering av projektet ”Slamspridning på åkermark” inklusive specialstudier. Tack också till Institutionen för Mark och Miljö, Sveriges Lantbruksuniversitet, som utfört de statistiska bearbetningarna av data.



Projektets styrgrupp, som för närvarande har följande sammansättning:

Christopher Grubberger, VA SYD, ordförande

Ann Thorén, Sysav, sekreterare

Ulrika Dyrlund Martinsson, Hushållningssällskapet Skåne, projektledare,
ansvarig för fältförsöken och författare till denna rapport

Anders Finnson, Svenskt Vatten

Lin Linde, Svedala kommun

Anders Persson, Sysav Utveckling AB

Agneta Thor Leander, VA SYD

Hans Bertil Wittgren, VA SYD



Innehåll

Förord	2
Sammanfattning	6
1. Inledning	7
1.1. Målsättning med projektet	7
1.2. Försöksuppläggning och design	7
1.2.1. Försöksplan	7
1.2.3 Försöksplatserna	8
1.2.2. Blockförsök	8
1.2.4. Grödor och tidpunkt för slamspridning	10
1.3. Provtagning, provhantering och analyser	11
1.3.1. Slam	11
1.3.2. Jord	11
1.3.3. Gröda	12
1.4. Utvärdering och statistisk analys av data	12
1.4.1 Variationskoefficient (CV %)	13
1.4.2 Sannolikhetsvärde (P-värde, Prob-värde)	13
1.4.3 LSD – Minsta signifikanta skillnad	13
2. Egenskaper hos tillfört slam	14
2.1. Växtnäringsinnehåll i slammet	14
2.2. Tungmetallinnehåll i slammet	16

3. Resultat 2015–2018	17
3.1. Slammets effekt på skördarnas storlek	17
3.1.1 Skördar, Igelösa	17
3.1.2. Skördar, Petersborg	22
3.2. Slammets effekt på skördeprodukternas innehåll av metaller	24
3.2.1. Metaller i skördeprodukter, Igelösa	25
3.2.2. Metaller i skördeprodukter, Petersborg	29
3.3. Slammets effekt på jordens växtnäringsinnehåll	32
3.3.1. Växtnäringsinnehåll i jorden, Igelösa	32
3.3.2. Växtnäringsinnehåll i jorden, Petersborg	35
3.4. Slammets effekt på jordens innehåll av tungmetaller	39
3.4.1. Tungmetallinnehåll i jorden, Igelösa	39
3.4.2. Tungmetallinnehåll i jorden, Petersborg	42
3.5.1 Markens innehåll av kväve	45
4. Sammanfattning av resultat 1981–2018	48
4.1. Slammets effekt på skörden	48
4.1.1. Skördeeffekt olika år efter slamtillförsel	48
4.1.2. Skördeeffekt på höstraps	49
4.1.3. Skördeeffekt på vårsäd (vårkorn, vårvede, havre)	49
4.1.4. Skördeeffekt på höstvede	50
4.1.5. Skördeeffekt på sockerbetor	50
4.1.6. Skördeeffekt på konservärt	51
4.1.7. Skördeeffekt på rödsvingelfrö	51
4.1.8. Skördar och ekonomiskt utfall	52
4.2. Skördeprodukternas innehåll av metaller	54
4.3. Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll	56
4.3.1. Markens innehåll av lättlöslig fosfor	56
4.3.2. Markens mullhalt	57
4.4. Slammets effekt på jordens metallinnehåll	58
5. Slutsatser av resultat från åren 1981–2018	62
5.1. Slammets effekt på skördeprodukterna	62
5.1.1. Effekt på skördens storlek	62
5.1.2. Metaller i skördeprodukter	62
5.2. Slammets påverkan på marken	63
5.2.1. Påverkan på markens växtnäringsinnehåll	63
5.2.2. Påverkan på markens metallinnehåll	63
5.3. Slammets kvalitet	63
5.3.1. Växtnäringsämnen och metaller i använt slam	63
6. Fördjupning om mikroplaster och antibiotika	64
6.1 Mikroplaster i kretsloppet	64
6.2 Långvarig spridning av svenskt avloppsslam på åkermark leder inte till tydliga förändringar i jordbakteriers resistensmönster	64
7. Rapporter från projektet	65
Bilaga 1	67

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 Sjölunda 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. Grödorna 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 ($\frac{1}{2}$) 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 även rekommenderad mängd 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 för kväve, och till drygt 3 % av TS för 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 mineralgödsel, men i mindre grad. Dock har inte mullhalten ökat i jämförelse med situationen när försöken började för 38 år sedan på försöksplatsen Igelösa. På Petersborg har dock tillförsel av slam medfört en ökad mullhalt.

Fosfortalen har stigit markant och kväve-halten har ökat i det översta markskiktet. Följande analyser har utförts årligen: 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. För de flesta metaller har det inte uppvisat några förändrade värden på grund av slamgödsling. Tillförsel av mineralgödsel tycks inte påverka halterna av metaller i marken

Kadmium, bly samt tenn har vid något enstaka tillfälle uppvisat något förhöjda analysvärden under dessa 36 års undersökning.

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. Vid den svåra torkan 2018 visade leden med slamtillförsel att marken här stod emot torkan bättre.

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 Källby avloppsreningsverk i Lund respektive Sjölunda avloppsreningsverk 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 Skåne, Ulrika Dyrhund Martinsson är projektledare sedan 2018.

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, d.v.s. varje försöksled upprepas ett antal gånger. Det vanligaste är fyra upprepningar, vilket också är fallet i dessa slamförsök. Av praktiska och statistiska skäl ordnas försöksleden i olika block.

Under 2015 utvecklade Hushållningssällskapet Skåne en programvara för att snabbare och lättare kunna utföra försöksupplägg och statistisk bearbetning. Detta medförde att alla led med beteckning 0 var tvungna att tas bort. Ledet som i tidigare rapporter haft beteckning 0, har i denna rapportbeteckning 1, tidigare 1 är nu 2, och tidigare 2 är nu 3.

1.2.1. Försöksplan

Försöksplanen omfattar nio olika kombinationer av slamtilförsel 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, 2017)
- C** Slam. 12 ton TS per hektar vart 4:e år (1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013, 2017)
- 1** Utan mineralgödsel
- 2** NPK i förhållande till gröda. ½ N-giva, 1/1 PK-giva
- 3** NPK i förhållande till gröda. 1/1 N-giva, 1/1 PK-giva
- TS** Torrsubstans

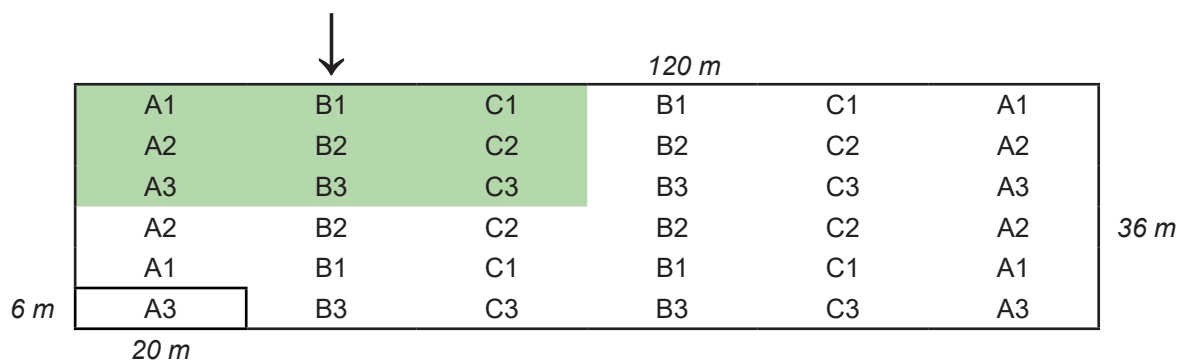
Kombinationen A1 betyder ingen slamtilförsel och ingen mineralgödsel, och kombinationen B3 betyder 4 ton slam-TS per hektar vart fjärde år och full NPK-giva enligt Jordbruksverkets rekommendationer för gödsling och kalkning.

1.2.2. Blockförsök

Försöket är utlagt 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 fältförsök.

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 när mineralgödsel tillförs 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 (A1). Här har varken avloppsslam eller mineralgödsel tillförts sedan 1981.

Tillförseln i de slambehandlade leden motsvarar 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. Numera är detta en relativt hög giva, då en normal giva idag är ca 0,6 ton torrsubstans per hektar och år. 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 ($\frac{1}{2}$) 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 även rekommenderad mängd fosfor och kalium tillförts.

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 bland annat 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.

Tabell 1a visar en typisk jordanalys för de båda försöksplatserna från 1981 när försöken påbörjades. Tabellerna 1b och 1c visar de senast (2018) gjorda jordanalyserna på de båda försöksplatserna.

Tabell 1a. Jordanalyser på försöksplatserna 1981.

Lättlöslig växtnäring* mg/100 g jord						
Försöksplats	pH	P	K	Ca	Mg	Jordart
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.

Tabell 1b. Jordanalyser från led A (ingen slamtillförsel) på försöksplatserna 2018.

Lättlöslig växtnäring* mg/100 g jord						
Försöksplats	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Jordart
Igelösa	7,0	9,8	10,9	346	9,8	mmhML = måttligt mullhaltig mellanlera
Petersborg	6,7	8,9	7,7	165	4,6	nmhLL = något mullhaltig lättlera

*Ammoniumlaktatlösning

Tabell 1c. Jordanalyser från led B (1 ton TS per hektar och år) på försöksplatserna 2018.

Lättlöslig växtnäring* mg/100 g jord						
Försöksplats	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	Jordart
Igelösa	7,0	25	10,8	372	11,4	mmhML = måttligt mullhaltig mellanlera
Petersborg	6,6	16	7,5	173	5,2	nmhLL = något mullhaltig lättlera

*Ammoniumlaktatlösning

1.2.4. Grödor och tidpunkt för slamspridning

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

Tabell 2.

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, 4 ton/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
2010	Höstraps	Höstvete	1/8
2009	Slamspridning	Slamspridning	0/8
2011	Höstvete	Sockerbetor	2/8

Tabell 2 forts.

År	Igelösa	Petersborg	År/cykel
2012	Socketbetor	Vårkorn	3/8
2013	Vårkorn	Höstraps	4/8
2013	Slamspridning	Slamspridning	0/9
2014	Höstraps	Höstvete	1/9
2015	Höstvete	Socketbetor	2/9
2016	Socketbetor	Vårkorn	3/9
2017	Vårkorn	Höstraps	4/9
2017	Slamspridning	Slamspridning	0/10
2018	Höstraps	Höstvete	1/10
2019	Höstvete	Socketbetor	2/10

År 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, d.v.s. 1981, 1982, 1985, 1986, 1989, 1990, 1993, 1994, 1997, 1998, 2001, 2002, 2005, 2006 och 2009 genomfördes ett större analysprogram. Detta innebar att analys av gröda och jord gjordes försöksledsvis. Delproven från de fyra upprepningarna slogs 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.

Under mellanliggande år, d.v.s. 1983, 1984, 1987, 1988, o.s.v., studerades endast leden A1 och C1, d.v.s. leden utan mineralgödsel där tredubbel giva av slam jämfördes med helt obehandlat led.

Från och med 2010 har ett förändrat analysprogram genomförts, där alla 36 rutor har analyserats, både vad gäller gröda och jord. Detta ger en större möjlighet att statistiskt bearbeta analysresultaten.

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

1.3.1. Slam

Delprov har tagits ut vid spridningstillfället i de slampartier som använts på respektive försöksplats. Delproverna har blandats och ett samlingsprov ett prov från varje försöksplats har sedan skickats till Eurofins laboratorium i Kristianstad för analys av TS, %, pH, NH₄-N, Tot-N, Tot P, Tot K, S, Ca, Mg, Pb, Cd, Cu, Cr, Hg, Ni, Zn, Ag, As, Bor, Co, Mn, och Sn.

För analys av ammonium- och nitratkväve har dessutom prov frysts omedelbart och sänts i fruset tillstånd till Eurofins.

Utöver detta analyserar VA SYD enligt SNFS 1994:2 månadsvis alla slampartier som lämnar avloppsreningsverket med avseende på 42 parametrar.

1.3.2. Jord

Provtagning i jorden har skett ner till 25 cm, vilket ungefär motsvarar matjordsskiktet, provtagningen sker enligt den försökshandbok som utarbetas av SLU, Sveriges lantbruksuniversitet som utarbetar de riktlinjer som försöksutförare följer i svenska fältförsök. Följande analyser har även analyserats i dessa prover: pH, 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-HCL, Zn, Co och B. Under senare år har även Ag (silver) och Sn (tenn) analyserats.

Dessutom har mineralkväve (nitrat- och ammoniumkväve) provtagits två gånger per år i led A1 och C1 dels på hösten före vinterns inträde, dels på våren före vårbruk. Provtagning har skett i två skikt: 0–30 och 30–60 cm. Proverna har lagts i speciella provkartonger och transporterats frysta med bil till Eurofins i Kristianstad för analys. De djupfrysta jordproverna analyserades med avseende på mineralkväve (nitrat- och ammoniumkväve) och det är medelvärden av dessa som redovisas som N-min. Eftersom provtagning sker till 60 cm kan man mäta de organiska kvävet mineralisering under vegetationsperioden. När det organiska kvävet mineraliseras bildas ammoniak (NH_3) detta övergår sedan till ammonium (NH_4^+). Detta nitrifieras och nitrat (NO_3^-) bildas. Därav provtagning innan växtsäsong samt efter skörden bärgats från fältet.

1.3.3. Gröda

All skörd av gröda har utförts rutvis, totalt 36 rutor per försök.

Skördeprodukterna har analyserats enbart på de delar som förts bort från fälten. För spannmål har kärna analyserats, men inte halm. I kärna har bestämts torrsubstans, renhet, rymdvikt och proteinhalt. Frö har analyserats för oljeväxter, 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 aminokväve i mg/100 g betor. Alla övriga analyser, liksom analys av N, P, K, Ca, Mg, S, Hg, Cd, Pb, Cr, Co, Ni, Mn, Cu, Zn, As, Sn, Ag och B, har utförts av Eurofins.

1.4. Utvärdering och statistisk analys av data

Olika typer av behandling och bearbetning av data har genomförts. Illustrationer i form av kurv- och stapelfigurer för enskilda parametrar eller grupper av parametrar ger en bra översiktlig bild av resultaten. Statistiska beräkningar av medelvärden, min- och maxvärden samt spridningsmått ger en kompletterande bild. Även tidsserier av data har vid några tillfällen analyserats. Väsentligt bättre möjligheter att utvärdera grunddata statistiskt erhöles från och med år 2010, då inte bara skördarnas storlek utan även analyser av gröda och jord gjorts rutvis. Till exempel kan signifikansanalys endast göras då det föreligger rutvisa data.

Eftersom försöken genomförs som regelrätta fältförsök, där yttre variationer av olika slag föreligger som varken kan påverkas eller förutses, är en statistisk analys viktig för att kunna dra slutsatser om slamgödningens effekt på gröda och jord. Den statistiska analys som framförallt använts i detta projekt är signifikansanalys. Denna går ut på att bestämma om det finns en verklig skillnad i medelvärdet för olika parametrar från olika behandlingsled, eller om skillnaden kan förklaras av slumpen.

I signifikansanalys 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 detta projekt. Det innebär att risken för att fel slutsats dragits är mindre än 5 %.

Om den beräknade sannolikheten för 0-hypotesen 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 Difference), 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 rapporten redovisas beräknade p-, CV-värden samt 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.

1.4.1 Variationskoefficient (CV %)

Variationskoefficienten är standardavvikelsen, för residualavvikelse, uttryckt i procent av medelvärdet. Den är ett mått på hur jämnt ett försök är. Ju lägre variationskoefficient, desto jämnare försök. I fältförsökssammanhang görs följande grova indelning av försök, beroende på dess CV:

< 3 mycket jämnt försök

3 – 6 jämnt försök

6 – 10 något ojämnt

> 10 ojämnt försök

1.4.2 Sannolikhetsvärde (P-värde, Prob-värde)

Sannolikhetsvärdet kallas även p-värde eller prob-värde. Det anger sannolikheten att av en slump erhålla så stora skillnader mellan ledens medelvärden som faktiskt erhållits, eller ännu större, när det egentligen inte alls finns några skillnader mellan leden. När p-värdet är lägre än 0,05 finns det signifikanta skillnader mellan leden. Ju lägre p-värde, desto säkrare resultat. Signifikanta resultat markeras ofta med stjärnor, enligt följande:

p > 0,05	”ej signifikant (n.s.)”
0,05 > p > 0,01	”enstjärnig signifikans (*)”
0,01 > p > 0,001	”tvåstjärnig signifikans (**)”
p < 0,001	”trestjärnig signifikans (***)”

1.4.3 LSD – Minsta signifikanta skillnad

LSD används för att jämföra leden parvist. Detta mått anger hur stor skillnaden, till exempel i skörd, måste vara mellan två led för att de leden skall vara signifikant olika. Värdet avser skillnaden som krävs för enstjärnig signifikans det vill säga $p < 0,05$. Om p-värdet för variabeln är > 0,05, det vill säga när det inte finns några signifikanta skillnader mellan leden, brukar inte LSD-värdet redovisas, för då bör man inte jämföra leden parvist.

Vid analysen har dels slamgödslingens, dels mineralgödslingens effekt analyserats. Slamgödslingens effekt har bestämts genom att alla A-, B- och C-led jämförts med varandra. På motsvarande sätt har mineralgödslingens effekt bestämts genom jämförelse av alla 1-, 2- och 3-led. De grupper som jämförts är:

för slamgödsling	utan slam – det samlade resultatet för leden A1, A2 och A3
	1 ton slam – det samlade resultatet för leden B1, B2 och B3
	3 ton slam – det samlade resultatet för leden C1, C2 och C3
för mineralgödsling	utan mineralgödsel – det samlade resultatet för leden A1, B1 och C1
	½ N, 1 PK – det samlade resultatet för leden A2, B2 och C2
	1 N, 1 PK – det samlade resultatet för A3, B3 och C3

2. Egenskaper hos tillfört slam

Slam tillfördes försöken vid nio tillfällen, nämligen höstarna 1981, 1985, 1989, 1993, 1997, 2001, 2005, 2009, 2013 och 2017. Tillförseln skedde efter skörd av respektive årsgröda och före höstplöjning. Ett samlingsprov togs ut för analys från respektive slamparti som användes på Igelösa och Petersborg från Källby respektive Sjölanda avloppsreningsverk. Ett undantag är analysen av slam från Källby 2001. Vid detta tillfälle användes reningsverkets samlingsprov för augusti 2001 för analys. Detta prov analyserades på samma ämnen som i projektet i övrigt, med undantag för kalium och magnesium.

För slutsatser kring utvecklingen av slammets kvalitet över tid bör man i första hand studera nedan analysresultat samt de i Bilaga 1.

2.1. Växtnäringsinnehåll i slamm

I Tabell 3a redovisas växtnäringsinnehållet i slamm från Källby avloppsreningsverk och i Tabell 4a redovisas motsvarande för Sjölundaverket. Tabellerna 3b och 4b visar hur mycket växtnäring som tillförts med 1 ton slam-TS.

Tabell 3a. Växtnäringsinnehåll i slam från Källby avloppsreningsverk 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
2017	25	8,5	1,6	4,8	4,0	0,20	2,8	0,40

* Analysresultat från produktionen på Källby avloppsreningsverk.

Tabell 3b. 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
2017	16	48	40	2	28	4

* Analysresultat från produktionen på Källby avloppsreningsverk.

Tabell 4a. Växtnäringsinnehåll i slam från Sjölunda avloppsreningsverk som tillförts försöksplatsen Petersborg.

År	TS, %	pH	NH ₄ -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	3,0	0,36	7,6	0,31
1993	27	7,8	1,0	3,4	2,7	0,10	3,6	0,30
1997	24	8,3	1,0	4,1	3,5	0,10	4,1	0,28
2001	23	8,2	1,4	4,8	3,0	0,12	3,0	0,31
2005	32	8,8	1,3	3,1	3,5	0,13	5,1	0,44
2009	-	7,4	1,7	3,1	3,6	0,12	4,1	0,35
2013	24	6,0	1,1	3,8	4,3	0,26	3,5	0,50
2017	30	8,5	1,2	3,0	2,8	0,23	2,8	0,43

Tabell 4b. 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
2017	12	30	28	2,3	28	4,3

2.2. Tungmetallinnehåll i slammet

I Tabellerna 5a och 5b redovisas innehållet av tungmetaller i slammet från Källby avloppsreningsverk respektive Sjölunda avloppsreningsverk.

Tabell 5a. Metallinnehåll i slam från Källby avloppsreningsverk 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
2017	16	0,69**	332	19	0,76	15	680

* Analysresultat från produktionen på Källby avloppsreningsverk.

** Provet kommer från VA SYDs ackrediterade laboratorium.

Tabell 5b. Metallinnehåll i slam från Sjölunda avloppsreningsverk 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
2017	28	0,70	433	31	0,57	16	633

Den generella trenden avseende tungmetallinnehållet i slammet från såväl Sjölanda som Källby är sjunkande, vilket stämmer väl överens med reningsverkens samlingsprover (se årsmedelvärden i Bilaga 1). Framförallt sjönk tungmetallinnehållet under 80- och 90-talen då användandet av tungmetaller minskade i olika typer av verksamheter. Kopparhalten sjönk drastiskt runt millennieskiftet. Den klart dominerande källan av 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 vattentäkt med ett mjukare vatten (Källby) samt genom avhärdning av råvatten (Sjölanda).

En viktig anledning till att tungmetallhalterna i slammet har sjunkit är att ett systematiskt uppströmsarbete genomförs. Uppströmsarbetet är och har varit inriktat mot såväl verksamhetsutövare som hushåll. Arbetet med begränsning av utsläpp till reningsverken från anslutna eller nytillkommande verksamheter har främst skett genom dialog med olika yrkesmässiga verksamheter angående tillåtna/otillåtna utsläpp och bedömningar av kemiska ämnen och avloppsvattenkvalitet. Samarbete med miljöförvaltningarna i tillsynsärenden har skett vid behov och tillsynsbesök på verksamheter har då kunnat genomföras tillsammans. Riktad provtagning och analys av avloppsvatten har genomförts för att upptäcka förorenande källor. Pedagogiskt arbete och information är viktiga delar i uppströmsarbetet inriktat mot hushållen. VA SYD har ett kretslopps- och kunskapscentrum för skolor (Kretseum i Hyllie). Dessutom anordnas studiebesök på bland annat avloppsreningsverk främst inriktat på elever och lärare. Informationsarbete sker via olika kanaler och kan vara inriktade på specifika beteenden och fokusområden.

3. Resultat 2015–2018

En sammanfattning av de senaste fyra årens resultat, 2015–2018, redovisas i nedanstående avsnitt vad gäller skördarnas storlek samt effekterna av slamspridning på grödans innehåll av metaller, innehållet av näringsämnen i jord och innehållet av tungmetaller i jord.

I tabellerna 6 till 35 görs statistiska bearbetningar där resultatet för p F1 avser slamgödning och p F2 avser mineralgödning, och beräknade LSD-värden, där LSD F1 avser slamgödning och LSD F2 avser mineralgödning. Om det föreligger statistiskt säkra skillnader mellan försöksled så är de markerade med en *.

3.1. Slammets effekt på skördarnas storlek

Skördens storlek vad gäller spannmål, raps, konservärt och rödsvingel anges i deciton per hektar (dt/ha), där 1 dt är 100 kg. Sockerbetsskörd anges som ton socker per hektar.

3.1.1 Skördar, Igelösa

På Igelösa har det under perioden odlats höstvet, sockerbetor, vårkorn och höstraps. Här kommenteras endast resultat från leden A3 (utan slam; full NPK-giva) och B3 (4 ton slam-TS per hektar vart fjärde år; full NPK-giva), medan övriga skörderesultat och resultat av statistisk analys återfinns i tabellerna 6-9 under respektive år.

Höstvete 2015

Under 2015 odlades höstvete, i mätarledet A3 uppnådde en skörd på 105,8 dt/ha, medan skörden i led B3 var 117,1 dt/ha. Skörden ökade med 11,3 dt/ha (11 %) vid slamtillförsel.

