

Tillståndet i svensk åkermark och gröda

– Data från 2011-2017

Current status of Swedish arable soils and cereal crops. Data from the period 2011-2017

Jan Eriksson



Titel: Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Data från 2011-2017

Författare: Jan Eriksson

Kontakt: Jan.Eriksson@slu.se, 018 – 67 12 71

Utgivningsort: Uppsala

Utgivningsår: 2021

Omslagsbild: Helena Linefur

Serietitel: Ekohydrologi

Delnummer i serien: 168

ISSN: 0347-9307

ISRN: SLU-VV-EKOHYD-168-SE

Elektronisk publicering: <http://pub.epsilon.slu.se>

Bibliografisk referens: Eriksson, J. (2021). *Tillståndet i svensk åkermark och gröda. Data från 2011-2017*. Uppsala: Sveriges lantbruksuniversitet. (Ekohydrologi, 168).

Förord

I Riksdagens miljö kvalitetsmål för jordbruksmark står att den svenska åkermarken ska ha ett välbalanserat näringstillstånd, bra markstruktur och mullhalt samt så låg föroreningshalt att ekosystemens funktioner och människors hälsa inte hotas.

För att följa upp detta mål finansieras delprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark” inom miljöövervakningens programområde jordbruksmark på Naturvårdsverket.

Delprogrammet ska på ett kvantitativt och ytrepresentativt sätt beskriva tillståndet i jordbruksmark, grödans kvalitet i relation till markens tillstånd samt odlingsåtgärder och driftsformer i de undersökta områdena. Det ska också vara möjligt att göra generaliseringar som gäller för hela landet. I den mån det går även på en mer detaljerad nivå, t.ex. produktionsområden.

Denna rapport redovisar data från den andra provtagningsomgången och bygger på information från 2039 provpunkter fördelade över svensk åkermark. I alla provpunkterna har ett prov från matjorden uttagits. Grödprov har tagits i knappt en tredjedel av provtagningspunkterna.

Resultaten från studien har jämförts med dem från tidigare provtagningsomgångar perioderna 1988-1995 och 201-2007.

Uppsala 5 maj 2021

Jan Eriksson

Innehåll

FÖRORD	3
SAMMANFATTNING	5
SUMMARY	9
MATERIAL OCH METODER	13
Provtagning och provpreparering	13
Analysmetoder	15
Jordprov	15
Kärnprov	17
Kvalitetskontroll	18
Insamling av data om brukning	19
RESULTAT OCH DISKUSSION	21
Mineraljordart	21
pH, kalkhalt och organiskt material	22
Utbytbara katjoner, katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad	25
Fosfor- och kaliumtillstånd	27
Spårelement i matjorden	30
Makronäringsämnen och spårelement i grödor	35
Omdrev 3	35
Jämförelse mellan omdrev	38
Samband mellan elementhalter i gröda och markens egenskaper	45
Driftsinriktningens påverkan på markens egenskaper	46
Huvudsaklig driftsinriktning	47
Konventionell och ekologisk odling	49
Växtföljd	51
Ändring av växtföljd	53
Tillförsel av stallgödsel	55
Driftsinriktningens påverkan på elementhalter i spannmålskärna	59
AVSLUTANDE KOMMENTARER	61
ERKÄNNANDE	63
LITTERATURFÖRTECKNING	65
Bilaga 1. Kontrollprovernans värden, analys av jordprov	67
Bilaga 2. Kontrollprovernans värden, analys av kärnprov	71
Bilaga 3. Uppgifter om brukning	73

Sammanfattning

I denna rapport redovisas resultatet från den tredje provtagningsomgången (omdrevet) i miljöövervakningsprogrammet ”Yttäckande rikskartering av åkermark”, även kallat Åkermarksinventeringen. Karteringen innefattar markens organiska material, syra/bas-status, fosfor- och kaliumtillstånd och spårelementinnehåll samt halter av makro- och mikroelement i höstvet, vårkorn och havre. Data från alla omdrev, kartor samt rapporterna från programmet är tillgängliga via datavärdskapet för jordbruksmark. Där finns också möjlighet att söka statistik för produktionsområden, län, jordbrukstäta kommuner och stora avrinningsområden.