Tabell 6. Skörd Igelösa 2015. Höstvete, Brons.

Igelösa: Skörd 2015, höstvete	Skörd. dt/HA	REL-TAL	REL-TAL	Tusen- kornvikt	Stråstyrka 0-100
A1	41,9	100	100	43,5	100
A2	78,4	100	187	48,3	100
A3	105,8	100	253	50,2	100
B1	48,5	116	100	45,1	100
B2	86,6	110	179	47,9	100
B3	117,1	111	242	49,2	100
C1	66,2	158	100	46,4	100
C2	96,3	123	145	48,9	100
C3	122,1	115	184	49,9	100
A	75,4	100		47,3	100
B	84,1	112		47,4	100
C	94,9	126		48,4	100
1	52,2		100	45,0	100
2	87,1		167	48,4	100
3	115,0		220	49,8	100
P-värde F1	0,0003			.1173	100
P-värde F2	0,0001			.0001	100
LSD F1	53			1,2	100
LSD F2	43			0,6	100

Sockerbetor 2016

Led A3 uppnådde en skörd på 18,2 ton socker/ha, medan skörden i led B3 var 18,0 ton socker/ha. En ökad skörd med 0,2 ton socker/ha vid slamtillförsel.

Tabell 7, Skörd Igelösa 2016, sockerbetor sorten Cartoon

Försöksled	Rot-skörd ton/ ha 8 nov	Sockerhalt %	Sockerskörd ton/ha	Rel-tal %	Blåtal	K+na
A1	52,3	19,0	10,0	72	5,9	3,5
A2	85,5	18,7	16,0	115	6,9	3,4
A3	98,3	18,2	17,9	129	8,0	3,3
B1	43,0	18,6	8,1	59	5,4	3,2
B2	90,3	18,1	16,4	119	8,4	3,2
B3	102,8	18,0	18,5	134	9,5	3,3
C1	74,7	18,5	13,8	100	5,4	3,1
C2	89,3	18,6	16,6	120	15,4	3,3
C3	101,2	17,5	17,7	128	10,3	3,1
A	78,7	18,6	14,6		6,9	3,4
B	78,7	18,2	14,3		7,8	3,2
C	88,4	18,2	16,0		10,4	3,2
1	56,6	18,7	10,6		5,6	3,3
2	88,4	18,5	16,3		10,3	3,3
3	100,7	17,9	18,0		9,3	3,2
P-värde F1	0,2070	0,3113	0,1793		0,1757	0,0610
P-värde F2	<0,0001	0,0503	0,0003		0,0443	0,8045
LSD F1						
LSD F2	27,0		5,5		7,3	

Vårkorn 2017

Led A3 uppnådde en skörd på 83,5 dt/ha, medan skörden i led B3 var 81,8 dt /ha. Skörden ökade med 1,7 dt/ha vid slamtillförsel.

Tabell 8, Skörd Igelösa 2017, Vårkorn med sorten Planet.

Försöksled	Skörd dt/ha	Rel. tal %	Stråstyrka %	Tusen-kornvikt	Protein % av TS
A1	13,6	20	100	43,1	6,38
A2	67,3	100	100	48,5	7,11
A3	83,5	124	100	46,6	8,30
B1	19,4	29	100	43,4	6,67
B2	73,6	109	100	46,3	7,27
B3	81,8	122	95	43,4	8,47
C1	28,4	42	100	45,8	6,91
C2	73,7	109	100	45,1	7,63
C3	80,5	120	95	43,2	8,77
A	54,8		100	46,1	7,26
B	58,3		98	44,3	7,47
C	60,9		98	44,7	7,77
1	20,5		100	44,1	6,65
2	71,5		100	46,6	7,33
3	81,9		97	44,4	8,51
P-värde F1	0,2686			0,0119	
P-värde F2	0,0012			0,3665	
LSD F1					
LSD F2	68,5				

Höstraps 2018

Led A3 uppnådde en skörd på 17,8 dt/ha, medan skörden i led B3 var 24,9 dt/ha. Skörden ökade med 7,1 dt/ha (40 %) vid slamtillförsel.

Tabell 9, Skörd 2018 Igelösa, Höstraps med sorten Butterfly.

Försöksled	Frö renv. 15% Dt/ha 30-jul	Rel-tal %
A1	6,53	37
A2	8,93	50
A3	17,78	100
B1	7,21	41
B2	11,38	64
B3	24,88	140
C1	11,60	65
C2	21,09	119
C3	31,07	175
A	11,08	
B	14,49	
C	21,25	
1	08,45	
2	13,80	
3	24,57	
P-värde F1	0,1783	
P-värde F2	0,0269	
LSD F1	-	
LSD F2	8,31	

Skörden var extremt låg till följd av den mycket torra sommaren, med den lägsta nederbörd som uppmätts sedan 1783. Försöket skördades redan den 30 juli. Normalt äger skörd rum de första veckorna i augusti.

Sammanfattningsvis fanns inga signifikanta skillnader mellan skördarna under åren 2015 -2018 på Igelösa.

3.1.2. Skördar, Petersborg

På Petersborg har det under perioden odlats sockerbeter, vårkorn, höstraps och höstvetete. Här presenteras endast resultat från leden A3 (utan slam; full NPK-giva) och B3 (4 ton slam-TS per hektar vart fjärde år; full NPK-giva), medan övriga skörderesultat och resultat av statistisk analys återfinns i Tabellerna 10-12.

Sockerbeter 2015

Led A3 uppnådde en skörd på 9,1 ton socker/ha, medan skörden i led B3 var 9,3 ton socker/ha. En ökad skörd med 0,19 ton socker/ha (2 %) vid slamtillförsel.

Tabell 10, Skörd Petersborg 2015, sorten sockerbeter i försöket var Lombok.

Försöksled	Rena betor ton pr ha	Socker kg/ha	REL-TAL	REL-TAL	Sockershalt %	Blåtal	K+Na
A1	19,9	3390	100	100	17,0	7	3,13
A2	46,9	8490	100	251	18,1	7	3,08
A3	50,9	9150	100	270	18,0	9	2,88
B1	19,8	3280	97	100	16,6	8	3,19
B2	49,3	8900	105	271	18,1	7	3,09
B3	52,8	9340	102	285	17,7	11	2,92
C1	22,7	3640	107	100	16,1	10	2,94
C2	52,6	9390	111	258	17,9	9	3,04
C3	53,1	9260	101	255	17,4	13	2,94
A	39,2	7010	100		17,7	8	3,03
B	40,6	7170	102		17,4	9	3,07
C	42,8	7430	106		17,1	11	2,97
1	20,8	3430		100	16,5	9	3,09
2	49,6	8930		260	18,0	8	3,07
3	52,2	9250		269	17,7	11	2,9
P-värde F1	.0667	.2664			.0079	.0009	.3952
P-värde F2	.0001	.0001			.0001	.0001	.0022
LSD F1	3,0	570			0,3	1	0,16
LSD F2	2,1	330			0,2	1	0,10

Vårkorn 2016

Från 2016 finns tyvärr inga data då försöket blev kasserat på grund av för ojämn uppkomst, och beslut togs att inte utföra en försökmässig skörd detta år.

Höstraps 2017

Led A3 uppnådde en skörd på 38,3 dt/ha, medan skörden i led B3 var 42,7 dt/ha. En ökad skörd med 4,4 dt/ha (11 %) vid slamtillförsel vilket detta år är en signifikant skillnad. Försöket skördades den 2 augusti. En signifikant skillnad finns i de mineralgödslade leden samt i de jämförda ledvisa paren. Skillnader i skörd finns detta år mellan slam- och mineralgödslade led.

Tabell 11, Skörd 2017 Petersborg, Höstraps sorten i försöket var DK Exception.

Försöksled	Frö renv. 9% dt/ha	REL-TAL %	Oljehalt % av TS
A1	14,80	45	52,3
A2	33,06	100	52,1
A3	38,26	116	50,2
B1	15,91	48	52,7
B2	32,36	98	52,0
B3	42,73	129	50,0
C1	20,17	61	52,3
C2	30,02	91	51,4
C3	44,39	134	49,3
A	28,71		51,5
B	30,33		51,5
C	31,53		51,0
1	16,96		52,4
2	31,81		51,8
3	41,79		49,8
P-värde F1	.3225		.0421*
P-värde F2	.0070*		.0273*
LSD F1			0,2
LSD F2	6,39		0,1

Höstvete 2018

Led A3 uppnådde en skörd på 56,2 dt/ha, medan skörden i led B3 var 52,4 dt/ha. En minskad skörd med 3,8 dt/ha (-7 %) vid slamtillförsel. I led C3 (12 ton slam-TS per hektar vart fjärde år; full NPK-giva) var skörden 68,6 dt/ha. Detta år visade en signifikant skillnad men man ska komma ihåg att detta år var extremt torrt och resultat från detta år ska man inte jämföra med andra år.

Tabell 12, Skörd Petersborg 2018, sorten höstvete i försöket var *Ellvis*.

Försöksled	Kärna renv. 15% dt/ha 27-jul	REL-TAL %	Tusen-korn- vikt g	Råprotein % av TS	Stråstyrka
A1	25,77	46	35,0	9,6	100
A2	58,76	105	38,8	10,4	100
A3	56,21	100	34,8	12,1	100
B1	35,11	62	36,6	12,9	100
B2	55,68	99	34,6	11,5	100
B3	52,39	93	38,8	9,8	100
C1	45,19	80	40,8	8,2	100
C2	66,65	119	36,2	11,8	100
C3	68,58	122	32,4	15,2	100
A	46,91		36,2	10,7	100
B	47,73		36,7	11,4	100
C	60,14		36,5	11,7	100
1	35,36		37,5	10,2	100
2	60,36		36,5	11,2	100
3	59,06		35,3	12,4	100
P-värde F1	.1846		.8474	.0534	
P-värde F2	.0169*		.2219	.7269	
LSD F1	-		-	-	
LSD F2	11,2		-	-	

Som nämnts ovan var året extremt torrt, och skördarna ger inte en tillförlitlig bild av normala höstveteskördar för området.

Sammanfattningsvis fanns signifikanta skillnader mellan skördarna åren 2017 samt 2018 på Petersborg.

3.2. Slammets effekt på skördeprodukternas innehåll av metaller

Skördeprodukternas innehåll av tungmetaller redovisas i Tabellerna 13–19. I det följande ges kortfattade kommentarer.

I tabellerna nedan anges 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 markerade med en *.

3.2.1. Metaller i skördeprodukter, Igelösa

Höstvete 2015

Ingen signifikant skillnad finns i kärnan 2015. Något högre kadmiumhalt i kärnan i leden med mineralgödsel. (Tabell 13). Koppar har något högre halt i kärnan i både leden för slamtillförsel och i ledet med endast mineralgödsel. Zinkhalten något högre halt i slamgödslat led. Övriga metaller visar ingen skillnad

Tabell 13, Innehåll av metaller i höstvete 2015, mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Pb mg/kg	Cd mg/kg	Cu mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	Hg mg/kg	Co mg/kg	As mg/kg	Mn mg/kg	Ag mg/kg	Sn mg/kg
A1	<0,04	0,05	2,8	>0,1	0,2	21	<0,02	<0,04	<0,1	20,3	<0,1	<0,1
A2	<0,04	0,064	3,2	>0,1	0,16	18,8	<0,02	<0,04	<0,1	18,3	<0,1	<0,1
A3	<0,04	0,099	3,5	>0,1	0,11	18,8	<0,02	<0,04	<0,1	19	<0,1	<0,1
B1	<0,04	0,046	2,9	>0,1	0,21	21,8	<0,02	<0,04	<0,1	19,3	<0,1	<0,1
B2	<0,04	0,061	3,2	>0,1	0,14	20,5	<0,02	<0,04	<0,1	16,8	<0,1	<0,1
B3	<0,04	0,084	3,4	>0,1	0,09	20,3	<0,02	<0,04	<0,1	17,3	<0,1	<0,1
C1	<0,04	0,048	3,1	>0,1	0,2	22,8	<0,02	<0,04	<0,1	19,8	<0,1	<0,1
C2	<0,04	0,065	3,5	>0,1	0,19	23,3	<0,02	<0,04	<0,1	16	<0,1	<0,1
C3	<0,04	0,078	3,3	>0,1	0,08	22,3	<0,02	<0,04	<0,1	14,8	<0,1	<0,1
A		0,071	3,17			19,5						
B		0,064	3,17			20,5						
C		0,063	3,3			22,8						
1		0,05	2,9			21,86						
2		0,063	3,3			20,86						
3		0,09	3,4			20,46						

Sockerbetor 2016

Inga signifikanta skillnader påvisades i sockerbetesskörden under 2016. Kadmiumhalten är något högre i de led som har tillförts mineralgödsel och i ledet med slamtillförsel och mineralgödsel. Högst innehåll av koppar finns i den höga slamgivan. Zink och tennhalten är högst i normalgödslat slamled. Vilket egentligen är något avvikande. Mangan finns med högsta värde i ledet utan tillförsel av slam. Övriga metaller finns inga skillnader.

Tabell 14. Innehåll av metaller i sockerbetor 2016, mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A1	<0,30	0,18	3,8	<1,0	<1,5	12	< 0,02	< 0,2	< 0,5	9,9	< 0,25	8,2
A2	<0,30	0,18	4,2	<1,0	<1,5	12	< 0,02	< 0,2	< 0,5	8,6	< 0,25	11,8
A3	<0,30	0,2	4,1	<1,0	<1,5	13	< 0,02	< 0,2	< 0,5	9,6	< 0,25	9,9
B1	<0,30	0,18	4,1	<1,0	<1,5	13	< 0,02	< 0,2	< 0,5	8,6	< 0,25	12,5
B2	<0,30	0,1	4,2	<1,0	<1,5	13	< 0,02	< 0,2	< 0,5	7,2	< 0,25	9,3
B3	<0,30	0,14	4,4	<1,0	<1,5	37	< 0,02	< 0,2	< 0,5	8	< 0,25	9,5
C1	<0,30	0,19	4,1	<1,0	<1,5	16	< 0,02	< 0,2	< 0,5	8,2	< 0,25	8,5
C2	<0,30	0,15	4,3	<1,0	<1,5	15	< 0,02	< 0,2	< 0,5	7,1	< 0,25	9,8
C3	<0,30	0,15	4,4	<1,0	<1,5	16	< 0,02	< 0,2	< 0,5	8,2	< 0,25	11
A		0,18	4			12				9,4		10
B		0,14	4,2			21				7,9		10,4
C		0,16	4,3			16				7,8		9,8
1		0,18	4			13				8,9		9,7
2		0,14	4,2			13				7,6		10,3
3		0,16	4,3			22				8,6		10,1
P-värde F1*F2		0,5763	0,3056			0,4955				0,1756		0,5592

Vårkorn 2017

I vårkornsskörden under 2017 kunde signifikanta skillnader påvisas i kadmium, koppar, zink och mangan. I övriga analyser finns ingen signifikant skillnad. Gällande mangan är det signifikant skillnad både i slamgödslat led men även i mineralgödslat led. Inga signifikanta skillnader i gröda från slamgödslade led eller i mineralgödslade led kunde visas för övriga metaller.

Tabell 15, Innehåll av metaller i vårkorn 2017, mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A1	< 0,02	< 0,010	2,1	0,175	0,067	16,5	< 0,02	< 0,02	< 0,05	7,7	< 0,05	< 0,05
A2	< 0,02	0,015	2,6	0,069	0,075	16,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	8,3	< 0,05	< 0,05
A3	< 0,02	0,025	2,8	0,198	0,119	16,5	< 0,02	< 0,02	< 0,05	9,7	< 0,05	< 0,05
B1	< 0,02	< 0,010	2,2	0,218	0,128	16,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	6,2	< 0,05	< 0,05
B2	< 0,02	0,009	2,7	0,188	0,090	15,8	< 0,02	< 0,02	< 0,05	6,7	< 0,05	< 0,05
B3	< 0,02	0,018	2,9	0,104	0,135	17,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	8,5	< 0,05	< 0,05
C1	< 0,02	< 0,010	2,5	0,199	0,078	15,8	< 0,02	< 0,02	< 0,05	4,8	< 0,05	< 0,05
C2	< 0,02	0,009	3,1	0,174	0,077	18,5	< 0,02	< 0,02	< 0,05	6,3	< 0,05	< 0,05
C3	< 0,02	0,017	3,3	0,161	0,069	21,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	8,1	< 0,05	< 0,05
A		0,020	2,5	0,147	0,087	16,4				8,6		
B		0,014	2,6	0,170	0,118	16,4				7,1		
C		0,013	3,0	0,178	0,074	18,5				6,4		
1		< 0,010	2,2	0,197	0,091	16,2				6,2		
2		0,011	2,8	0,144	0,081	16,8				7,1		
3		0,020	3,0	0,154	0,107	18,3				8,7		
P-värde F1		.1833	.0794	.7593	.582	.3435				.0178*		
P-värde F2		.0005*	<.0001*	.4744	.1687	.0099*				<.0001*		
LSD F1										.212		
LSD F2		0,0017	.09327			.65877				.213		

Höstraps 2018

Inga signifikanta skillnader fanns i 2018 års höstrapsskörd av någon metall. Kadmiuminnehållet är det samma i alla led. Kopparhalten är något högre i slamgödslade led. Nickel, zink och mangan är högst i ledet utan slam eller mineralgödsel. Detta kan ha ett samband med den torkan som upplevdes under 2018.

Tabell 16. Innehåll av metaller i höstraps 2018, mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A1	< 0,02	0,11	2,4	<0,050	0,42	38	< 0,02	<0,02	< 0,05	21	< 0,05	< 0,05
A2	< 0,02	0,12	2,3	<0,050	0,37	34	< 0,02	<0,02	< 0,05	20	< 0,05	< 0,05
A3	< 0,02	0,12	2,3	<0,050	0,35	35	< 0,02	<0,02	< 0,05	21	< 0,05	< 0,05
B1	< 0,02	0,11	2,3	<0,050	0,33	36	< 0,02	<0,02	< 0,05	16	< 0,05	< 0,05
B2	< 0,02	0,11	2,2	<0,050	0,3	34	< 0,02	<0,02	< 0,05	16	< 0,05	< 0,05
B3	< 0,02	0,12	2,3	<0,050	0,25	33	< 0,02	<0,02	< 0,05	15	< 0,05	< 0,05
C1	< 0,02	0,12	2,4	<0,050	0,39	36	< 0,02	<0,02	< 0,05	16	< 0,05	< 0,05
C2	< 0,02	0,12	2,4	<0,050	0,35	34	< 0,02	<0,02	< 0,05	16	< 0,05	< 0,05
C3	< 0,02	0,12	2,4	<0,050	0,3	35	< 0,02	<0,02	< 0,05	16	< 0,05	< 0,05
A		0,12	2,3		0,38	36				21		
B		0,12	2,3		0,29	34				16		
C		0,12	2,4		0,35	35				16		
1		0,12	2,4		0,38	36				18		
2		0,12	2,3		0,34	34				17		
3		0,12	2,3		0,3	34				17		
P-värde F1		.933	.2836		.2309	.4655				.0118		
P-värde F2		.8534	.7821		.2044	.3298				.6176		

3.2.2. Metaller i skördeprodukter, Petersborg

Sockerbetor 2015

I de sockerbetor som skördades 2015 fanns signifikanta skillnader finns för kadmium, koppar, zink och mangan. De högsta halterna påvisades i det slamgödslade ledet. För övriga metaller fanns inga skillnader.

Tabell 17. Innehåll av metaller i sockerbetor 2015, mg/kg TS. Petersborg.

	Cd g/kg av TS betor	Zn mg/kg av TS betor	Cu mg/kg av TS betor	Mn mg/kg av TS betor
A1	0,12	11	3,1	22,0
A2	0,24	11	3,1	29,0
A3	0,24	12	3,4	27,3
B1	0,20	14	3,5	20,8
B2	0,24	16	3,6	26,0
B3	0,17	14	3,6	23,3
C1	0,20	21	3,7	17,0
C2	0,17	20	3,9	22,0
C3	0,21	17	3,9	20,5
A	0,20	11	3,2	26,1
B	0,20	15	3,5	23,3
C	0,19	19	3,8	19,8
1	0,17	15	3,4	19,9
2	0,21	16	3,5	25,7
3	0,21	14	3,6	23,7
-x-	0,20	15	3,5	23,1
CV%	30,9	9,1	6,4	10,5
OBS	36	36	36	36
P-värde F1	.9538	.0003	.0307	.0027
P-värde F2	.2143	.0702	.1037	.0001
P-värde F1*F2	.0872	.0087	.4160	.8020
LSD F1	0,06	2	0,4	2,5
LSD F2	0,05	1	0,2	2,1
LSD F1*F2	0,09	2	0,4	3,6

Vårvete 2016

Försöket skördades inte försöksmässigt år 2016 på grund av dålig och ojämn uppkomst.

Höstraps 2017

Den enda signifikanta skillnaden i höstrapskörden 2017 fanns i manganhalten i ledet med mineralgödsel. För övriga metaller fanns ingen signifikans.

Tabell 18. Innehåll av metaller i höstraps 2017, mg/kg TS. Petersborg.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A1	< 0,02	0,033	2,9	< 0,05	0,49	28	< 0,02	0,026	< 0,05	28	< 0,05	< 0,05
A2	< 0,02	0,033	2,8	< 0,05	0,49	29	< 0,02	0,018	< 0,05	29,5	< 0,05	< 0,05
A3	< 0,02	0,039	2,8	< 0,05	0,5	30	< 0,02	0,017	< 0,05	34,25	< 0,05	< 0,05
B1	< 0,02	0,032	2,8	< 0,05	0,45	28	< 0,02	0,031	< 0,05	26	< 0,05	< 0,05
B2	< 0,02	0,031	2,8	< 0,05	0,47	29	< 0,02	< 0,02	< 0,05	31,25	< 0,05	< 0,05
B3	< 0,02	0,035	2,8	< 0,05	0,47	31	< 0,02	< 0,02	< 0,05	34,25	< 0,05	< 0,05
C1	< 0,02	0,035	2,7	< 0,05	0,54	31	< 0,02	0,028	< 0,05	25,25	< 0,05	< 0,05
C2	< 0,02	0,032	2,8	< 0,05	0,52	31	< 0,02	< 0,02	< 0,05	27,5	< 0,05	< 0,05
C3	< 0,02	0,035	2,9	< 0,05	0,52	33	< 0,02	< 0,02	< 0,05	32,75	< 0,05	< 0,05
A		0,035	2,8		0,49	29		0,2		30,58		
B		0,033	2,8		0,46	29				31,5		
C		0,034	2,8		0,53	32				29		
1		0,033	2,8		0,49	29		0,028		26		
2		0,032	2,8		0,5	30				29		
3		0,036	2,8		0,5	31				34		
P-värde F1		.4797	.9492		.4826	.4277				.2195		
P-värde F2		.2592	.8130		.9894	.2803				.0007*		
LSD F1												
LSD F2										0,6		

Höstvete 2018

För höstvete 2018 var den enda signifikansen ett högre innehåll av kopparhalten i det slamgödslade ledet. I höstvetekärnan fanns en tendens till högre zinkinnehåll i leden med hög slamtillförsel. Högsta värdet återfinns i ledet med högst slamgiva utan tillförsel av mineralgödsel men ingen signifikans kunde påvisas mellan leden vare sig det är gödslat med slam eller mineralgödsel. Inga signifikanta skillnader i gröda från slamgödslade led eller i mineralgödslade led kunde visas för övriga metaller.

Tabell 19. Innehåll av metaller i höstvete 2018, mg/kg TS. Petersborg.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Ag	Sn
A1	< 0,02	0,055	2,3	< 0,05	0,22	19,8	< 0,02	< 0,02	< 0,05	24,3	< 0,05	< 0,05
A2	< 0,02	0,045	2,15	< 0,05	0,195	16,8	< 0,02	< 0,02	< 0,05	24,5	< 0,05	< 0,05
A3	< 0,02	0,052	2,05	< 0,05	0,235	19,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	23,3	< 0,05	< 0,05
B1	< 0,02	0,054	2,68	< 0,05	0,185	21	< 0,02	< 0,02	< 0,05	21,5	< 0,05	< 0,05
B2	< 0,02	0,049	2,38	< 0,05	0,233	21,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	24,5	< 0,05	< 0,05
B3	< 0,02	0,046	2,45	< 0,05	0,233	18,8	< 0,02	< 0,02	< 0,05	22,8	< 0,05	< 0,05
C1	< 0,02	0,05	2,58	< 0,05	0,278	21	< 0,02	< 0,02	< 0,05	26	< 0,05	< 0,05
C2	< 0,02	0,045	2,48	< 0,05	0,208	18	< 0,02	< 0,02	< 0,05	23,5	< 0,05	< 0,05
C3	< 0,02	0,052	2,58	< 0,05	0,203	23,3	< 0,02	< 0,02	< 0,05	22,8	< 0,05	< 0,05
A		0,051	2,17		0,217	18,6				24		
B		0,05	2,5		0,217	20,3				22,9		
C		0,049	2,54		0,229	20,8				24,1		
1		0,053	2,52		0,228	20,6				23,9		
2		0,047	2,33		0,212	18,7				24,2		
3		0,05	2,36		0,223	20,4				22,9		
P-värde F1		.6879	.0114*		.8455	.1819				.5715		
P-värde F2		.2961	.4662		.3233	.6566				.5614		
LSD F1			0,13									
LSD F2												

3.3. Slammets effekt på jordens växtnäringsinnehåll

Slammets effekt på markens växtnäringsinnehåll redovisas i tabellerna 20-27. Kortfattade kommentarer redovisas i det följande. I de fall kommentarer ges till skillnader mellan behandlingar i försöken är skillnaderna statistiskt säkerställda.

3.3.1. Vaxtnäringsinnehåll i jorden, Igelösa

Under åren 2015–2018 har pH-värdet befunnit sig på en stabil och uppåtgående nivå, men 2018 sjönk värdena i både slamgödslade och de mineralgödslade leden. P-AL-talet var det högsta 2015 för att återgå till ursprungsvärdena året därpå. P-AL-talet har stigit i både slamtillförda led och i mineralgödselleden.

För P-HCl sjunker värdena i både slamtillförsel- och mineralgödselleden under de senaste fyraårsperioden. Mullhalten har sjunkit sedan försökets start, men man kan se en tydlig skillnad i de slamgödslade leden, se figur 20.

K-AL, Mg-AL och Cu-HCl håller en konstant nivå, men de slamgödslade leden håller en högre nivå.

Ca-AL har dock minskat sedan 2015 i samtliga led. Signifikant skillnad finns för 2017 och 2018. Se tabell 20-23.

Tabell 20. Vaxtnäringsstillstånd i matjorden 2015. Igelösa.

Försöks- led	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCL	K-HCL	BHNO ₃	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	%
A1	7,5	10,0	9,0	390	9,4	55	170	5,8	3,2
A2	7,7	13,0	10,0	420	9,1	61	190	5,9	3,1
A3	7,7	11,0	10,0	440	8,8	51	160	5,9	3,2
B1	7,5	31,0	9,2	430	11,0	89	170	6,1	3,4
B2	7,6	34,0	11,0	470	10,0	99	190	6,0	3,7
B3	7,7	32,0	10,0	460	10,0	99	190	6,3	3,9
C1	7,4	53,0	9,1	430	12,0	140	190	5,9	3,6
C2	7,4	59,0	11,0	440	12,0	150	200	6,9	4,1
C3	7,6	53,0	9,6	430	11,0	140	200	6,1	3,9
A	7,6	11,3	9,7	417	9,1	56	173	5,9	3,2
B	7,6	32,3	10,1	453	10,3	96	183	6,1	3,7
C	7,5	55,0	9,9	433	11,7	143	197	6,3	3,9
1	7,5	31,3	9,1	417	10,8	95	177	5,9	3,2
2	7,6	35,3	10,7	443	10,4	103	193	6,3	3,7
3	7,7	32,0	9,9	443	9,9	97	183	6,1	3,9

Tabell 21. Växtnäringstillstånd i matjorden 2016. Igelösa.

Försöks- led	pH	P-AL	K-AL	Ca-AL	Mg-AL	P-HCL	K-HCL	BHNO ₃	SHNO ₃	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	7,3	9,1	9,3	380	9,5	58	180	4,5	290	3,2
A2	7,7	10,0	9,9	380	9,1	65	190	4,1	300	3,4
A3	7,8	8,9	9,8	410	9,3	64	200	3,6	310	3,6
B1	7,5	23,0	9,3	410	11,0	99	210	3,9	330	3,9
B2	7,7	26,0	10,0	430	11,0	97	190	4,1	350	4,1
B3	7,8	23,0	11,0	440	11,0	110	190	3,9	360	4,1
C1	7,5	41,0	8,5	410	12,0	110	160	4,0	340	3,7
C2	7,5	45,0	10,0	440	12,0	130	190	3,7	370	3,7
C3	7,6	41,0	9,8	440	12,0	120	180	3,8	360	4,3
A	7,6	9,0	9,7	390	9,3	62	190	4,1	300	3,4
B	7,7	24,0	10,1	427	11,0	102	197	4,0	347	4,0
C	7,5	42,0	9,4	430	12,0	120	177	3,8	357	3,9
1	7,4	24,0	9,0	400	10,8	89	183	4,1	320	3,4
2	7,6	27,0	10,0	417	10,7	97	190	4,0	340	4,0
3	7,7	24,0	10,2	430	10,8	98	190	3,8	343	4,0

Tabell 22. Växtnäringstillstånd i matjorden 2017. Igelösa.

Försöks- led	pH-	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	P-HCI	K-HCI	B	SHNO ₃	Mullhalt
	H2O	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	7,5	7,5	7,6	7,4	298	54	178	0,94	218	2,5
A2	7,7	9,4	8,4	8,3	345	62	200	1,07	250	2,9
A3	7,8	9,2	8,3	8,6	378	62	205	1,18	275	3,1
B1	7,6	24,0	8,0	10,8	373	97	208	1,18	288	3,4
B2	7,6	27,5	9,3	10,2	395	106	218	1,25	300	3,5
B3	7,7	24,8	8,8	10,2	405	100	215	1,28	310	3,5
C1	7,3	41,0	7,5	12,0	370	135	208	1,18	280	3,4
C2	7,4	47,3	9,2	11,8	395	150	225	1,35	323	3,7
C3	7,5	42,5	8,8	11,5	408	133	213	1,38	325	3,7
A	7,7	8,7	8,1	8,1	340	59	194	1,06	248	2,8
B	7,6	25,4	8,7	10,4	391	101	213	1,23	299	3,5
C	7,4	43,6	8,5	11,8	391	139	215	1,30	309	3,6
1	7,5	24,2	7,7	10,0	347	95	198	1,10	262	2,8
2	7,6	28,1	9,0	10,1	378	106	214	1,22	291	3,5
3	7,7	25,5	8,6	10,1	397	98	211	1,28	303	3,4
P-värde F1	0,2858	0,0002	0,065	0,0089	0,1994	<0,0001	0,2133	0,0008	0,0865	
P-värde F2	0,229	0,1482	<0,0001	0,9855	0,0268	0,0097	0,0455	0,1913	0,3341	
LSD F1		1,5		1,1		15		0,02		
LSD F2			1		26	15	12			

Tabell 23. Växtnäringstillstånd i matjorden 2018. Igelösa.

Försöks- led	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	P-HCL	K-HCL	Ca-AL	B	S	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	Mg/kg	%
A1	7,0	8,3	9,8	10,1	52	168	338	7,8	275	2,9
A2	7,0	11,2	10,6	9,6	55	170	343	6,8	290	3,1
A3	7,1	10,0	12,4	9,6	52	170	358	7,9	338	3,2
B1	6,9	23,8	9,5	12,0	84	168	368	8,6	313	3,6
B2	7,0	26,8	12,3	11,5	88	175	370	7,9	388	3,6
B3	7,0	23,0	10,5	10,8	82	168	378	8,7	370	3,6
C1	6,8	42,5	9,8	13,5	128	173	380	8,3	328	3,7
C2	6,7	43,0	11,8	12,5	125	173	378	8,4	360	3,9
C3	6,8	39,5	9,8	12,3	115	165	383	7,5	343	3,7
A	7,0	9,8	10,9	9,8	53	169	346	7,5	301	3,1
B	7,0	24,5	10,7	11,4	85	170	372	8,4	357	3,6
C	6,8	41,7	10,4	12,8	123	170	380	8,1	343	3,8
1	6,9	24,8	9,7	11,9	88	169	362	8,2	305	3,1
2	6,9	27,0	11,5	11,2	90	173	363	7,7	346	3,6
3	7,0	24,2	10,9	10,9	83	168	373	8,0	350	
P-värde F1	.1873	.0014*	.3412	.0681	.0004*	.9750	.0221*	.1396	.1418	
P-värde F2	.6337	.4204	.3825	.0928	.1646	.6500	.4120	.4399	.0751	
LSD F1	-	14,6	-	-	4	-	16	-		
LSD F2	-	-	-	-	-	-	-	-		

3.3.2. Växtnäringsinnehåll i jorden, Petersborg

Genom slamtillförsel ökar även växtnäringsinnehållet i marken på Petersborg med högre värden för P-AL. Detta har ökat sedan försökets start med en topp 2015 för att året därpå återgå till förgående årsvärde, både i slamgödslat och i ogödslat led. P-HCl har ökat de senaste åren. Mg-AL steg något under 2018, men har tidigare år varit konstant. pH-värdet har sjunkit vid både slamtillförsel och i led utan slam de senaste två åren. Mullhalten ökar både genom både slamtillförsel och mineralgödsel. K-AL-värdena föll under 2018 i samtliga led, men ligger fortfarande kvar i klass III. K-HCl sjönk under 2017 och 2018. Se tabell 24-27.

Tabell 24. Växtnäringsstillstånd i matjorden 2015. Petersborg.

Försöks- led	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	P-HCL	K-HCL	Ca-AL	B	S	Mullhalt
	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	7,1	13,0	8,2	4,5	44	150	180	4,7	120	1,53
A2	6,9	12,0	12,0	3,7	49	160	160	4,1	160	1,87
A3	6,9	13,0	13,0	4,5	54	170	180	5,0	160	1,87
B1	6,9	19,0	7,7	4,9	55	140	170	4,1	130	1,53
B2	6,8	23,0	12,0	4,3	71	160	170	3,6	170	1,87
B3	6,9	25,0	12,0	4,5	74	160	190	3,9	160	2,04
C1	6,8	33,0	6,9	5,1	98	150	160	4,0	160	1,70
C2	6,7	33,0	11,0	4,9	91	160	170	3,9	180	1,87
C3	6,8	35,0	12,0	5,1	88	150	180	4,2	210	2,21
A	7,0	12,7	11,1	4,2	49	160	173	4,6	147	1,80
B	6,9	22,3	10,6	4,6	67	153	177	3,9	153	1,80
C	6,8	33,7	10,0	5,0	92	153	170	4,0	183	1,90
1	6,9	21,7	7,6	4,8	66	147	170	4,3	137	1,76
2	6,8	22,7	11,7	4,3	70	160	167	3,9	170	1,81
3	6,9	24,3	12,3	4,7	72	160	183	4,4	177	2,04
P-värde F1	.0015	.0001	.4939	.0122	.0001		.0053	.7747		
P-värde F2	.0086	.0033	.0063	.1112	.0065		.0063	.0026		
LSD F1	0,1	4,0	1,5	0,6	6		9	0,51		
LSD F2	0,1	1,9	1,3	0,3	4		8	0,17		

Tabell 25. Växtnäringstillstånd i matjorden 2016. Petersborg.

Försöks- led	pH- H ₂ O	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	P-HCL	K-HCL	B HNO ₃	S HNO ₃	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	7,3	8,4	10	4,2	170	42	170	2,3	130	1,7
A2	7,2	8,6	10	3,7	170	43	170	2,4	140	1,7
A3	7,2	9,8	11	4,0	190	46	170	2,4	150	1,9
B1	7,1	14,0	8	4,8	180	55	160	2,4	140	1,7
B2	7,1	18,0	12	4,6	190	58	160	2,5	150	1,9
B3	7,2	18,0	11	4,2	200	63	180	3,0	170	2,0
C1	6,9	22,0	8	4,9	170	74	160	3,0	150	1,9
C2	6,9	27,0	10	4,9	190	78	170	2,2	170	2,0
C3	6,9	27,0	10	4,8	220	78	160	2,8	190	2,2
A	7,2	9,0	10	4,0	177	44	170	2,4	140	1,8
B	7,1	17,0	10	4,5	190	59	167	2,6	153	1,9
C	6,9	25,0	9	4,9	193	77	163	2,7	170	2,0
1	7,1	15,0	9	4,6	173	57	163	2,6	140	1,8
2	7,1	18,0	11	4,4	183	60	167	2,4	153	1,9
3	7,1	18,0	11	4,3	203	62	170	2,7	170	2,0

Tabell 26. Växtnäringstillstånd i matjorden 2017. Petersborg.

Försöks- led	pH- H ₂ O	P-AL	K-AL	Mg-AL	Ca-AL	P-HCl	K-HCl	B	S HNO ₃	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	7,1	8,0	8,1	4,1	160	44	158	0,55	108	1,4
A2	6,9	10,4	12,5	3,7	163	52	173	0,64	133	1,9
A3	7,0	9,3	11,3	3,9	193	49	168	0,65	143	1,8
B1	7,0	14,5	7,7	4,6	163	64	153	0,57	123	1,6
B2	6,8	18,0	11,5	4,3	170	66	170	0,66	148	2,0
B3	6,9	17,8	11,0	4,1	175	66	165	0,71	155	2,0
C1	6,8	26,3	7,1	4,8	165	84	153	0,62	140	1,9
C2	6,7	29,0	11,0	4,5	168	89	165	0,70	165	2,1
C3	6,8	28,8	10,5	5,5	263	88	160	0,72	180	2,2
A	7,0	9,0	10,6	4,0	172	48	166	0,61	128	1,7
B	6,9	17,0	10,1	4,0	169	65	163	0,65	142	1,8
C	6,8	28,0	9,5	5,0	198	87	159	0,68	162	2,1
1	6,9	16,0	7,6	5,0	163	64	154	0,58	123	1,7
2	6,8	19,0	11,7	4,0	167	69	169	0,66	148	1,8
3	6,9	19,0	10,9	4,0	210	67	164	0,69	159	2,0
P-värde F1	.1364	<.0001*	.2465	.0654	.5559	.0174*	.7551	.0089*	.0297*	
P-värde F2	.1891	.2646	.0302*	.3031	.2034	.3400	.0156*	.1596	.0915	
LSD F1		0,3				16		0,019	18	
LSD F2			2,3				6			

Tabell 27. Växtnäringstillstånd i matjorden 2018. Petersborg.

Försöks- led	pH	P-AL	K-AL	Mg-AL	P-HCL	K-HCL	Ca-AL	S	B	Mullhalt
		mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/100g	mg/kg	mg/kg	%
A1	6,8	7,6	5,7	4,7	39	133	158	123	<4,5-5,4	1,5
A2	6,6	9,1	8,1	4,4	43	140	160	153	<4,5-4,9	1,7
A3	6,7	9,9	9,3	4,6	43	143	178	193	<4,5-5,0	1,9
B1	6,7	14,8	5,9	5,6	52	133	170	138	<4,5-5,1	1,5
B2	6,6	17,0	8,4	4,7	58	138	168	178	<4,5-5,1	1,9
B3	6,6	17,3	8,3	5,2	59	135	180	200	<4,5-5,3	2,0
C1	6,6	25,8	5,3	5,5	76	128	168	155	<4,5-4,9	1,9
C2	6,4	27,3	7,9	5,5	80	138	165	198	<4,5-4,8	2,0
C3	6,5	27,5	8,5	6,0	78	135	185	220	<4,5-5,1	2,2
A	6,7	8,9	7,7	4,6	42	138	165	156	<4,5-5,4	1,7
B	6,7	16,3	7,5	5,1	56	135	173	172	<4,5-5,3	1,8
C	6,5	26,8	7,2	5,6	78	133	173	191	<4,5-5,1	2,0
1	6,7	16,0	5,6	5,2	56	131	165	138	<4,5-5,4	1,7
2	6,5	17,8	8,1	4,9	60	138	164	176	<4,5-5,1	1,8
3	6,6	18,2	8,7	5,2	60	138	181	204	<4,5-5,3	2,0
P-värde F1	.0494*	.0048*	.6412	.0284*	.0021*	.8478	.2059	.1439		
P-värde F2	.0002*	.0032*	.0056*	.0361*	.2939	.2065	.0330*	.0267*		
LSD F1	0,1	3,8	-	0,5	5	-	-	-		
LSD F2	0,1	0,4	0,7	0,3	-	-	11	33		

3.4. Slammets effekt på jordens innehåll av tungmetaller

Slammets effekt på markens metallinnehåll redovisas i tabellerna 28-35. Kortfattade kommentarer redovisas i det följande. I de fall kommentarer ges till skillnader mellan behandlingar i försöken är skillnaderna statistiskt säkert ställda.

3.4.1. Tungmetallinnehåll i jorden, Igelösa

Med slamtillförsel ökade halten av koppar i jorden 2017 och 2018. Under samma period sjönk kvicksilverhalten i både slamgödslat och mineralgödslat led. Halterna för zink och bly ökade. Signifikanta skillnader finns för koppar, zink, kvicksilver och tenn för 2017. För samtliga metaller är det högst halter led A2, B2 och C2. För 2018 finns en signifikans för koppar och kvicksilver i de slamgödslade leden medan det finns en signifikans för arsenik i det mineralgödslade ledet. Gällande nickel är värdena lägre vid senaste mätningen än vid försökets start i samtliga led. Se tabell 28-31.

Tabell 28. Metallinnehåll i matjorden 2015, (HNO₃), mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Sn
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	Kungsvatten
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
A1	17	0,30	11	17	12,00	51	0,05	4,4	3,4	230	1,30
A2	17	0,34	11	17	12,00	51	0,05	4,6	3,5	230	1,10
A3	17	0,29	10	16	12,00	49	0,05	4,4	3,5	230	1,20
B1	20	0,42	19	19	13,00	64	0,07	7,6	4,10	460	1,50
B2	19	0,42	18	19	13,00	62	0,08	5,6	3,7	300	1,50
B3	18	0,33	17	17	12,00	58	0,07	4,1	3,4	210	1,50
C1	20	0,36	26	19	13,00	71	0,11	4,6	3,90	260	1,80
C2	20	0,48	26	20	14,00	73	0,12	6,9	4,4	500	2,00
C3	18	0,41	24	18	13,00	67	0,10	4,7	3,8	260	1,80
A	17	0,31	11	17	12,00	50	0,05	4,5	3,47	230	1,20
B	19	0,39	18	18	12,67	61	0,07	5,8	3,73	323	1,50
C	19	0,42	25	19	13,33	70	0,11	5,4	4,03	340	1,87
1	19	0,36	19	18	12,67	62	0,08	5,5	3,8	317	1,53
2	19	0,41	18	19	13,00	62	0,08	5,7	3,87	343	1,53
3	18	0,34	17	17	12,33	58	0,07	4,4	3,57	233	1,50

Tabell 29. Metallinnehåll i matjorden 2016, (HNO₃), mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Ni	Zn	Ag
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	Kungsvatten
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
A1	4,2	19	0,26	5,4	13	23	0,05	220	15	58	<0.25
A2	4,2	18	0,27	5,0	12	24	0,05	250	15	54	<0.25
A3	4,1	19	0,31	8,0	13	25	0,05	360	17	54	<0.25
B1	4,3	20	0,30	5,9	20	24	0,08	230	16	67	<0.25
B2	4,1	21	0,36	5,8	19	24	0,07	280	15	65	<0.25
B3	4,0	20	0,30	5,7	19	24	0,08	240	15	62	<0.25
C1	4,6	21	0,31	6,0	27	26	0,09	270	16	74	<0.25
C2	4,3	20	0,32	4,8	26	23	0,09	180	15	73	<0.25
C3	4,2	20	0,27	5,0	25	25	0,09	200	16	70	<0.25
A	4,2	19	0,3	6,1	13	24	0,05	277	16	55	<0.25
B	4,1	20	0,3	5,8	19	24	0,07	250	15	65	<0.25
C	4,4	20	0,3	5,3	26	25	0,09	217	16	72	<0.25
1	4,4	20	0,3	5,8	20	24	0,07	240	16	66	<0.25
2	4,2	20	0,3	5,2	19	24	0,07	237	15	64	<0.25
3	4,1	20	0,3	6,2	19	25	0,07	267	16	62	<0.25

Tabell 30. Metallinnehåll i matjorden 2017, (HNO₃), mg/kg TS. Igelösa.

Försöksled	Pb	Cd	Cu	Cr	Ni	Zn	Hg	Co	As	Mn	Sn
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	Kungsvatten
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
A1	17	0,25	11	17	11	51	0,051	4,7	4,5	223	1,05
A2	18	0,32	12	19	13	56	0,054	6,3	4,8	345	1,12
A3	18	0,28	12	20	13	56	0,055	5,8	4,8	263	1,15
B1	20	0,33	19	18	13	63	0,082	5,6	4,7	255	1,48
B2	20	0,29	19	19	13	64	0,082	4,9	4,8	200	1,43
B3	19	0,30	18	18	13	61	0,084	4,8	4,7	220	1,43
C1	20	0,32	25	19	13	71	0,109	5,4	4,8	260	1,60
C2	20	0,36	26	19	13	73	0,111	5,8	5,0	310	1,75
C3	19	0,31	24	19	13	70	0,101	5,0	4,9	228	1,73
A	18	0,28	12	18	12	54	0,053	5,6	4,7	277	1,11
B	19	0,31	19	18	13	63	0,083	5,1	4,8	225	1,44
C	19	0,33	25	19	13	71	0,107	5,4	4,9	266	1,69
1	19	0,30	18	18	12	62	0,080	5,2	4,7	246	1,38
2	19	0,32	19	19	13	64	0,082	5,7	4,8	285	1,43
3	19	0,30	18	19	13	62	0,080	5,2	4,8	237	1,43
P-värde F1	.2366	.1025	.0051	.9144	.2870	.0367	.0260	.2550	.5348	.5657	.0375
P-värde F2	.1400	.4002	.2188	.2898	.9918	.4880	.8435	.6928	.5145	.5576	.2809
LSD F1			2,9			10	.027				.33

Tabell 31. Metallinnehåll i matjorden 2018, (HNO₃), mg/kg TS. Igelösa.

Försöks- led	Co	Cu	Hg	Ag	Sn	Cr	Mn	Ni	Zn	As	Cd	Pb
	mg/kg	mg/kg	mg/kg		mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg
A1	5,2	10,9	0,044	<0,45	<0,23	22	255	12,0	52	4,5	<0,20	17,5
A2	4,8	9,5	0,042	<0,45	<0,23	19	203	10,7	48	3,4	<0,20-0,22	14,0
A3	4,7	11,2	0,045	<0,45	<0,23	22	210	12,0	52	4,5	<0,20	16,3
B1	4,5	18,0	0,064	<0,45	0,30	23	210	12,5	61	5,2	<0,20-0,21	19,5
B2	5,1	16,5	0,060	<0,45	0,29	22	223	11,8	60	4,0	<0,20-0,22	16,8
B3	5,2	18,3	0,064	<0,45	0,29	23	230	12,3	62	4,9	<0,20-0,23	19,0
C1	5,3	24,3	0,082	<0,45	0,56	23	290	12,8	67	4,9	<0,20-0,28	19,3
C2	5,4	23,8	0,077	<0,45	0,51	23	240	12,8	66	4,4	<0,20-0,37	19,5
C3	4,8	20,0	0,078	<0,45	0,44	21	223	11,3	59	4,0	<0,20-0,25	15,8
A	4,9	10,5	0,043	<0,45	<0,23	21	223	11,6	50	4,1		15,9
B	4,9	17,6	0,063	<0,45	0,29	23	221	12,2	61	4,7		18,4
C	5,1	22,7	0,079	<0,45	0,50	22	251	12,3	64	4,4		18,2
1	5,0	17,7	0,063	<0,45	0,43	22	252	12,4	60	4,8		18,8
2	5,1	16,6	0,060	<0,45	0,40	21	222	11,7	58	3,9		16,8
3	4,9	16,5	0,062	<0,45	0,37	22	221	11,8	58	4,5		17,0
P-värde F1	.6740	.0226*	.0153*		.0776	.2818	.3709	.4826	.0840	.4495		.1020
P-värde F2	.6518	.5614	.5070		.2359	.2349	.3712	.5064	.6310	.0441*		.3250
LSD F1	-	7,1	0,014		-	-	-	-	-	-		-
LSD F2	-	-	-		-	-	-	-	-	0,6		-

3.4.2. Tungmetallinnehåll i jorden, Petersborg

Genom slamtillförsel kan det ses en ökning av halterna koppar och zink i marken. Gällande kvicksilver och tenn har värdena sjunkit under 2015-2018. Blyvärdena är något lägre än vid försökets start. Skillnaderna mellan slamgödslat och ogödslat ligger på samma nivå de senaste fyra åren. Gällande nickel är värdena lägre vid senaste mätningen än vid försökets start. Gällande koppar (2017), krom (2018) och kvicksilver (både 2017 och 2018) finns signifikanta skillnader mellan mineralgödsel och slamgödslande led. Se tabell 32-35.