<https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/akermarksinventeringen/>

I omdrev 3 har sammanlagt 2039 provpunkter provtagits fördelat på fyra delprovtagningar åren 2011, 2013, 2015 och 2017. 225 nya provpunkter har tillkommit som ersättare för punkter som bortfallit sedan omdrev 2. Alla provpunkter i Norrlandslänen provtogs 2013.

I alla provpunkterna har ett prov tagits från matjorden (0-20 cm). Alvprov (40-60 cm) har också tagits i provpunkter som ersätter dem som utgått sedan förra omdrevet. Om grödan vid provtagningstillfället var höstvet, vårkorn eller havre togs också kärnprov (248, 244 respektive 139 prov).

Följande analyser utfördes på matjordsproverna: pH (H₂O), total kolhalt, kolhalt efter syrabehandling för avdrivande av karbonatkol (organiskt C), total kväve- och svavelhalt, utbytbart kalcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), K⁺ och natrium (Na⁺), titerbar aciditet vid pH 7, ammoniumlaktat-acetatlöslig fosfor (P-AL) och kalium (K-AL) samt saltsyralöslig fosfor (P-HCl) och kalium (K-HCl). Vidare utfördes analys av spårelementen arsenik (As), bly (Pb), cesium (Cs), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), selen (Se), strontium (Sr), vanadin (V) och zink (Zn) efter uppslutning i 7M HNO₃. På matjordar från nya provpunkter och alvprover från både omdrev 2 och 3 utfördes också mekanisk analys för bestämning av mineraljordart.

På kärnproverna analyserades totalhalter av följande element: makroämnen Ca, Mg, K och P samt spårelementen As, Pb, Cd, Cs, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Sr, V och Zn.

Resultatet visar att åkermarkens tillstånd de senaste två decennierna varit väldigt stabilt när det gäller de undersökta variablerna, med inga eller bara små förändringar i de flesta fall. Förekommande små förändringar är svåra att säkert fastställa eftersom kontrollprover som lagts in i analysserierna visar att det för en del analyser tenderar att uppstå systematiska skillnader i mätnivå när de sker med flera års mellanrum.

Av jordarna som analyserades i omdrev 3 hade 80 % ett pH i intervallet 5,6 – 7,1 och medel-pH har varierat med bara 0,1 enheter mellan de tre hittills genomförda omdreven. Trettiofem procent av det totala antalet jordar hade ett pH som låg 0,3 enheter eller mer under det mål-pH för olika jordarter som anges i Jordbruksverkets rekommendationer för gödsling och kalkning.

Halten organiskt material i matjordarna beräknad från kolhalt hade ett medelvärde på 7,1 % och ett medianvärde på 4,5 %. Medelvärdet höjdes påtagligt av ett mindre antal organogena jordar. Den genomsnittliga halten organiskt material kan ha ökat med ca 0,5 enheter sedan omdrev 1.

Utbytbara katjoner, katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad bestämdes i omdrev 3 av kostnadsskäl bara på jordar med pH 7,0 eller lägre (89 % av alla jordar). Katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad hos dessa jordar var i medeltal 21 cmol_c/kg respektive 65 %. Basmättnadsgraden kan antas vara 100% på de jordar som inte analyserades, vilket medför att den genomsnittliga basmättnadsgraden på alla jordar skulle vara 69 %. Det är i stort sett samma värde som i omdrev 2.

P-AL och P-HCl låg i medeltal på 7,8 respektive 78 mg/100 g. Fosforgödslingen har minskat sedan början av 1990-talet. För P-HCl kan man inte förvänta sig en påvisbar effekt på så kort tid eftersom flödena är små i förhållande till markens ganska stora fosforförråd. För P-AL, som utgör ca en tiondel av detta förråd, fanns en tendens till minskad halt över omdreven. Den verkar motsvara ungefär 1 mg/100 g, men en samtidig variation mellan år i mätnivå gör det svårt att avgöra exakt hur stor den är.