Tabell 32. Metallinnehåll i matjorden 2015, (HNO_3), mg/kg TS.). Petersborg. Ej signifikanta skillnader för Sn, Ag, Hg, Ni, Co, Cr och Pb.

Försöks- led	Cu mg/kg	Co mg/kg	Mn mg/kg	Hg mg/kg	Ag mg/kg	Sn mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
A1	9	5,5	580	0,04	<0,25	1,0	11	8,6	45	4,0	0,47	15
A2	9	3,8	300	0,04	<0,25	1,0	11	8,1	42	3,7	0,32	14
A3	10	4,3	310	0,04	<0,25	1,0	12	8,4	41	3,9	0,31	14
B1	13	3,8	280	0,04	<0,25	1,2	11	7,9	41	3,4	0,28	14
B2	14	4,0	290	0,05	<0,25	1,3	11	8,4	44	3,8	0,32	14
B3	13	3,6	370	0,05	<0,25	1,3	11	7,9	40	3,7	0,33	13
C1	20	5,1	390	0,05	<0,25	1,7	11	8,4	49	4,1	0,33	15
C2	19	3,9	310	0,06	<0,25	1,3	12	8,5	47	3,9	0,30	14
C3	21	4,6	340	0,07	<0,25	1,3	12	8,8	50	4,4	0,38	16
A	9	4,5	397	0,04		1,0	11	8,4	43	3,9	0,37	14
B	13	3,8	280	0,05		1,3	11	8,1	42	3,6	0,31	14
C	20	4,5	347	0,06		1,4	12	8,6	49	4,1	0,34	15
1	14	4,8	417	0,04		1,3	11	8,3	45	3,8	0,36	15
2	14	3,9	300	0,05		1,2	11	8,3	44	3,8	0,31	14
3	15	4,2	307	0,05		1,2	12	8,4	44	4,0	0,34	14

Tabell 33. Metallinnehåll i matjorden 2016, (HNO₃), mg/kg TS. Petersborg.

Försöks- led	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Ni	Sn	Zn	Ag
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	Kungsvatten	HNO ₃	
A1	3,4	14	0,25	4,2	10	11	0,040	280	8,2	1,4	41	0,050
A2	3,2	14	0,27	4,7	10	10	0,037	300	7,9	1,2	41	0,047
A3	3,3	14	0,24	3,9	10	11	0,038	270	8,0	1,2	41	0,048
B1	3,9	15	0,28	4,3	15	11	0,044	280	8,4	1,2	45	0,077
B2	3,4	14	0,28	3,9	16	11	0,047	270	8,0	5,0	45	0,068
B3	4,1	15	0,33	4,8	16	12	0,055	360	8,8	2,2	50	0,075
C1	3,5	15	0,30	4,4	19	12	0,051	310	8,3	1,9	48	0,090
C2	3,9	15	0,28	4,3	20	12	0,055	300	8,9	2,3	47	0,090
C3	3,9	15	0,28	4,6	21	12	0,065	310	8,7	1,7	49	0,087
A	3,3	14	0,25	4,3	10	11	0,038	283	8,0	1,3	41	
B	3,8	15	0,30	4,3	16	11	0,049	303	8,4	2,8	47	
C	3,8	15	0,29	4,4	20	12	0,057	307	8,6	2,0	48	
1	3,6	15	0,28	4,3	15	11	0,045	290	8,3	1,5	45	
2	3,5	14	0,28	4,3	15	11	0,046	290	8,3	2,8	44	
3	3,8	15	0,28	4,4	16	12	0,053	313	8,5	1,7	47	

Tabell 34. Metallinnehåll i matjorden 2017, (HNO₃), mg/kg TS. Petersborg.

Försöksled	As	Pb	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Ni	Zn	Ag
	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	HNO ₃	
	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	mg/kg	
A1	4,1	15	0,29	4,9	10	13	0,039	335	9,2	44	<0,25
A2	4,1	15	0,25	4,2	10	12	0,042	268	8,3	45	<0,25
A3	4,2	15	0,26	4,4	10	12	0,040	310	8,6	45	<0,25
B1	4,2	15	0,23	4,2	15	12	0,049	283	8,5	47	<0,25
B2	4,2	15	0,25	4,4	16	12	0,053	275	8,9	48	<0,25
B3	4,3	15	0,25	4,1	15	11	0,055	260	8,2	48	<0,25
C1	4,4	16	0,25	4,4	21	11	0,058	283	8,5	51	<0,25
C2	5,4	27	0,27	4,3	22	12	0,066	283	8,6	52	<0,25
C3	4,7	16	0,26	4,4	22	12	0,065	273	9,0	53	<0,25
A	4,1	15	0,27	4,5	10	12	0,040	304	8,7	45	
B	4,2	15	0,24	4,2	15	12	0,052	273	8,5	48	
C	4,8	19	0,26	4,4	22	12	0,063	279	8,7	52	
1	4,2	15	0,26	4,5	16	12	0,049	300	8,7	48	
2	4,6	19	0,25	4,3	16	12	0,053	275	8,6	48	
3	4,4	15	0,26	4,3	16	12	0,053	281	8,6	48	
P-värde F1	.3238	.4246		.7766	.0013*	.9302	.0332*	.4810	.9789	.1285	
P-värde F2	.5025	.4526		.6986	.8904	.875	.0345*	.1583	.8300	.5625	
LSD F1					1		0,013				
LSD F2							0,003				

Tabell 35. Metallinnehåll i matjorden 2018, (HNO₃), mg/kg TS. Petersborg.

Försöks- led	Cu mg/kg	Co mg/kg	Mn mg/kg	Hg mg/kg	Ag	Sn mg/kg	Cr mg/kg	Ni mg/kg	Zn mg/kg	As mg/kg	Cd mg/kg	Pb mg/kg
A1	9,4	4,4	290	0,036	<0,45	<0,23	13,8	8,6	41	3,8	<0,20- 0,32	14,5
A2	8,9	4,0	253	0,034	<0,45	<0,23- 0,25	12,3	7,6	39	3,3	<0,20- 0,32	12,5
A3	12,6	4,5	283	0,039	<0,45- 1,9	<0,23- 0,40	13,8	8,6	43	4,0	0,21- 0,31	14,5
B1	13,3	4,1	265	0,040	<0,45	<0,23- 0,26	12,5	8,0	42	3,5	<0,20- 0,21	13,3
B2	14,5	4,4	290	0,043	<0,45	0,23- 0,29	13,0	8,2	44	3,8	<0,20- 0,38	14,3
B3	15,0	4,5	283	0,045	<0,45	<0,23- 0,33	13,3	8,5	45	4,0	0,21- 0,30	15,8
C1	19,0	4,0	260	0,056	<0,45- 0,74	0,35- 0,40	12,0	7,7	47	3,5	<0,20- 0,24	13,8
C2	17,8	4,5	270	0,049	<0,45	<0,23- 0,36	12,8	8,2	45	3,7	<0,20- 0,29	14,3
C3	19,3	4,2	275	0,057	<0,45	0,36- 0,41	13,0	8,1	47	4,0	<0,20- 0,23	14,0
A	10,3	4,3	275	0,036	<0,45- 1,9	<0,23- 0,40	13,3	8,3	41	3,7	<0,20- 0,32	13,8
B	14,3	4,3	279	0,043	<0,45	<0,23- 0,33	12,9	8,2	43	3,8	<0,20- 0,38	14,4
C	18,7	4,2	268	0,054	<0,45- 0,74	<0,23- 0,41	12,6	8,0	46	3,8	<0,20- 0,29	14,0
1	13,9	4,1	272	0,044	<0,45- 0,74	<0,23- 0,40	12,8	8,1	43	3,6	<0,20- 0,32	13,8
2	13,7	4,3	271	0,042	<0,45	<0,23- 0,36	12,7	8,0	42	3,6	<0,20- 0,38	13,7
3	15,6	4,4	280	0,047	<0,45- 1,9	<0,23- 0,41	13,3	8,4	45	4,0	<0,20- 0,31	14,8
P-värde F1	<.0001*	.9877	.9567	.0491*			.9172	.9749	.3063	.9876		.9610
P-värde F2	.1849	.1805	.4158	.3909			.0172*	.2672	.2846	.4104		.1250
LSD F1	4,8	-	-	0,012			-	-	-	-		-
LSD F2	-	-	-	-			0,3	-	-	-		-

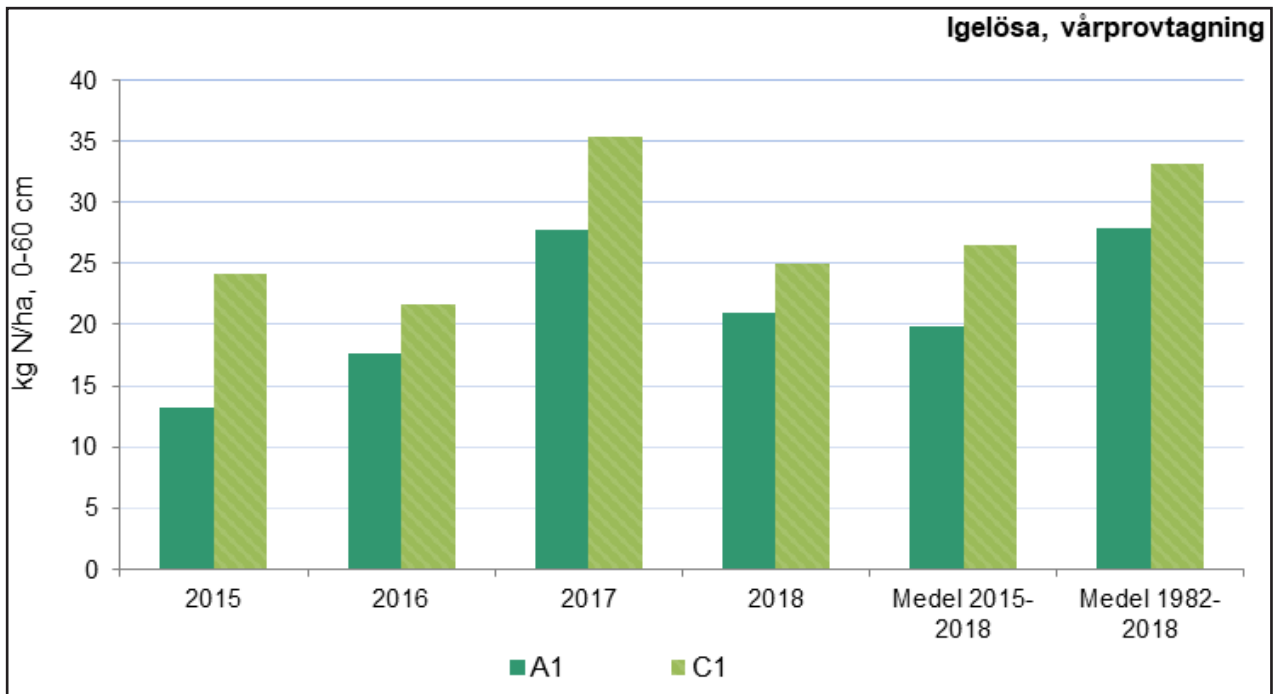
*Fotnot: Silver (kungsvatten)=Ag <0,45 på alla prov, utom 17.C1 (1,0); 25.C1 (0,48); och 36.A3 (1,9). Dessa tre undantag liknar mest kontaminering på lab.

3.5.1 Markens innehåll av kväve

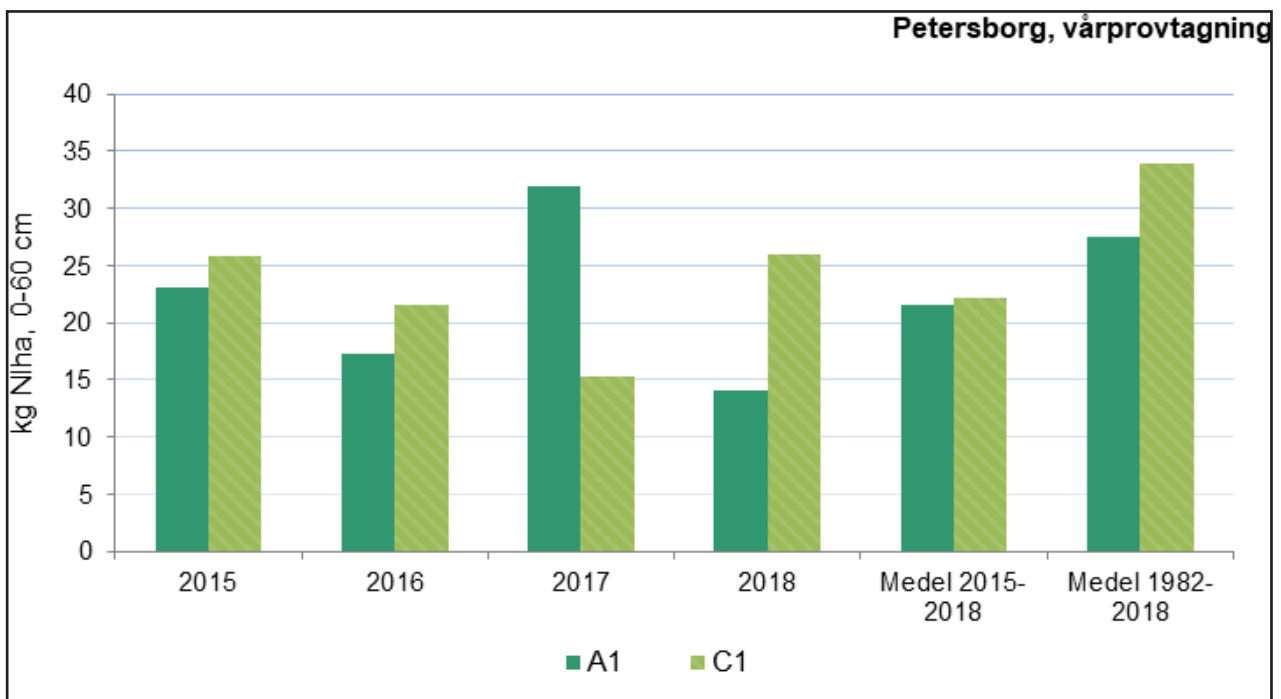
Tidigt på våren har i försöksleden A1 och C1 tagits prov för analys av kväve (ammonium och nitratkväve), ner till ett djup av 60 cm. Detsamma har gjorts sent på hösten före vinterns inträde. Markens kväveprofil redovisas i Figur 2-5.

Vid vårprovtagningen fanns det i genomsnitt för de senaste fyra åren, perioden mellan de två senaste slamspridningstillfällena, cirka 7 respektive 0 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg. Ett undantag var 2017 på Petersborg då det icke slamgödslade ledet lagrat mer restkväve än det slamgödslade ledet. Efter den torra och varma sommaren fanns det en stor mängd restkväve kvar som grödan inte haft möjlighet att ta upp. Vid höstprovtagningen fanns i genomsnitt cirka 16 respektive 10 kg mer kväve i slamgödslat led än i icke slamgödslat vid Igelösa respektive Petersborg.

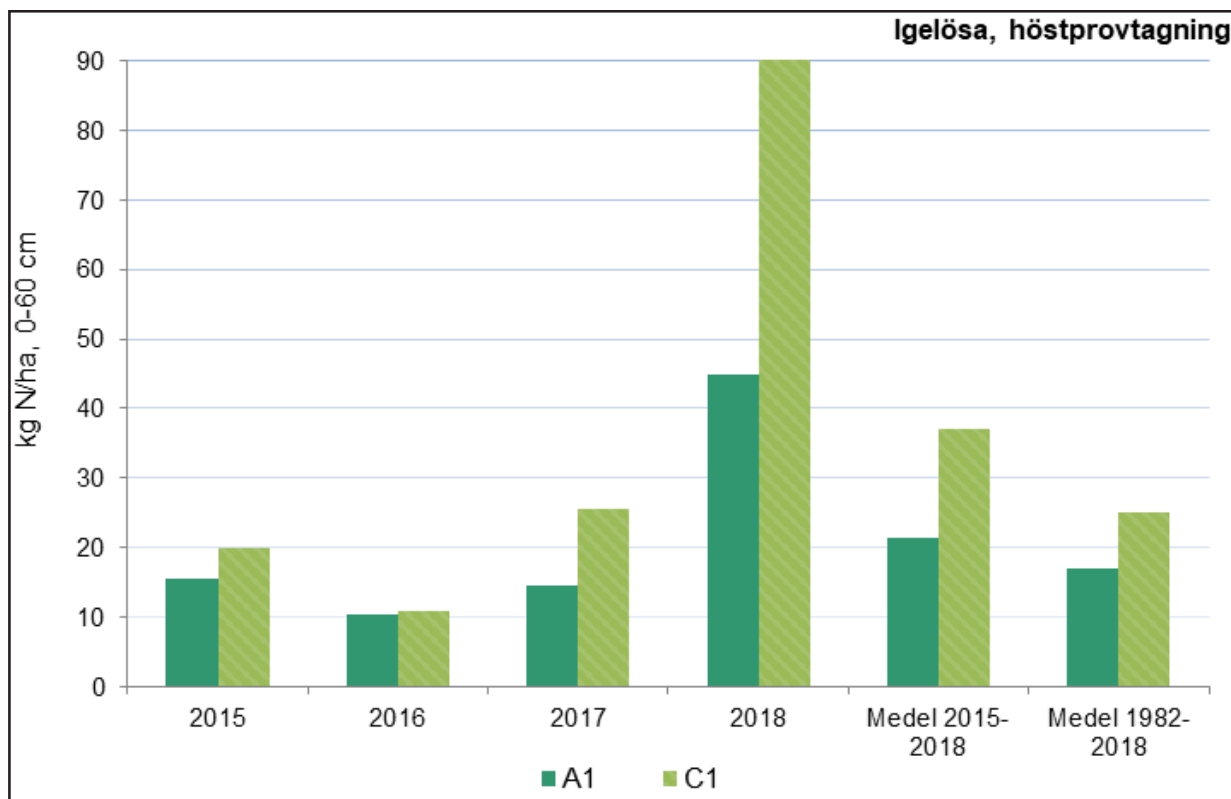
Figur 2. N-profiler Igelösa, vårprovtagning åren 2015–2018 och medeltal för dessa år samt medeltal från 1982-2018.



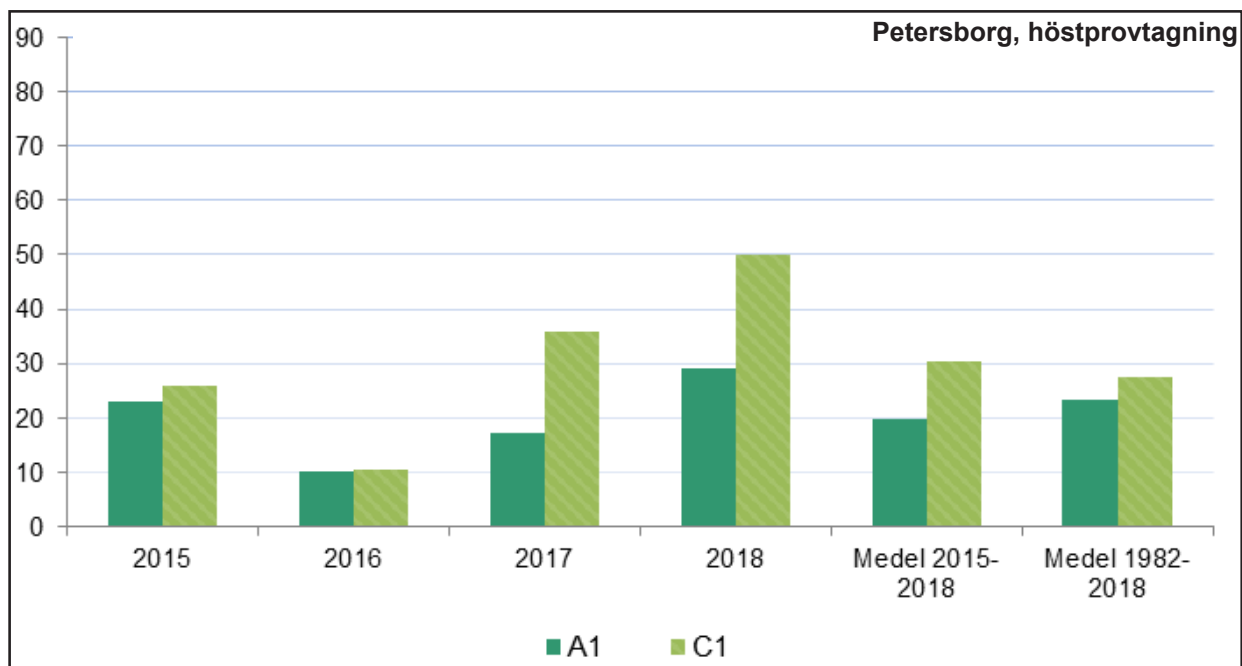
Figur 3. N-profiler Petersborg, vårprovtagning åren 2015–2018 och medeltal för dessa år samt medeltal för år 1982-2018.



Figur 4. N-profiler Igelösa, höstprovtagning åren 2015–2018 och medeltal för dessa år samt medeltal för år 1982–2018.



Figur 5. N-profiler Petersborg, höstprovtagning åren 2015–2018 och medeltal för dessa år samt medeltal för år 1982–2018.



Sammanfattningsvis kan konstateras att kvävemängden ökar i slambehandlade led. I genomsnitt för de senaste fyra åren har vid vårprovtagningen funnits mer kväve än vid höstprovtagning i det ogödslade ledet. Dessa skillnader tyder på att mineraliseringen under vintern varit större än summan av upptaget i grödan och eventuellt läckage. Se tabell 36.

Tabell 36. Markens innehåll av totalkväve i skiktet 0–60 cm.

	Vårprov				Höstprov			
	Igelösa		Petersborg		Igelösa		Petersborg	
	A1	C1	A1	C1	A1	C1	A1	C1
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
2015	13	24	23	26	16	20	23	26
2016	18	22	17	22	11	11	10	10
2017	28	35	32	15	15	26	17	36
2018	21	25	14	26	45	92	29	50
Medel 2015–2018	20	27	22	22	21	37	20	30
Medel 1982-2018	28	33	27	34	17	25	23	28

4. Sammanfattning av resultat 1981–2018

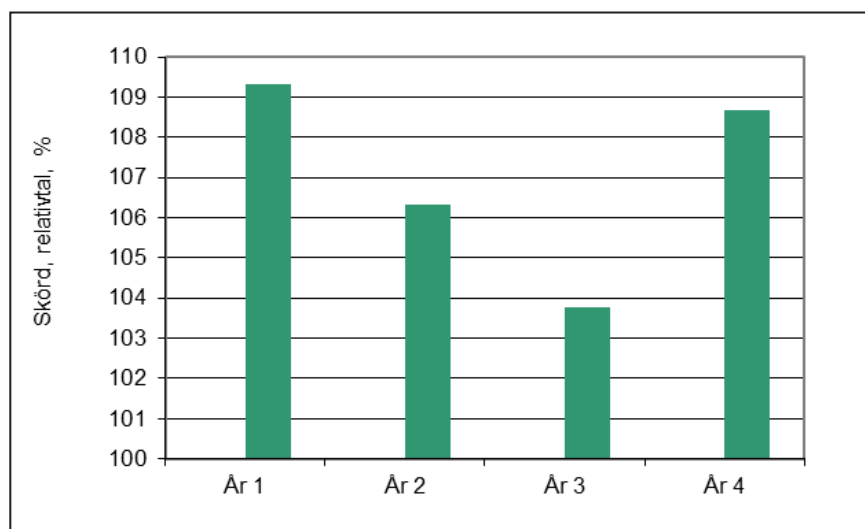
4.1. Slammets effekt på skörden

För att kunna bestämma medelvärde för skördarna av olika grödor har medelvärdesberäkningarna grundats på skördarnas relativa tal, där led A3 (inget slam och full NPK-giva) utgör referens med värdet 100. Inom varje grupp av grödor har skördarnas relativvärden använts.

4.1.1. Skördeeffekt olika år efter slamtillförel

Det har funnits en hypotes att slammets effekt på skördens storlek skulle var störst andra året efter slamspridning. Data från fältförsöken har bearbetats för att utvärdera detta. Årsmedelvärden för samtliga fyraårsperioder för samtliga grödor som odlats det aktuella året i de båda fältförsöken redovisas i Figur 6. Av resultatet framgår att man inte kan se någon sådan tendens, utan att det är år 1 och 4 som skördeökningarna är störst, medan de är minst år 3. Framförallt skillnaden mellan år 3 och 4 är anmärkningsvärd. En möjlig förklaring kan vara att det inte finns någon jämn fördelning av vad som odlats de olika åren.

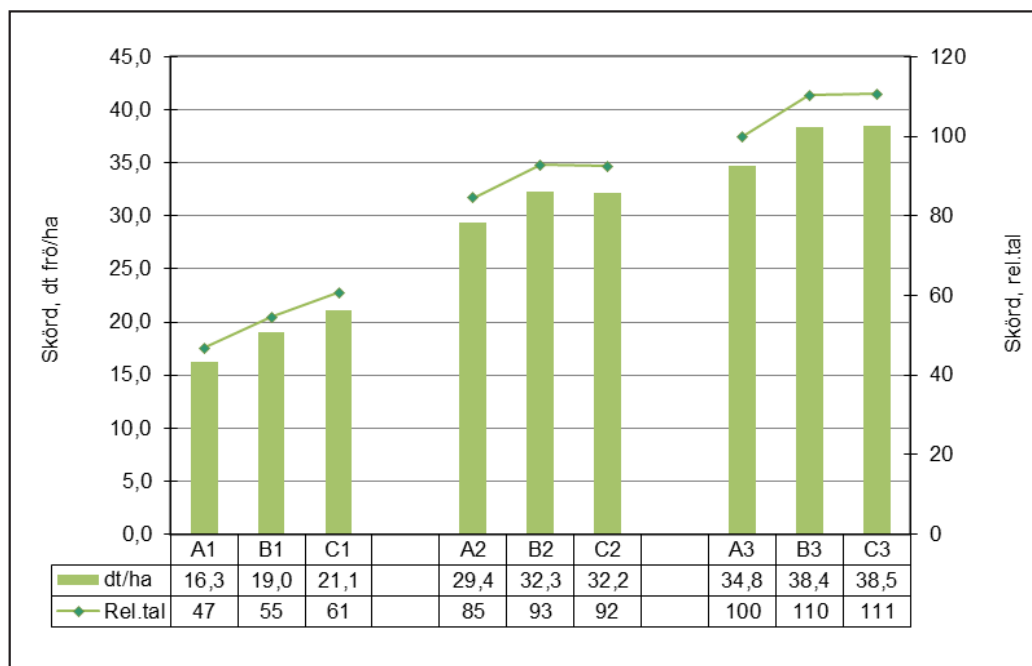
Figur 6. Skördeökning för 1 ton slam-TS led B i jämförelse med ingen slamtillförel led A. Relativa skörderesultat 1:a, 2:a, 3:e respektive 4:e året efter slamspridning.



I de följande avsnitten redovisas slammets effekt på skörden av olika grödor.

4.1.2. Skördeeffekt på höstraps

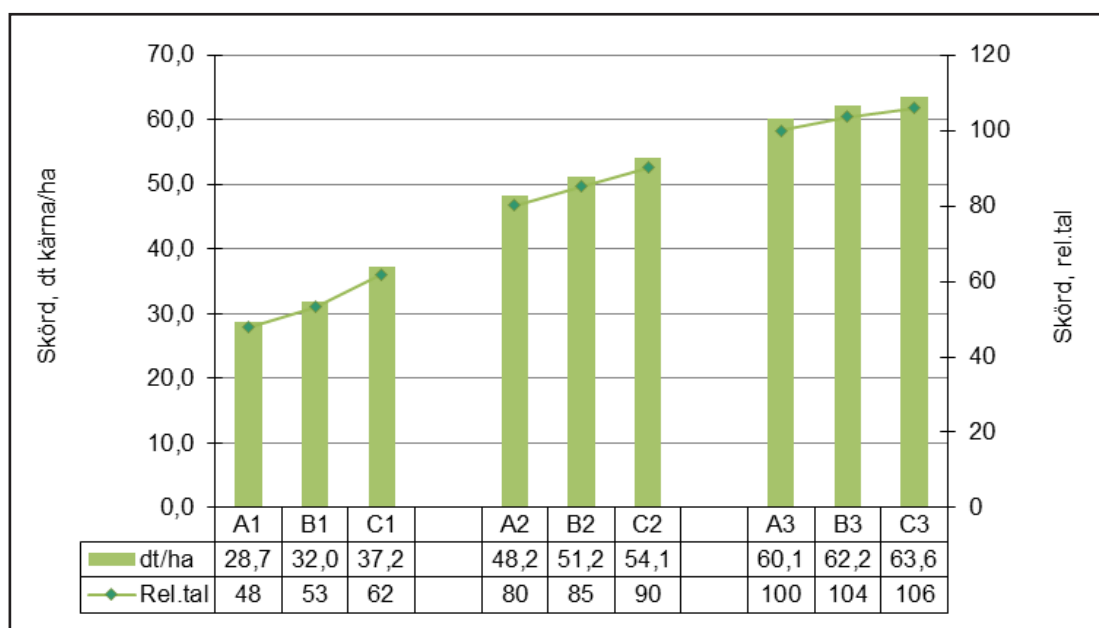
Figur 7. Skördeeffekt på höstraps (12 skördar).



Slamtillförsel ökar skördarna av höstraps oavsett om det sker i kombination med mineralgödsel eller ej (figur 7). Dock har den högre slamgivan, jämfört med den lägre, ingen skördehöjande effekt när mineralgödsel tillförs (C2 och C3 jämförda med B2 respektive C2). Försöksleden med full kvävegiva (A3, B3 och C3) ger ungefär en fördubbling av skörden jämfört med leden som inte får mineralgödsel (A1, B1 och C1).

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

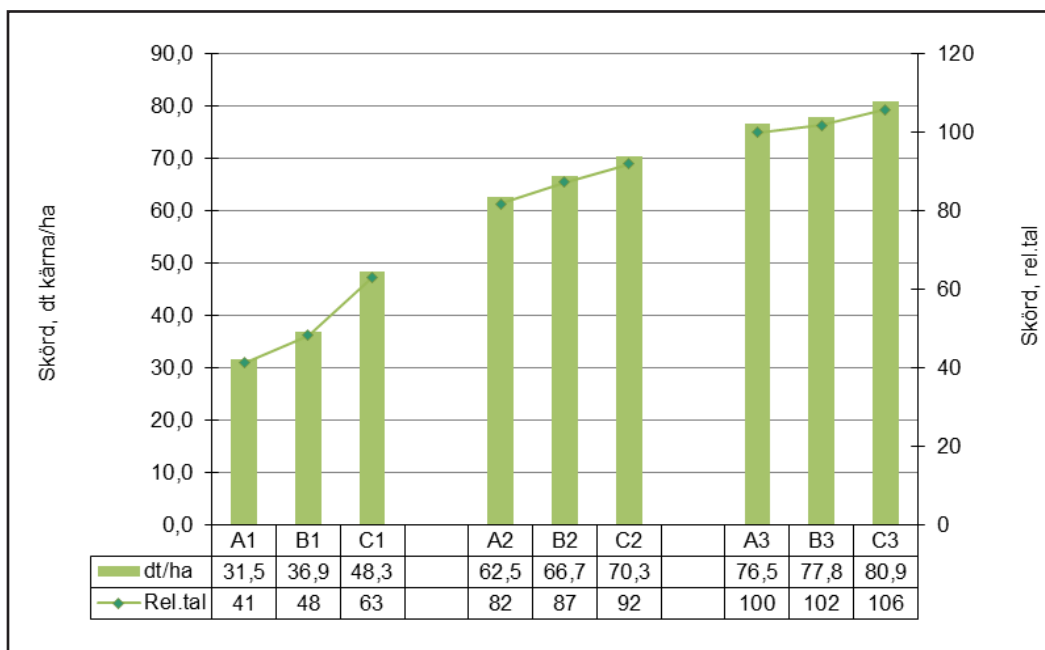
Figur 8 Skördeeffekt på vårsäd (19 skördar), varav vårkorn (14 skördar), vårvete (4 skördar) och havre (1 skörd).



I likhet med höstraps så ger tillförsel av slam till vårsäd en positiv effekt (figur 8). Till skillnad från höstraps så finns även en tendens till skördeökning med den högre slamgivan jämfört med den lägre vid tillförsel av mineralgödsel. Liksom för höstraps ger försöksleden med full kvävegiva ungefärligen en fördubbling av skörden av vårsäd jämfört med leden som inte får mineralgödsel.

4.1.4. Skördeeffekt på höstvetete

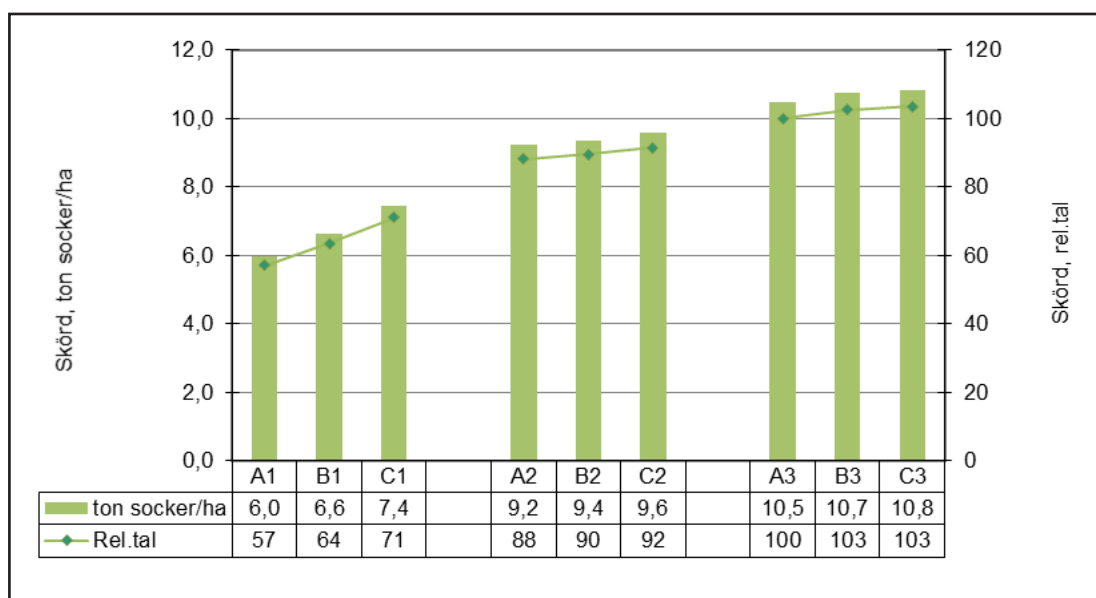
Figur 9. Skördeeffekt på höstvetete (20 skördar).



Resultaten för höstvetes skördar (figur 9) är liknande för vårsäd (figur 8).

4.1.5. Skördeeffekt på sockerbetor

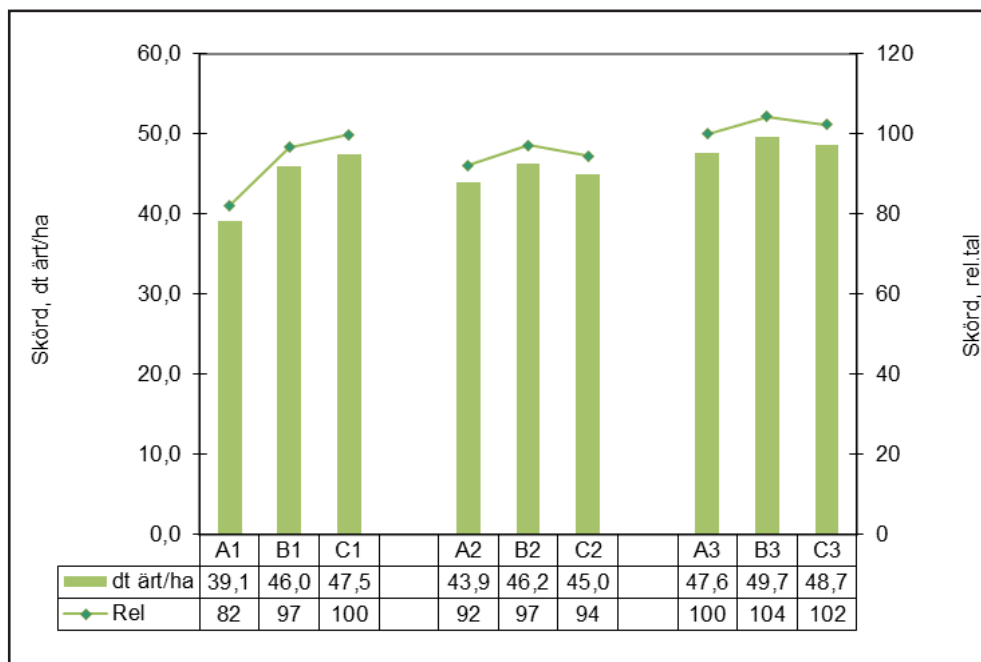
Figur 10. Skördeeffekt på sockerbetor (16 skördar).



Såväl tillförsel av slam som mineralgödsel har en skördeökande effekt på sockerbetor (figur 10), men effekterna av slamgödsling är något mindre än för hösträps (figur 7), vårsäd (figur 8) och höstvetete (figur 9).

4.1.6. Skördeeffekt på konservärt

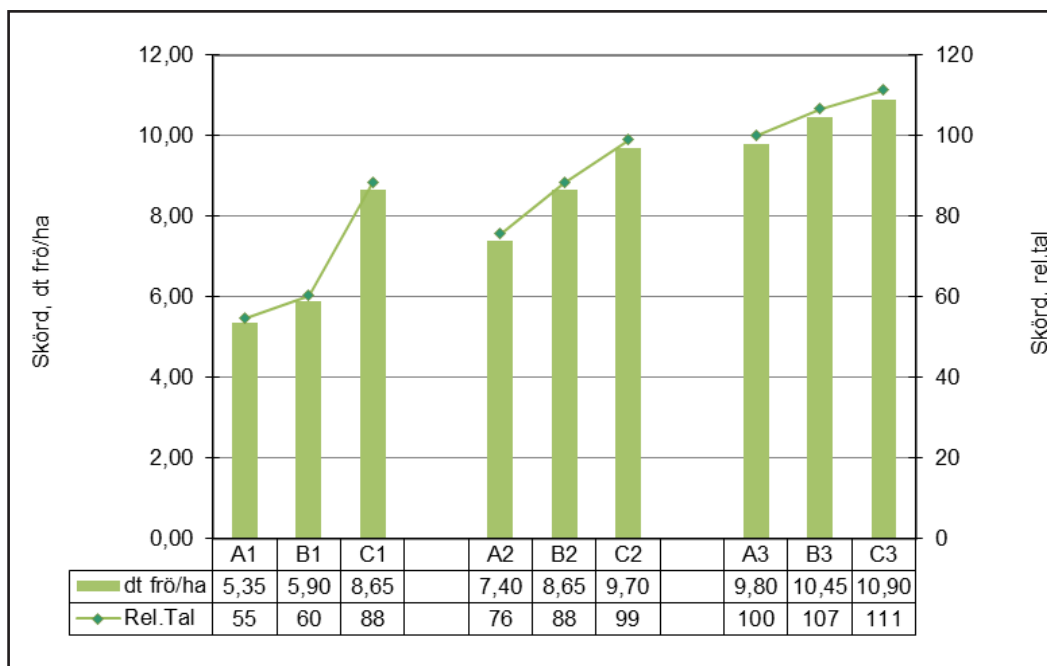
Figur 11. Skördeeffekt på konservärt (2 skördar).



Datamaterialet för konservärter är mycket begränsat eftersom grödan endast förekommit vid två tillfällen. Resultaten indikerar att i denna gröda erhålls betydligt lägre skördeökningar, både för slam och mineralgödsel, än för övriga grödor (figur 11). En del av förklaringen ligger säkert i att detta är en gröda som försörjer sig själv med kväve genom fixering av kväve från luften, så kvävet i slam och mineralgödsel har ingen skördehöjande effekt.

4.1.7. Skördeeffekt på rödsvingelfrö

Figur 12. Skördeeffekt på rödsvingel (2 skördar).



Liksom för konservärt är datamaterial begränsat för rödsvingel, men resultaten visar samma tendens till att såväl slam som mineralgödsel ger skördeökningar (figur 12), i likhet med övriga grödor som odlats i fältförsöken.

4.1.8. Skördar och ekonomiskt utfall

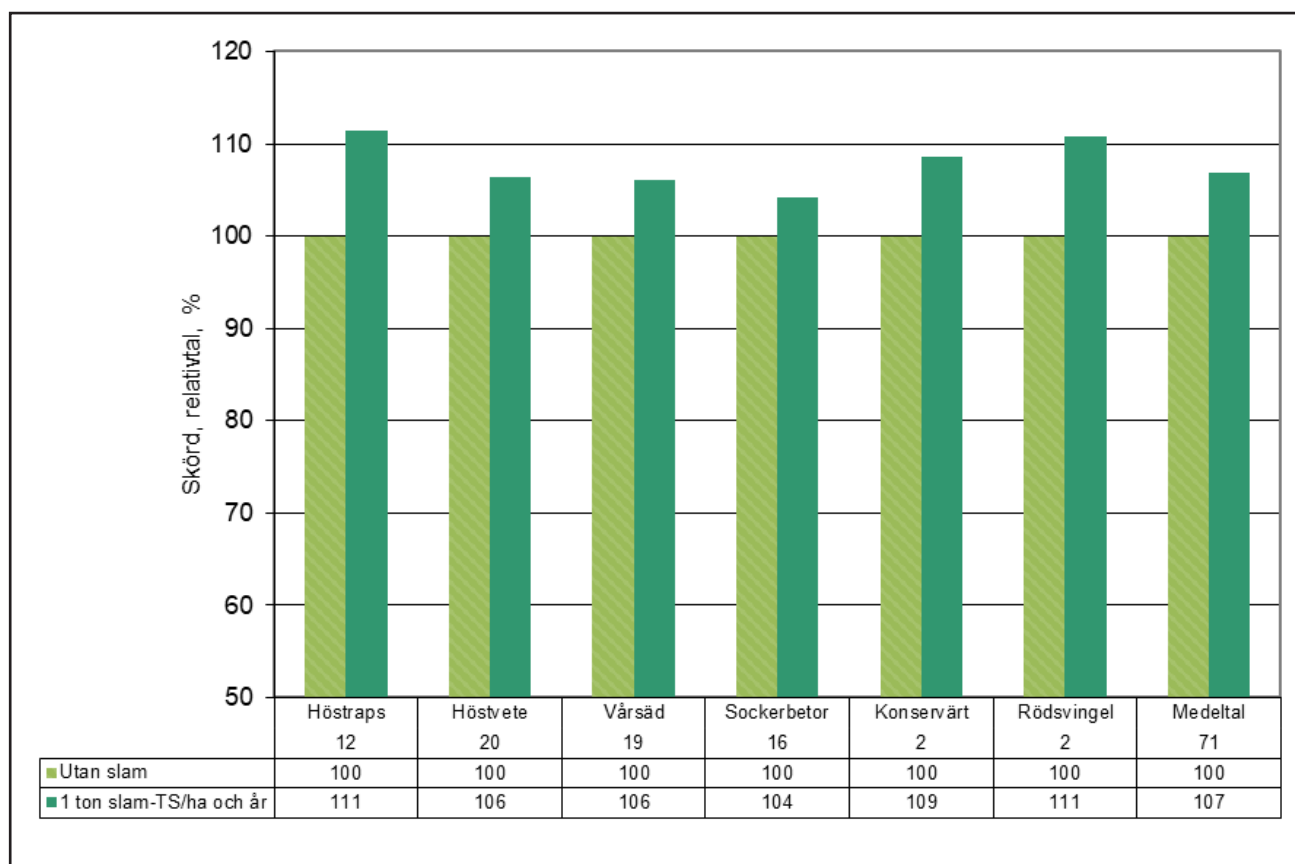
Alla grödor uppvisar en skördeökning med slamtillförsel (Figur 7-12). Detta framgår även av Tabell 37, där skördarnas storlek uttrycks som relativtal för samtliga försöksled. Skörden utgår från led A3 som har relativtalet 100.

Tabell 37 Skördar uttryckta i relativtal för samtliga försöksled och grödor.

Antal försöks-skördar	12	20	19	16	2	2	Vägt medeltal
Gröda	Höstraps	Höstvete	Vårsäd	Sockerbetor	Konservärt	Rödsvingel	Alla
A1	47	41	48	57	82	55	49
B1	55	48	53	64	97	60	56
C1	61	63	62	71	100	88	66
A2	85	82	80	88	92	76	83
B2	93	87	85	90	97	88	88
C2	92	92	90	92	94	99	92
A3	100	100	100	100	100	100	100
B3	110	102	104	103	104	107	104
C3	111	106	106	103	102	111	106

En jämförelse av medelvärden mellan samtliga försöksled med den lägre ”normala” slamtillförseln (B1-B3; 1 ton TS per hektar och år) och försöksled utan tillförsel av slam (A1-A3) har gjorts i figur 13.

Figur 13. Skördeeffekt på olika grödor 1981–2018. Utan slam = medelvärde av de försöksled som inte tillförts slam, d.v.s. A1, A2 och A3. 1 ton slam-TS/ha och år = medeltal av försöksleden B1, B2 och B3.



För att kunna göra en ekonomisk värdering av slammets värde, sett ur lantbrukarens synvinkel, har slammets skördehöjande effekt uttryckt i kronor per hektar beräknats. För denna jämförelse har lantmännens poolpriser för september 2018 använts (Tabell 38), samtidigt som det ska noteras att priserna varierar kraftigt såväl inom gröda som mellan år.

Tabell 38. Priser för olika grödor. 2018 års prisnivå.

Gröda	Pris (kr/kg) utan kvalitetsreglering
Höstvete, kvarn (Julius)	2,15
Höstvete, foder	2,06
Grynhavre	2,30
Foderkorn	1,97
Malkorn (Planet)	2,12
Vårvete (Diskett)	2,17
Höstraps	3,62
Konservärt	8 700 kg/ha pris inför säsong 2018*
Rödsvingel, frö	9,00
Sockerbetor, socker	1,65

*Prisuppgift saknas detta på år grund av den nästintill uteblivna skörden under 2018.

Tabell 39. Skördeökningens värde till följd av slamtillförsel för de olika grödorna vid jämförelse av olika försöksled. 2018 års prisnivå.

	Antal försöksskördar	Jämförda försöksled		
		Skördedifferens, kr/ha		
		B1-A1	B3-A3	Medeltal led B-A
Höstraps	12	980	1308	1110
Höstvete	20	1161	283	784
Vårsäd	19	684	458	590
Sockerbetor	16	1114	443	599
Konservärt	2	1242	369	678
Rödsvingelfrö	2	495	585	735
Vägt medeltal	71	976	550	741

Slammets effekt på skördeökningens värde är minst vid full tillförsel av mineralgödsel (B3-A3 i Tabell 39). Detta är förväntat, eftersom kvävetillförseln är mest avgörande för skördens storlek och slammets innehåller relativt lite kväve.