På AL-extraktet gjordes i omdrev 3 analys också av Al och Fe för att kunna beräkna fosformättnadsgraden (DPS) som är kvoten $P/(Al + Fe)$ i AL-extraktet beräknad på molbasis och uttryckt som procent. Medel- och medianvärdena för DPS var 18 respektive 10 % vilket antyder att det fanns ett mindre antal ganska höga värden som drar upp medelvärdet.

K-AL och K-HCl låg i medeltal på 12,6 respektive 200 mg/100 g. Data finns bara för omdrev 2 och 3 och när data korrigerats för variation i mätnivå är det inte sannolikt att någon nämnvärd förändring skett.

Halterna av spårelement har generellt förändrats väldigt lite över omdreven. Den ackumulation av Cd, Pb och Zn som enligt andra undersökningar skedde under 1900-talet tycks ha avstannat. Däremot tycks halten Hg i matjord fortfarande öka. Medel- och medianvärdena var 0,043 respektive 0,036 mg/kg i omdrev 1 mot 0,054 respektive 0,043 mg/kg omdrev 3. Data från omdrev 2 saknas.

Farhågan att stora skördeuttag utarmar marken på mikronäringsämnen bekräftas inte av de här presenterade siffrorna. Flödena är som andra undersökningar visat för små för att på kort sikt kunna påverka de nära totalhalter som redovisas här. Det

kan dock inte uteslutas att en mindre mer löslig och därmed mer växttillgänglig fraktionen kan ha påverkats, men data över halter i kärna indikerar inte att så skulle vara fallet.

Halterna av makronäringsämnen i kärna från de tre undersökta spannmålsslagen skiljde sig inte i någon högre grad. När det gäller spårelement tenderade halterna att vara högst i havrekärna och lägst i kärna av vårkorn. När det gäller variation med tiden finns det en stor årsmånsbetingad variation mellan olika provtagningsår. Kalciumhalten i höstvetete- och havrekärna och Mg-halten i alla spannmålsslagen uppvisar en sjunkande trend mellan omdreven. Kadmiumhalten visar en sjunkande trend i vårkorn och havre, men inte i höstvetete. För några spårelement minskade haltnivån mellan omdrev 2 och 3 för enskilda grödor, men det är för tidigt att avgöra om detta är en faktisk trend.

I omdrev 3 utvärderades hur olika driftsinriktningar och odlingsåtgärder eventuellt påverkat matjordens egenskaper baserat på uppgifter som samlats in från lantbrukarna. Detta gav uppgifter kopplade direkt till det fält där prov togs till skillnad från tidigare omdrev då de kopplades till gårdens driftsinriktning enligt Lantbruksregistret. Fortfarande är det dock på grund av den stora geografiska spridningen, med skillnader i markegenskaper, klimatförhållanden mm. svårt att veta i vilken grad skillnader i markegenskaper mellan olika driftsinriktningar beror på brukningsåtgärder och i vilken grad det bero på skillnader som naturligt fanns från början.

Jordar på gårdar inriktade på husdjursproduktion hade generellt högre halt organiskt material, lägre pH och högre P-HCl-tal än utpräglade växtodlingsgårdar. Halterna av Hg, Mn, Mo och Se var något högre i jordar från djurgårdar medan det var tvärtom för många andra spårelement. Det senare är troligen kopplat till att växtodlingsgårdarna generellt brukade mer lerrika jordar.

Mark som får miljöstöd för ekologisk odling innehöll mer organiskt material och utbytbar Mg och hade lägre P-AL-värden och lägre DPS än konventionellt odlad. I övrigt var det inga stora skillnader. Om bara djurgårdar jämfördes var dock halten organiskt material i matjorden lite högre i de konventionellt än i de ekologiskt odlade. Det gick inte att se några entydiga skillnader i markegenskaper mellan ekologiskt odlade gårdar med avseende på hur länge ekologisk odling pågått.

Högre andel vall i växtföljden innebar generellt högre halt organiskt material, högre P-HCl och högre halt av Cd, Hg, Mo och Se, ämnen som är korrelerade till halt organiskt material. pH, innehåll av P-AL och DPS minskade med ökad vallandel.