Baserat på resultaten från fältförsöken kan värdet för lantbrukaren av slamtillförsel sättas till, som medelvärde, 500-600 kr per ha och år, men med variation uppåt och nedåt beroende på vilken gröda som odlas.

4.2. Skördeprodukternas innehåll av metaller

I det följande redovisas en sammanställning av metallupptag i grödorna 1981–2018 från Igelösa och Petersborg.

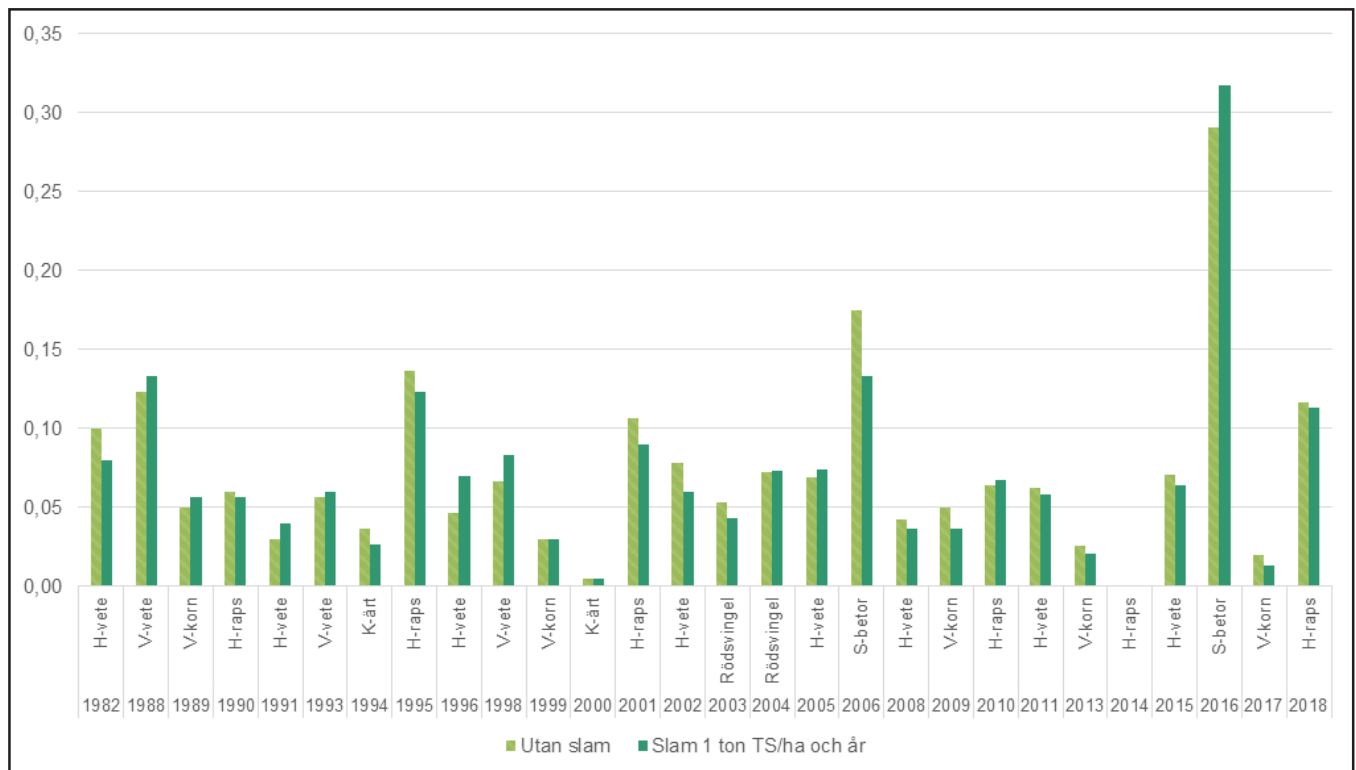
Från år 1993 och framåt har samtliga försöksled analyserats på innehåll av metaller i grödorna de flesta åren. Dessförinnan analyserades grödorna inte lika frekvent. Av alla analyserade metaller har här valts ut två, kadmium och koppar, för att studera de långsiktiga effekterna av slam och mineralgödsel. Vid enstaka tillfällen saknas analysresultat. Resultatet anses ändå säkert eftersom undersökningar har pågått under en så lång tid. Flera andra metaller har analyserats, men de uppvisar oftast halter under detektionsgränsen. 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 A1 A2 och A3**
1 ton slam-TS/ha och år **Medeltal av försöksleden B1, B2 och B3**

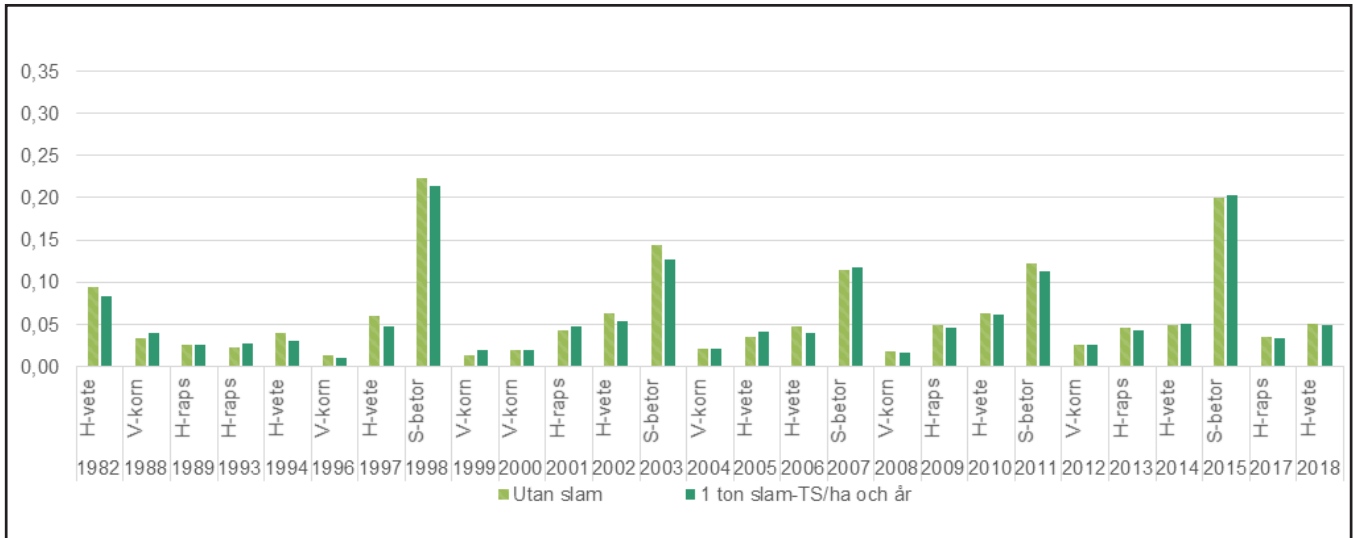
I figur 14 redovisas skördeprodukternas innehåll av kadmium på Igelösa. Det finns inga signifikanta skillnader mellan leden för upptag av kadmium förutom 2017 då enstjärnig signifikans (p -värde $< 0,05$) påvisades, det vill säga låg grad av skillnad. Skillnaderna mellan grödor kan dock vara stora och generellt är upptaget störst i sockerbetor, som i genomsnitt har dubbelt så högt upptag som stråsåd. Resultat saknas från 2014, eftersom ingen gröda skördades detta år.

Figur 14. Skördeprodukternas innehåll av kadmium, Igelösa (mg/kg TS).



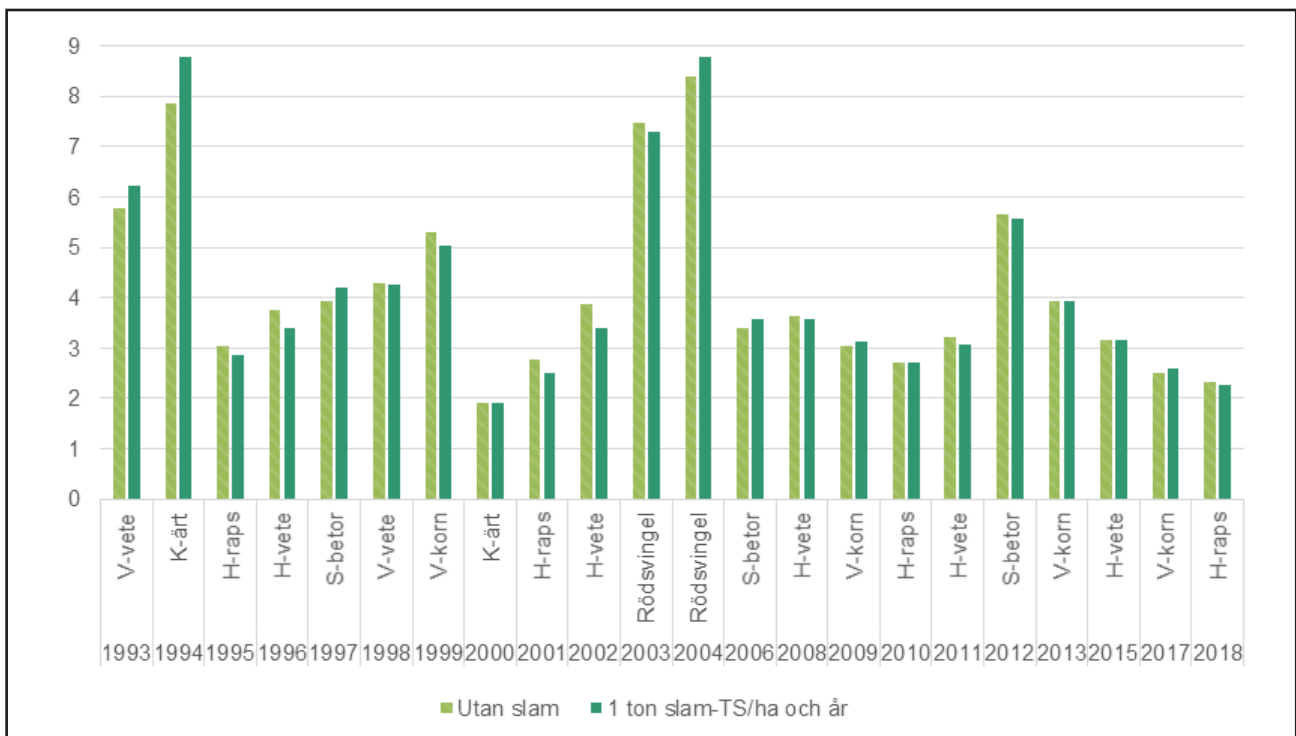
Samma iakttagelser kan ses i figur 15 där mönstret från Igelösa går igen på Petersborg, vilket framgår av Figur 15.

Figur 15. Skördeprodukternas innehåll av kadmium, Petersborg (mg/kg TS).

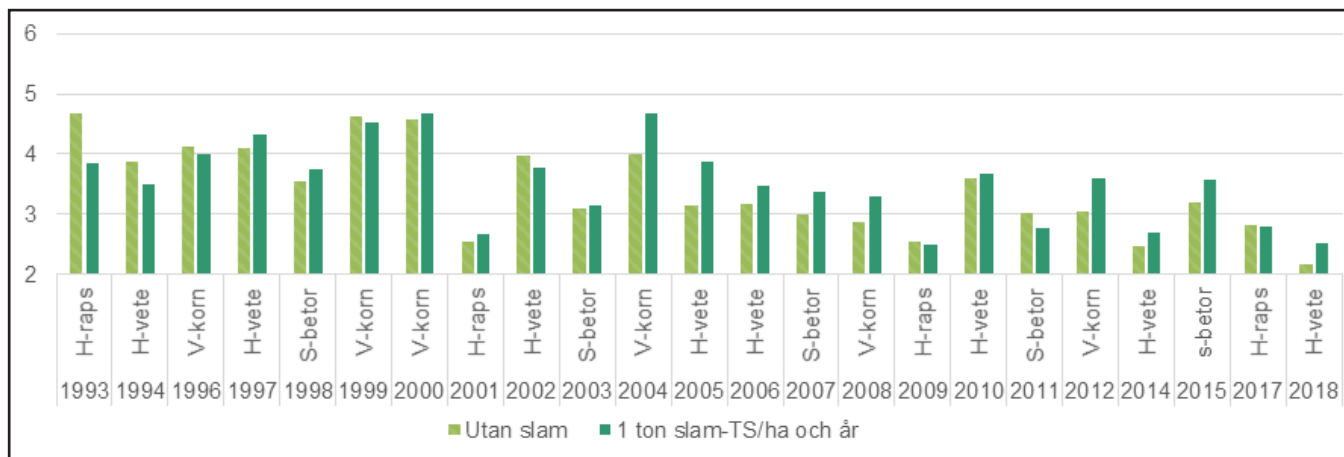


I figur 16 redovisas skördeprodukternas innehåll av koppar på Igelösa. Det finns inga signifikanta skillnader i upp- tag av koppar mellan slam- och icke slamtillförsel, förutom för vårkorn 2017 (då med en enstjärnig signifikans).

Figur 16. Skördeprodukternas innehåll av koppar, Igelösa (mg/kg TS).



Figur 17. Skördeprodukternas innehåll av koppar, Petersborg (mg/kg TS).



Ingen signifikant skillnad finns för koppar på Petersborg. Bortsett från 2018 då en enstjärnig signifikant skillnad fanns för högre upptag i höstvetete. Som tidigare nämnts var 2018 exceptionellt torrt, varför det är svårt att dra några slutsatser från denna enda avvikelse från den generella bilden att metallupptaget inte påverkas av slamtillförsel med 1 ton slam TS per ha och år. Inga resultat visas för vårkorn 2016 på Petersborg, eftersom försöket inte skördades försöksmässigt.

4.3. Slammets effekt på markens växtnärringsinnehåll

Provtagning har skett av jorden (matjordsskiktet, 0-25 cm) för att studera P-AL samt utveckling av markens mullhalt. Provtagning sker även för att studera restkväve då tas jordprov på två provtagningsdjup 0-30 samt 30-60 cm som sedan analyseras.

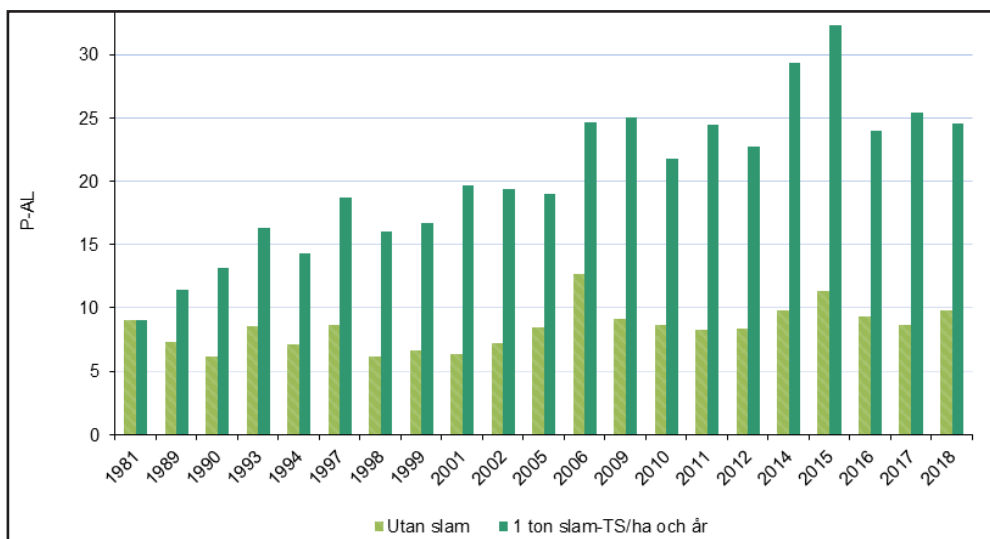
Här redovisas följande försöksled:

- Utan slam Medeltal av försöksleden A1, A2 och A3
- 1 ton slam-TS/ha och år Medeltal av försöksleden B1, B2 och B3

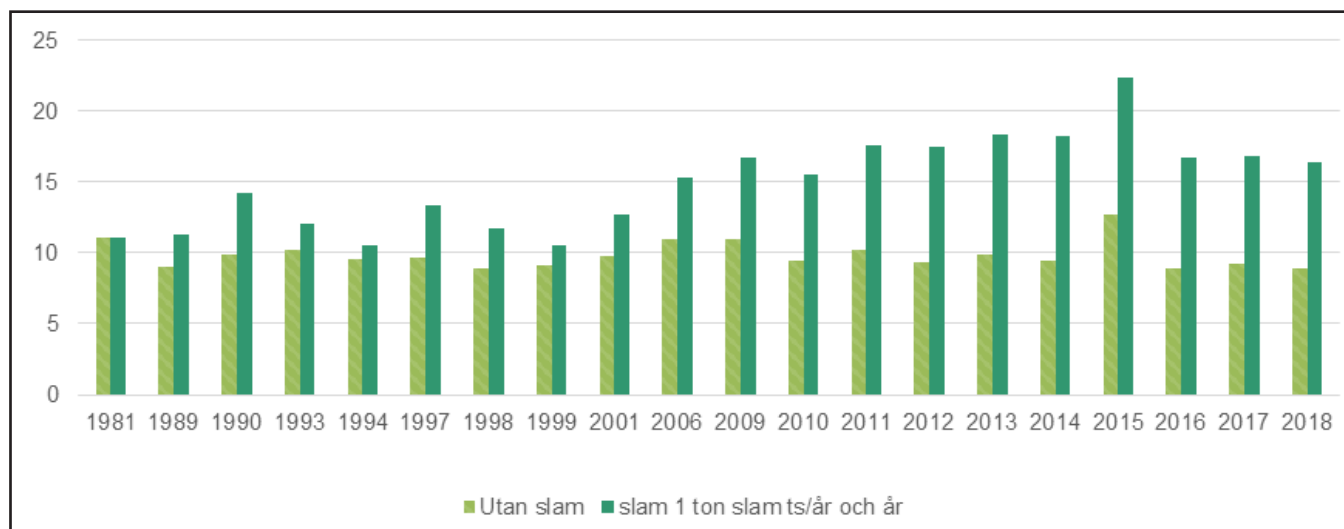
4.3.1. Markens innehåll av lättlöslig fosfor

På både Igelösa och Petersborg är det tydligt att slamtillförsel har ökat halten av P-AL i jorden (Figur18 och 19). Inledningsvis ökade skillnaden mellan försöksleden, men under de dryga 10 senaste åren är skillnaden relativt stabil, med enstaka undantag som 2014 och 2015 på Igelösa och 2015 på Petersborg.

Figur18. Utveckling av fosfortalen (mg P-AL/100 g jord), Igelösa.



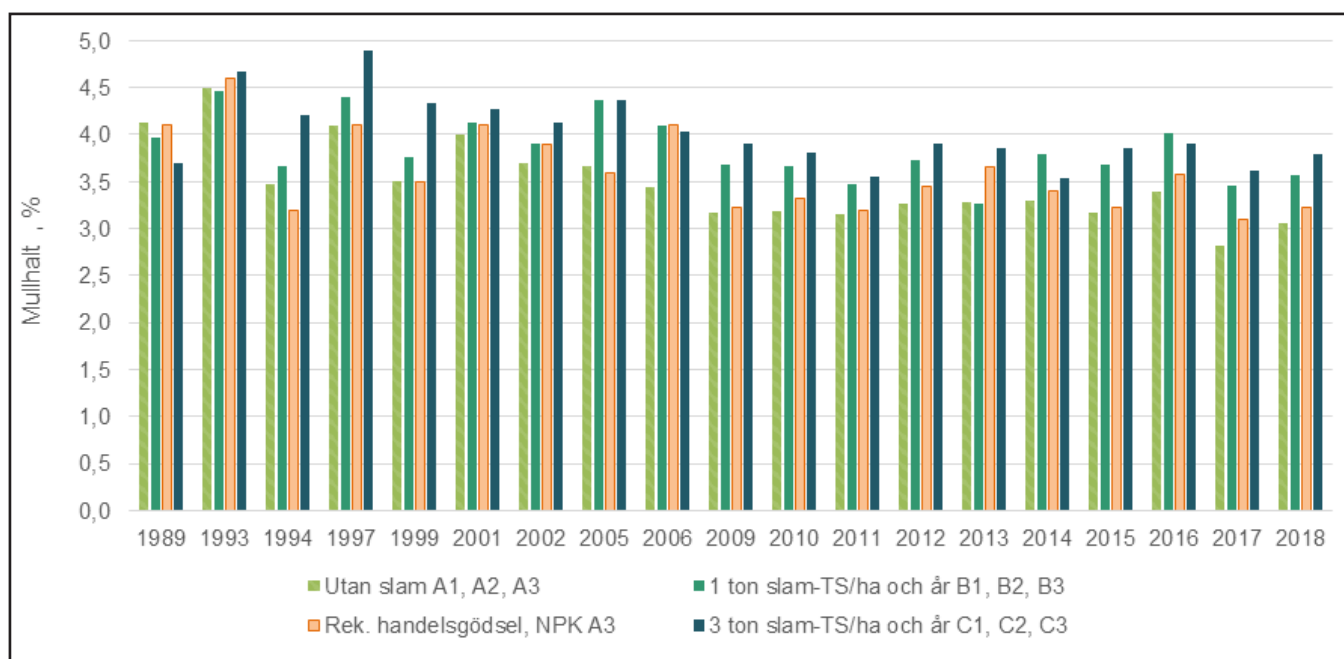
Figur 19. Utveckling av fosfortalen (mg P-AL/100 g jord), Petersborg.



4.3.2. Markens mullhalt

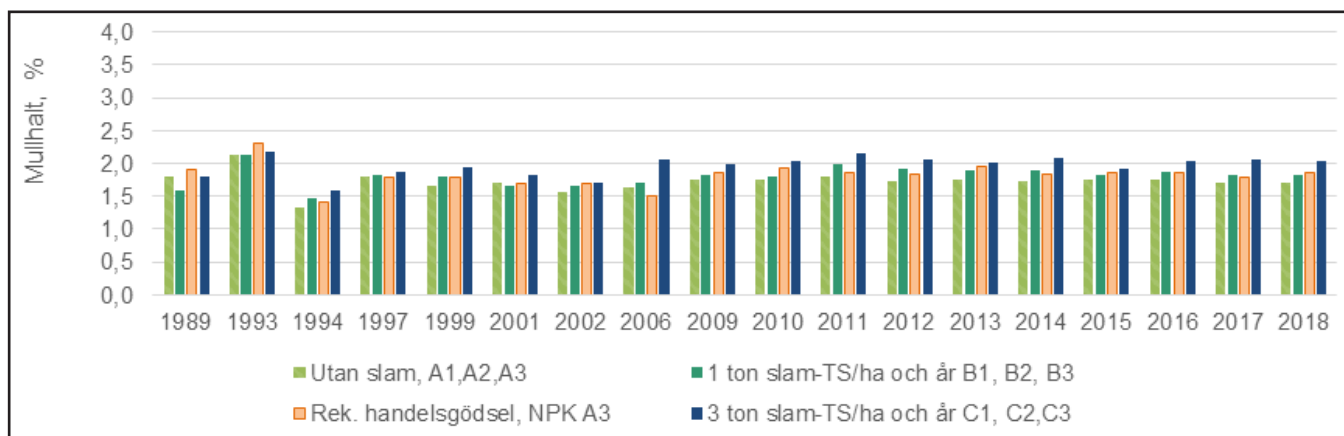
På försöksplatsen Igelösa har mullhalten, som vid starten var relativt hög, generellt sett sjunkit (Figur20). Detta trots slamtillförsel eller gödning med mineralgödsel. Mullhalten är dock högre i ledet som gödslats med 1 ton slam-TS/(ha* och år) än i ledet utan slam och i ledet som endast gödslats med rekommenderad mineralgödselgiva. Skillnaden ligger mellan 0,3 och 0,5 procentenheter, detta baseras på värden från 2009 till 2018. De led som jämförs är utan slam A1-A3 samt led med 1 ton slam TS/ha och år B1-B3.

Figur20. Mullhalts utveckling, Igelösa.



På försöksplatsen Petersborg har mullhalten i försöksleden varit relativt stabil under de senaste 20 åren (figur 21), men med något högre värden för leden med hög slamgiva 3 ton slam TS/ha och år. I leden med mineralgödsel (grön stapel, led A3) och i de båda leden med slamtillförsel (röd och lila stapel) stiger den något. Eftersom mullhalten i utgångsläget var låg har progressionen varit högre här genom försöksåren.

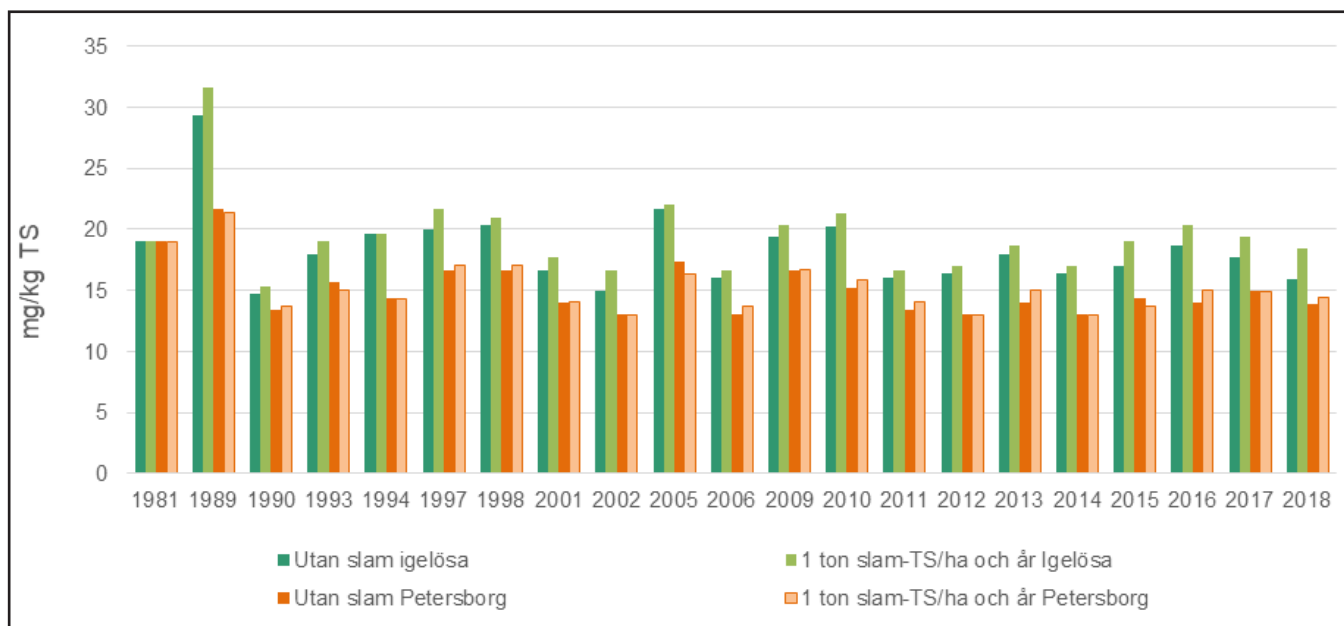
Figur 21. Mullhalts utveckling, Petersborg.



4.4. Slammets effekt på jordens metallinnehåll

En jämförelse av jordens (matjordsskiktet, 0-25 cm) metallinnehåll i olika försöksled har gjorts (figur 22-28) mellan medelvärden för de led som inte fått något slam (A1, A2 och A3) och de försöksled som fått i genomsnitt 1 ton slam-TS/ha och år (B1, B2 och B3). Kommentarererna under respektive figur avser slamtillförselns påverkan på metallhalterna. När det nämns statistiskt säkra skillnader så avses analys vid senaste analystillfället 2018, om inget annat anges.

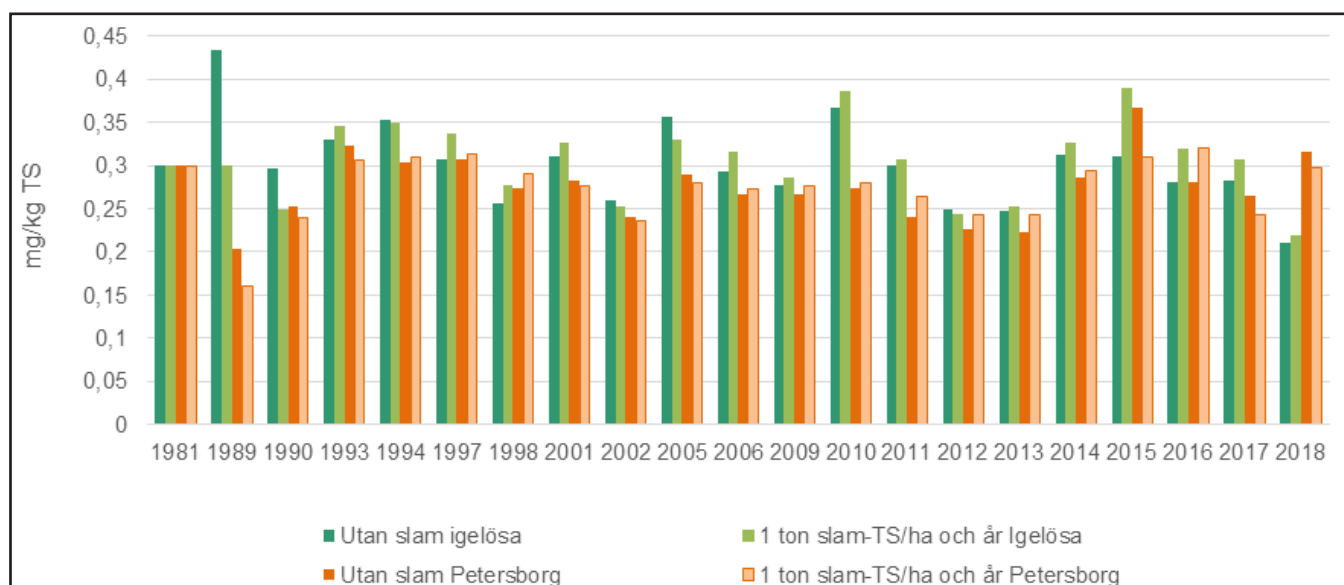
Figur 22. Jordens (0-25 cm) innehåll av bly.



Varken på Igelösa eller Petersborg uppvisar halterna av bly någon trend, utan de har varit relativt konstanta sedan 1990 (figur 22). Dock är halterna ca 4 mg/kg TS högre på Igelösa än på Petersborg.

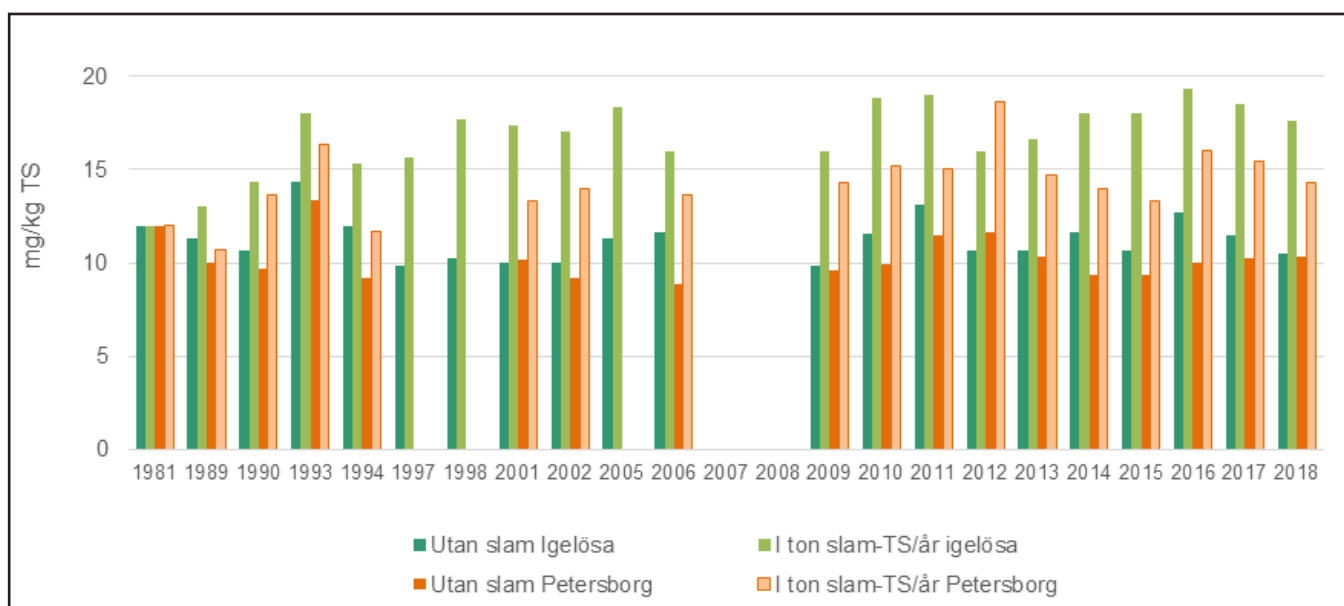
Det föreligger inga statistiskt signifikanta skillnader mellan slamgödslade och icke slamgödslade led, med undantag för 2014 på Igelösa och 2013 på Petersborg, då värdena var något högre i slamgödslade led.

Figur 23. Jordens (0-25 cm) innehåll av kadmium.



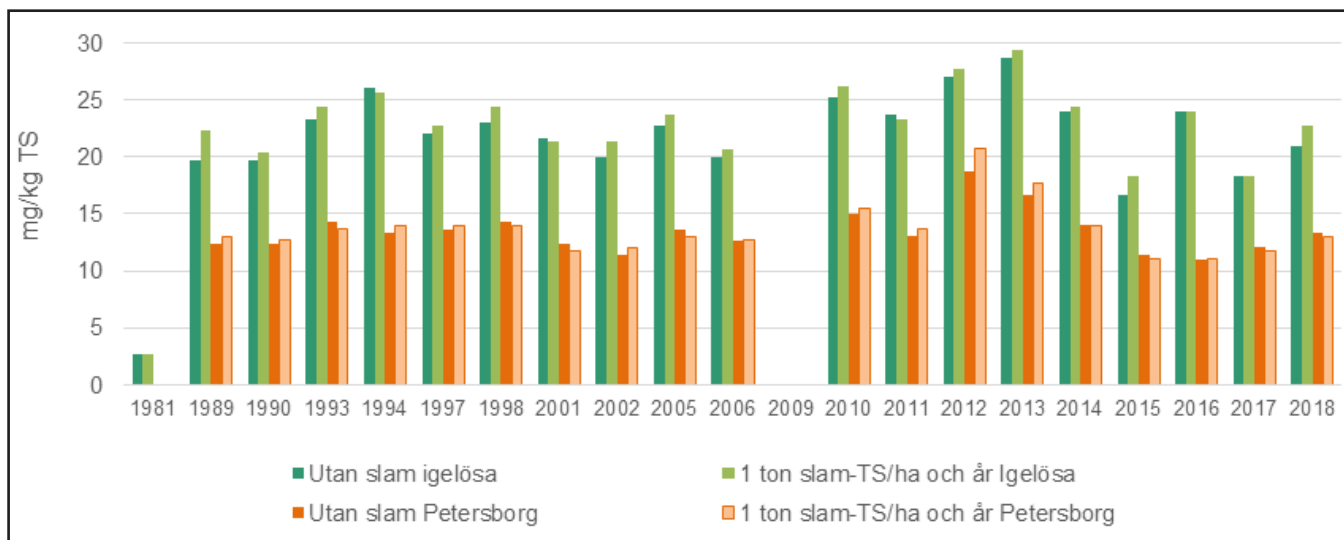
Inte heller kadmiumhalterna uppvisar någon trend på någon av försöksplatserna (figur 23). På Igelösa finns ingen signifikant skillnad mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled. På Petersborg var halterna signifikant högre i slamgödslade led 2012 och 2013, men som framgår var skillnaderna små.

Figur 24. Jordens (0-25 cm) innehåll av koppar. På grund av analysfel saknas värden på Petersborg för åren 1997, 1998 och 2005, 2007 och 2008.



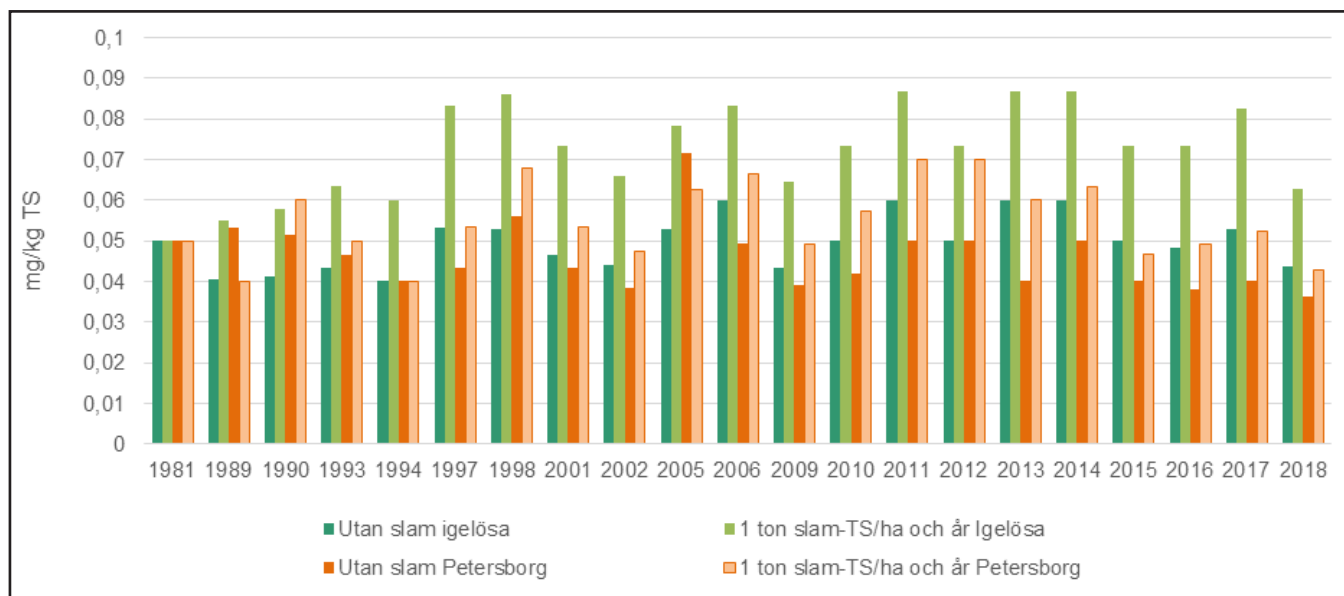
Slamgödslade led har tydligt, och signifikant, högre halter av koppar i jorden på både Igelösa och Petersborg (figur 24). Det finns emellertid inget som tyder på fortskridande anrikning av koppar, vilket sannolikt förklaras av att kopparhaltererna i slammet sjunkit väsentligt sedan sekelskiftet (tabell 4a och 4b).

Figur 25. Jordens (0-25 cm) innehåll av krom. Analysvärden saknas för startåret 1981 på Petersborg.



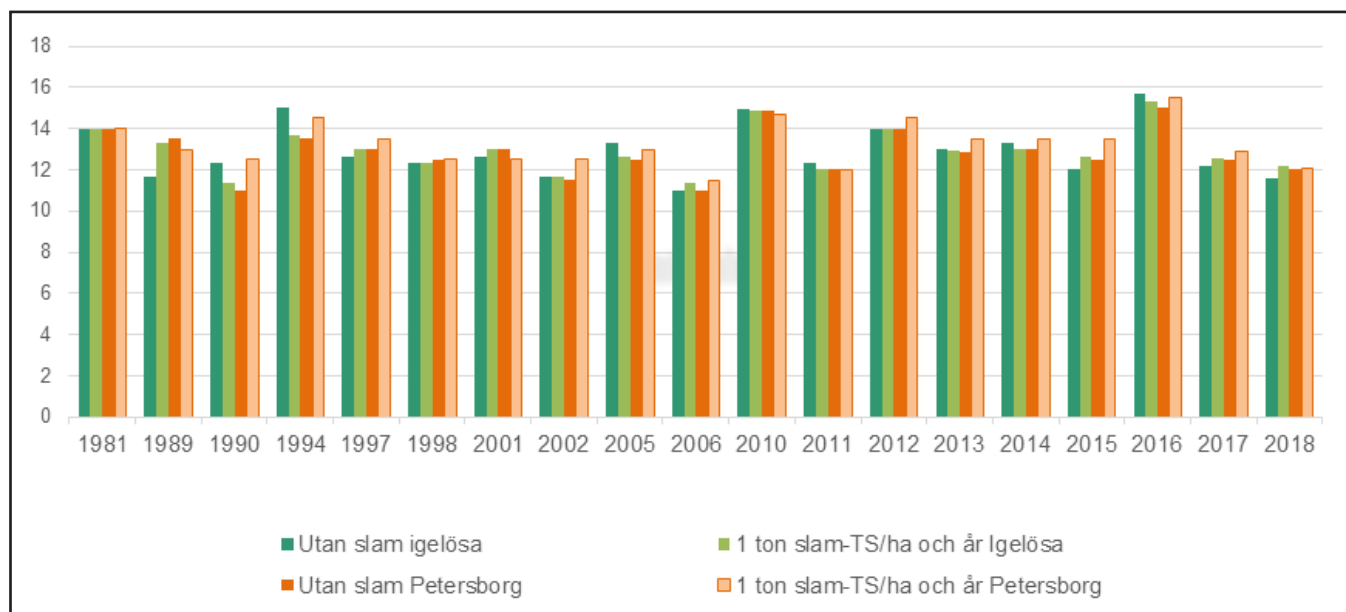
Matjordens innehåll av krom är högre på Igelösa än på Petersborg. Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad i kromhalten mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på någon av de båda försöksplatserna, förutom en signifikant skillnad 2018 på Petersborg då det icke slamgödslade led hade högre halt av krom.

Figur 26. Jordens (0-25 cm) innehåll av kvicksilver.



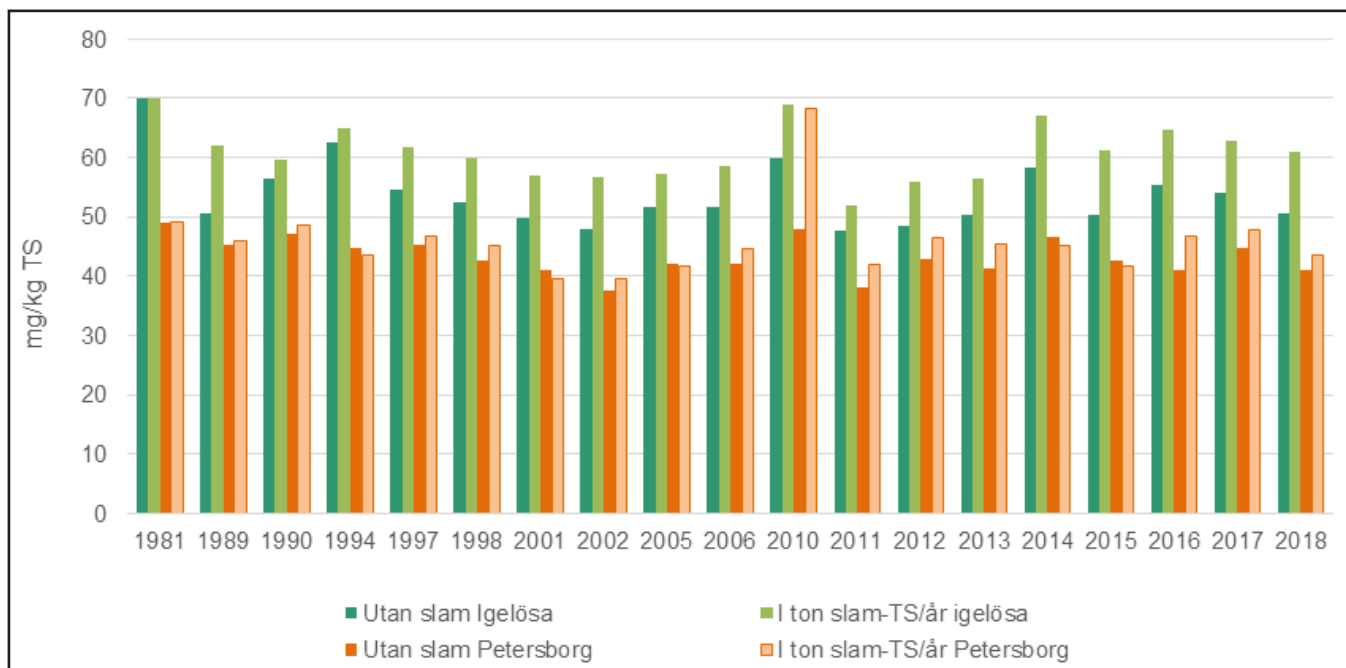
Det föreligger en statistiskt signifikant skillnad i kvicksilverhalt i matjorden mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på båda försöksplatserna 2017 och 2018. Då kvicksilverhalten är högre i slamgödslat led.

Figur 27. Jordens (0-25 cm) innehåll av nickel.



Det föreligger ingen statistiskt signifikant skillnad i nickelhalten mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled på någon av de båda försöksplatserna (figur 27). Det finns inte heller någon uppåt- eller nedåtgående trend.

Figur 28. Jordens (0-25 cm) innehåll av zink.



Matjordens innehåll av zink är omkring 18 mg/kg TS högre på Igelösa än på Petersborg. Vid försökens start var zinkhalten 21mg/kg TS högre på Igelösa jämfört med Petersborg. Skillnaden i halt mellan slamgödslade och icke slamgödslade försöksled är statistiskt signifikant på Igelösa och för några år även på Petersborg. Medelvärden för Igelösa de senaste fyra åren har varit 54 mg/kg TS i icke slamgödslade led och 63 mg/kg TS för slamgödslade led. På Petersborg har medelvärdet de senaste fyra åren varit 43 mg/kg TS i icke slamgödslade led och 45 mg/kg TS i slamgödslade led.

5. Slutsatser av resultat från åren 1981–2018

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 de två senaste provtagningstillfällena, det vill säga år 2017 och 2018, men också på trender i försöken. Detta på grund av de extraordinära väderförhållandena 2018. Då de flesta värdena avviker något från det normala detta år. När det i texten nämns en skillnad så är det en statistiskt säkerställd sådan som avses.

5.1. Slammets effekt på skördeprodukterna

5.1.1. Effekt på skördens storlek

- Enbart slamtillförsel, utan inblandning av mineralgödsel, har under de 38 år som försöken pågått gett en skördeökning på 14 %.
- I försöksleden med slam har tillförsel av slam i genomsnitt gett 7 % i skördeökning, även jämfört med optimal mineralgödselgiva.
- Alla i försöken förekommande grödor har svarat positivt på slamtillförsel.
- Omräknat i 2018 års prisnivå har den skördehöjande effekten av slamtillförsel varit 500–600 kr per hektar och år.

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 slamtillförsel, inte ens vid trefaldig slamgiva. År 2013 på Igelösa visar analysresultaten att det är det omvända förhållandet och koncentrationen i kornkärnan minskar med ökad slamtillförsel. Samma år visar analyserna att halten har ökat vid trefaldig slamtillförsel på Petersborg. Vid tre tillfällen på Petersborg har grödan tagit upp mer kadmium i led som inte har gödslats med slam. Under senare år har det visat sig att tillförsel av mineralgödsel 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 slamtillförsel, inte ens vid trefaldig slamtillförsel. I ett så stort material finns det några undantag: Nickelupptaget ökar vid sockerbetsodling både i led med slamtillförsel och i led utan tillförsel. Ibland har manganhalten ökat och ibland minskat vid slamtillförsel. Zinkhalten ökade 2018 i kärnan, men låg lägre 2017 i det slamgödslade ledet.

Vad gäller tillförsel av mineralgödsel så har denna medfört ökad halt av zink i alla grödor under senare år. Likaså har mangan- och kopparhalten oftast ökat vid tillförsel av mineralgödsel.

Slutsatsen efter 38 års försök är mycket säker. Under de förhållanden som råder på försöksplatserna har slamtillförsel 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 de försöksled som inte erhållit slam. Mullhalten är högre i de slamgödslade leden i förhållande till det försöksled som enbart fått mineralgödsel. Dock har inte slamtillförseln lyckats höja mullhalten i förhållande till nivån när försöken startade för 38 år sedan på Igelösa. Däremot är mullhaltensnivån konstant på Petersborg.
- Det finns en tendens till att pH sjunker något vid stor slamtillförsel. Sambandet är dock svagt. pH sjunker även i de led som inte slamgödslats.
- Kvävehalten ökar i markskiktet 0–60 cm, utom vid vårprovtagningen 2017 på Petersborg. 2016 var kvävenivåerna nästintill på samma nivå i slamgödslat och i ögödslat led.
- Magnesiumhalterna ökar vid slamtillförsel.
- Svavelhalten ökar för både slam- och mineralgödseltillförsel.
- Sammanfattningsvis kan man konstatera att markens bördighet ökar.

5.2.2. Påverkan på markens metallinnehåll

- Koppertalen har stigit något på båda försöksplatserna i både slamgödslat led och icke slamgödslat led.
- Kvicksilverhalten är något högre på Igelösa i samtliga led. Det slamgödslade ledet på Petersborg håller samma kvicksilverhalt som ledet utan slamgödsling på Igelösa.
- Zinkhalten är relativt konstant, med undantag för 2010 på Petersborg, där oförklarligt höga halter uppvisades för att sedan återgå till föregående årsvärde. Värdena är nu nere på den nivå som uppmättes vid försökets start 1981.
- En svag tendens till att blyhalterna steg fram till 2010 för att sedan plana ut och är nu under ursprungsvärdena.
- Vid något tillfälle under rapportperioden har tenn nått över detektionsgränsen.
- 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 Källby avloppsreningsverk i Lund har metallhalterna minskat med över 76 %. Motsvarande siffra från Sjölunda avloppsreningsverk i Malmö är cirka 66 %.

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. Mullämnesinnehållet i slammet är troligen en bidragande orsak till de positiva effekterna man ser på skördens utveckling.

6. Fördjupning om mikroplaster och antibiotika

Två fördjupande studier har gjorts under perioden 2015-2018. Båda har gjorts på försöksytorna i Petersborg. Här presenteras en kort sammanfattning av projekten, mer finns att läsa i respektive rapport.

6.1 Mikroplaster i kretsloppet

Syftet med undersökningen var att öka förståelsen för flödet av mikroplaster i kretsloppet, från inkommande avloppsvatten efter rens-galler till utgående slam som används på åkermark. Även mikroplastinnehållet i biogödsel har undersökts. Studien visar att innehållet av mikroplaster i slamgöds-lade ytor inte innehåller mer mikroplaster än jord som inte har slamgöds-lats. Detta kan bero på att den biologiska nedbrytningen är högre i dessa led. En viss tendens visar att fler plasttyper finns i den jord som har slamgöds-lats jämfört med den jord som inte har slamgöds-lats. Fler studier behövs för att säkerställa resultaten.

Ljung, E., Olsen-Borg, K., Andersson, P.-G., Fällström, E., Vollertsen, J., Wittgren, H.B. och Hagman, M. (2018). *Mikroplaster i kretsloppet*. SVU Rapport 2018-13. Svenskt Vatten Utveckling.

6.2 Långvarig spridning av svenskt avloppsslam på åkermark leder inte till tydliga förändringar i jordbakteriers resistens-mönster

Under senare år har oron för antibiotikarester i avloppsslam ökat. Därför genomfördes ett projekt i det långliggan-de försöket på Petersborg med jordprovtagning för att undersöka jordbakteriers resistensmönster. I studien prov-togs försöket vid två tillfällen, fyra år efter slamgiva och 15 dagar efter slamspridning i augusti 2017. Vid samma tillfälle togs även stickprov på slam. Med de analysmetoder som finns tillgängliga kunde inga tecken på antibioti-karesistenta bakterier eller biotillgängliga metaller hittas i den jord som analyserades i försöket.

Rutgersson, C., Ebmeyer, S., Lassen, C.B., Karkman, A., Fick, J., Kristiansson, E., Kofoed Brandt, K., Flach, C.-F. och Larsson, D.G.J. (2020). *Långvarig spridning av svenskt avloppsslam på åkermark leder inte till tydliga förändringar i jordbakteriers resistensmönster*. SVU Rapport 2020-xx (manuskript). Svenskt Vatten Utveckling.

7. Rapporter från projektet

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

Andersson, P.-G. och 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.

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

Andersson, P.-G. och Nilsson, P. (1993). *Slamspridning på åkermark*. VA-Forsk Rapport 1993-06.

Andersson, P.-G. och 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. och Torstensson, L. (1998). *Markbiologiska effekter vid slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981–1995*. Inst. f. Mikrobiologi, SLU, Uppsala.

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

Andersson, P.-G., Nilsson, P. (1999). *Slamspridning på åkermark*. VA-Forsk Rapport 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.

Andersson, P.-G. (2014). *Slamspridning på åkermark. Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund. Lägesrapport från åren 1981–2014*. Hushållningssällskapets Rapportserie nr 17.

Hörsing, M., Eriksson, E., Gissén, A., La Cour Jansen, J. och Ledin, A. (2014). *Organiska miljögifter i sockerbetor och blast odlade på mark gödslad med kommunalt avloppsslam*. SVU Rapport 2014-12. Svenskt Vatten Utveckling.

Hörsing, M. och Ledin, A. (2016). *Identifiering av fokusämnen för slam – organiska miljögifter*. SVU Rapport 2016-08. Svenskt Vatten Utveckling.

Hörsing, M. (2018). *Avloppsslam på åkermark - vad behöver vi veta om oönskade organiska ämnen?* SVU Rapport 2018-04. Svenskt Vatten Utveckling.

Börjesson, G. och Kätterer, T. (2018). *Soil fertility effects of repeated application of sewage sludge in two 30-year-old field experiments*. Nutr. Cycl. Agroecosyst., 112: 369–385.

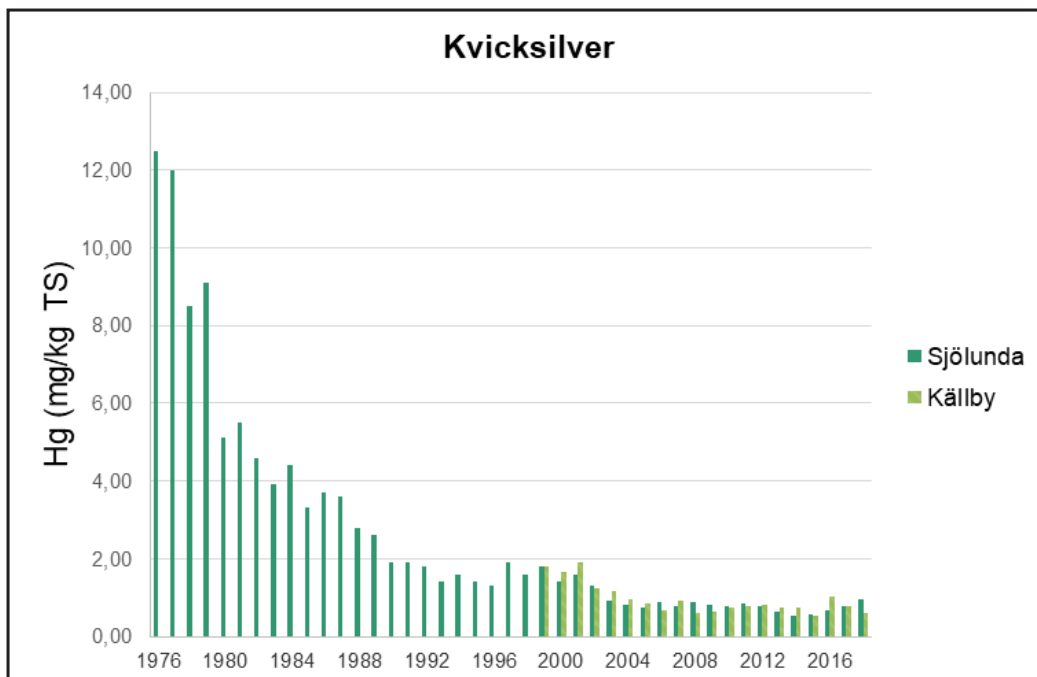
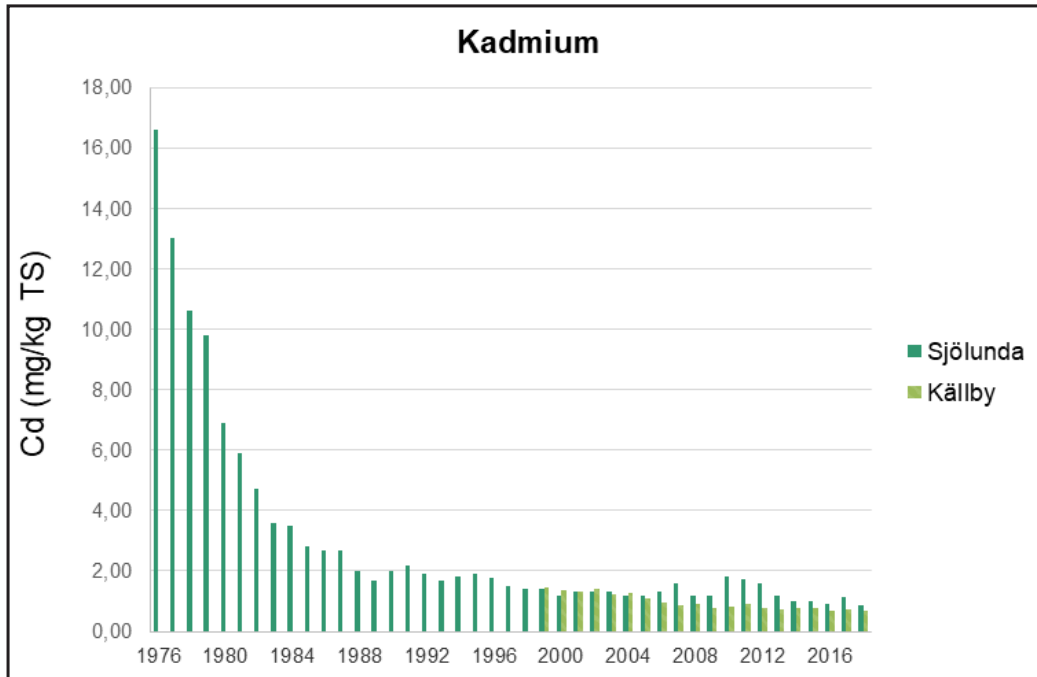
Ljung, E., Olsen-Borg, K., Andersson, P.-G., Fällström, E., Vollertsen, J., Wittgren, H.B. och Hagman, M. (2018). *Mikroplaster i kretsloppet*. SVU Rapport 2018-13. Svenskt Vatten Utveckling.

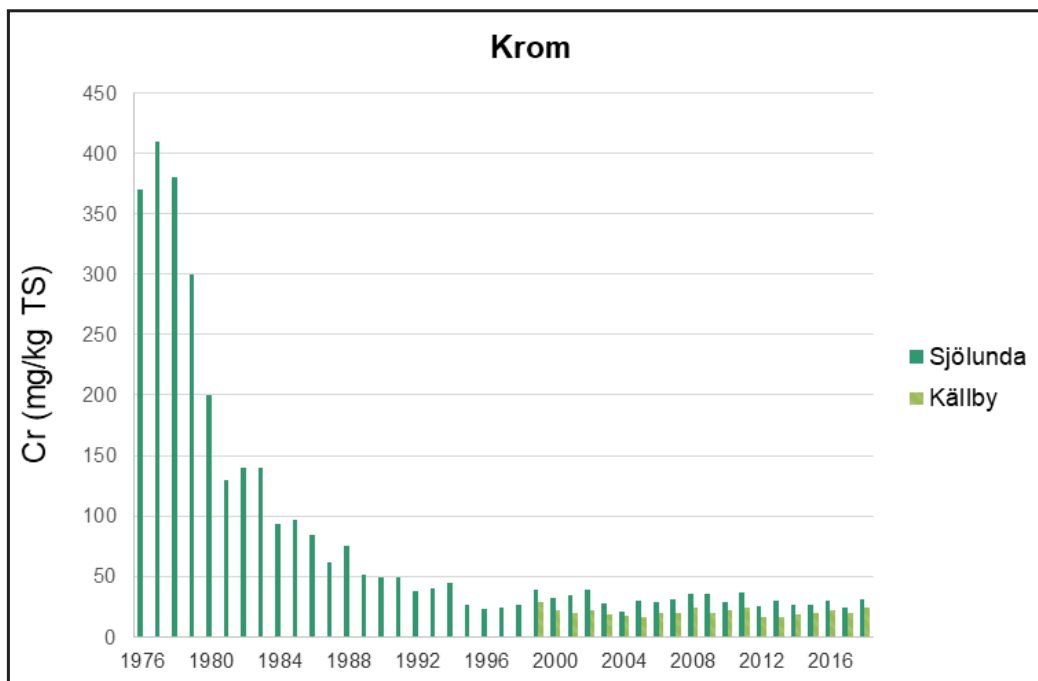
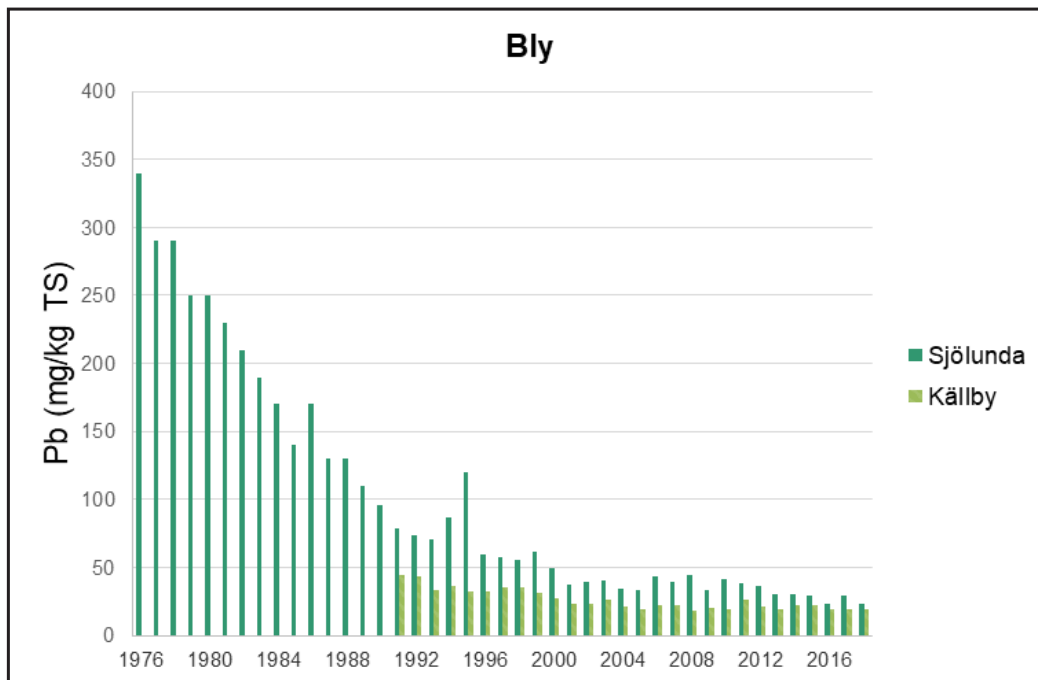
Rutgersson, C., Ebmeyer, S., Lassen, C.B., Karkman, A., Fick, J., Kristiansson, E., Kofoed Brandt, K., Flach, C.-F. och Larsson, D.G.J. (2020). *Long-term application of Swedish sewage sludge on farmland does not cause clear changes in the soil bacterial resistome*. Environment International, 137 105339: 1-12.

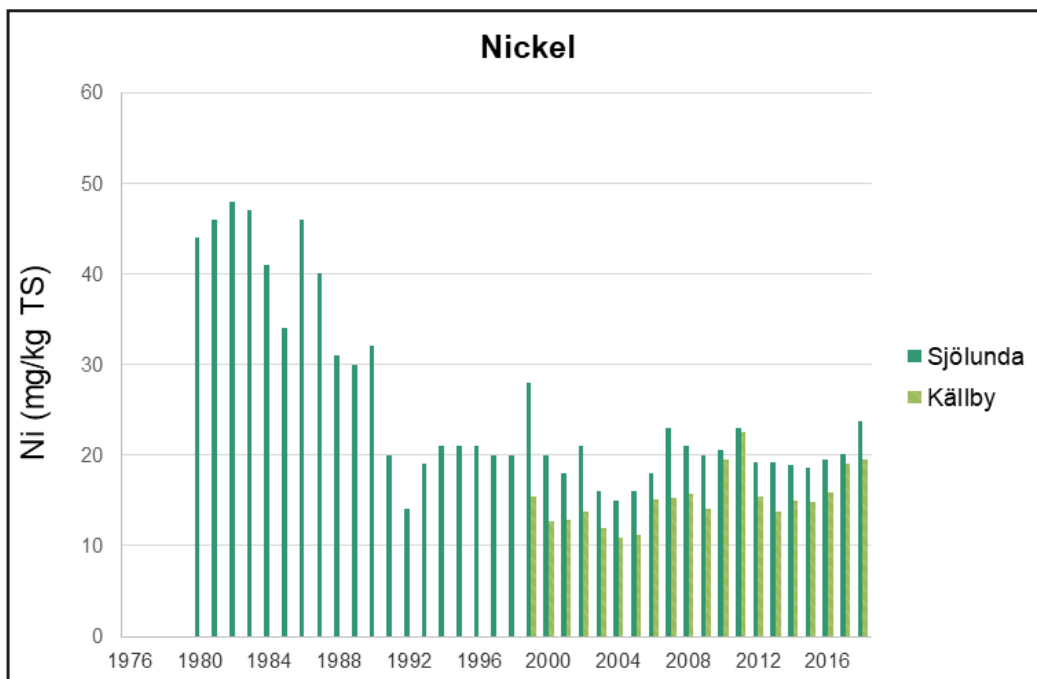
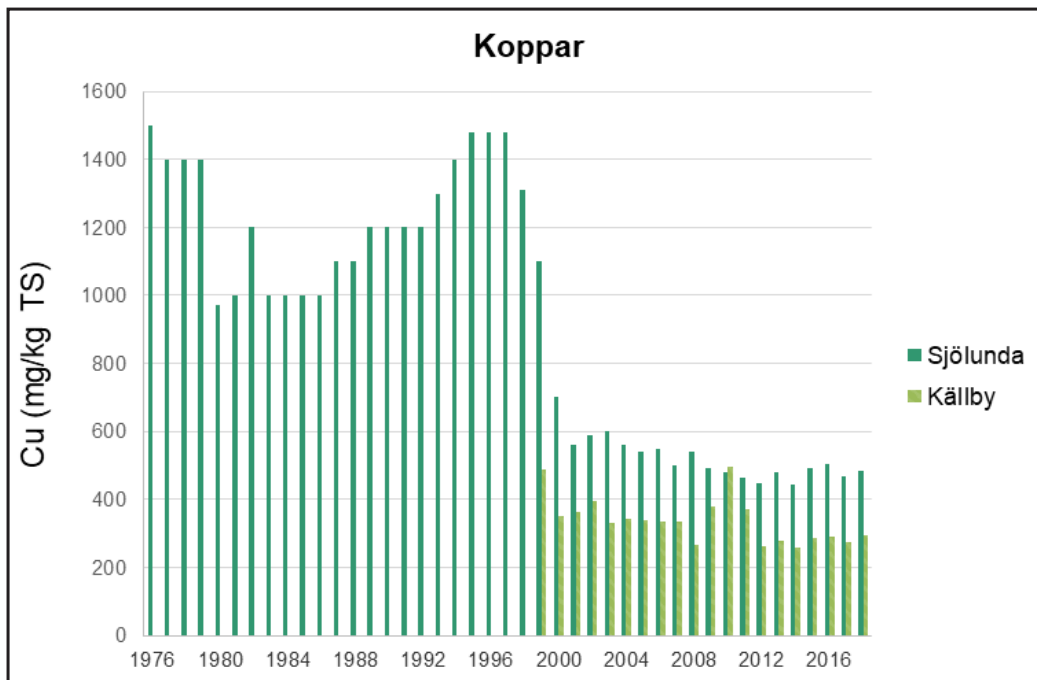
Rutgersson, C., Ebmeyer, S., Lassen, C.B., Karkman, A., Fick, J., Kristiansson, E., Kofoed Brandt, K., Flach, C.-F. och Larsson, D.G.J. (2020). *Långvarig spridning av svenskt avloppsslam på åkermark leder inte till tydliga förändringar i jordbakteriers resistensmönster*. SVU Rapport 2020-xx (manuskript). Svenskt Vatten Utveckling.

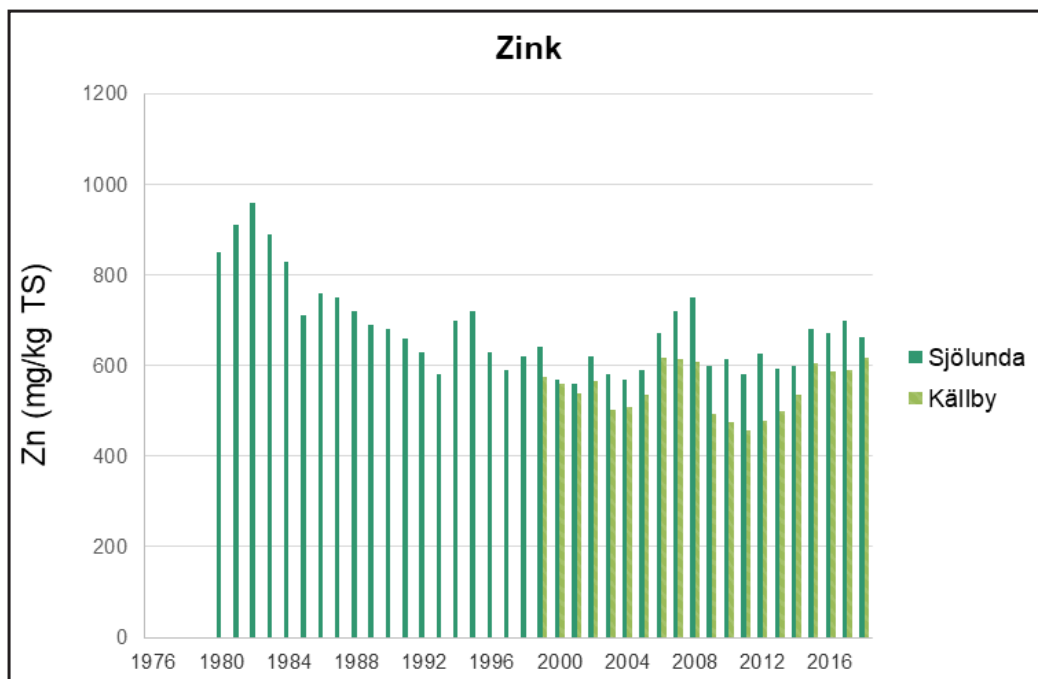
Bilaga 1.

Sammanställning av tillgängliga data avseende årsmedelvärden 1976-2018 för avvattnat slam från Sjölunda och Källby avloppsreningsverk. För att kunna förstå slamminnehållet måste man förstå det viktiga uppströmsarbetet. Anledningen till att halterna sjunker beror på det omfattande uppströmsarbete som de certifierade reningsverken bedriver. För mer information om till exempel blyhalter går att läsa om på Lunds kommuns hemsida och på Svenskt Vattens hemsida.









Fältförsök med kommunalt avloppsslam från Malmö och Lund under åren 1981-2018

Ett projekt i samverkan mellan VA SYD, Trelleborg, Kävlinge, Staffanstorp, Svedala, Sysav, och Svenskt Vatten Utveckling.

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

Vi utvecklar och överför kunskap, baserade på försök och forskning. Våra huvudsakliga kunskapsområden är landbruk, landsbygdsutveckling, mat, miljö och fiske.

www.hushallningssallskapet.se

Hushållningssällskapet Skåne

Box 9084

291 09 Kristianstad

Tel: 010476 20 00

E-post: info-skane@hushallningssallskapet.se

ISSN 1402-1951

ISBN 978-91-519-6761-5

Hushållnings
sällskapet