Jordar som idag tillförs stallgödsel hade generellt högre halt organiskt material och högre värden för P-AL, DPS, P-HCl- och K-HCl än jordar som ej tillförs stallgödsel. En osäkerhetsfaktor här är att stallgödsel enligt uppgift tidigare tillförts hälften

de jordar som idag ej tillförs stallgödsel. Mark som tillförts stallgödsel från nötkreatur innehöll mer organiskt material medan pH, P-AL och DPS var högre på mark som tillförts stallgödsel från gris- eller fjäderfä. I övrigt var det inga nämnvärda skillnader kopplade till stallgödselslag.

Summary

This report presents the results of the third sampling series in the Swedish environmental programme monitoring organic matter content, acid/base status, and potassium (P), phosphorus (K) and trace element concentrations in arable soils. The results of analyses for macro- and microelements in cereal crop grain are also presented. Data from all sampling series, maps and options to search for statistics for production areas, counties, intensive agricultural communities and major catchment areas are available on the project website: <https://www.slu.se/institutioner/mark-miljo/miljoanalys/akermarksinventeringen/>

In sampling series 3, a total of 2039 sampling points were covered, divided between four sub-samplings (in 2011, 2013, 2015 and 2017). During sampling, 225 new sampling points were added to replace drop-out points since sampling series 2. All sampling points in counties in Norrland were sampled in 2013.

At all sampling points, a sample was taken from the topsoil (0-20 cm). A subsoil (40-60 cm) sample was also taken at sampling points replacing drop-out points. When the crop on the sampling occasion was winter wheat, spring barley or oats, grain samples were also taken (301, 303 and 231 samples of these crops, respectively).

The following analyses were performed on topsoil samples: pH (H₂O), total carbon content, carbon content after acid treatment to remove carbonate carbon (organic C), total nitrogen (N) and sulphur (S) content, exchangeable calcium (Ca²⁺), magnesium (Mg²⁺), K⁺ and sodium (Na⁺), titratable acidity at pH 7, ammonium lactate-acetate soluble phosphorus (P-AL) and potassium (K-AL), and hydrochloric acid-soluble phosphorus (P-HCl) and potassium (K-HCl). In addition, analyses were carried out for the trace elements arsenic (As), lead (Pb), caesium (Cs), cadmium (Cd), cobalt (Co), copper (Cu), chromium (Cr), manganese (Mn), mercury (Hg), molybdenum (Mo), nickel (Ni), selenium (Se), strontium (Sr), vanadium (V) and zinc (Zn), after sample extraction in 7M HNO₃. On topsoil samples from new sampling points and subsoil samples from sampling series 2 and 3, mechanical analysis was also carried out for determination of mineral soil texture.

In cereal grain samples, the total concentrations of the following elements were analysed: the macroelements Ca, Mg, K and P, and the trace elements As, Pb, Cd, Cs, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Sr, V and Zn.

The results show that the state of Swedish arable soils, in terms of the variables investigated, has been very stable during the past two decades. The small changes that have occurred for some variables are difficult to verify, since control samples

included in the analyses show that it is very difficult to avoid systematic differences in measurement levels when laboratories carry out analyses at intervals of many years.

Of the soils analysed in sampling series 3, 80 % had pH within the range 5.6-7.1 and the average pH only varied by 0.1 units compared with previous sampling series. In 35 % of the soils analysed in series 3 the pH was 0.3 units or more lower than the target pH for different textural classes recommended by the Swedish Board of Agriculture.

Soil organic matter content, calculated from organic C content, had an average value of 7.1 % and a median value of 4.5 %. The average values were significantly elevated by results for a few organic soils. The organic matter content may have increased by approximately 0.5 % since sampling series 1.

To cut costs, in sampling series 3 exchangeable cations, cation exchange capacity and degree of base saturation were only determined on soil with pH 7.0 or lower (89 % of all soils). Cation exchange capacity was on average 21 cmol_c/kg and degree of base saturation was 65 % for these soils. The degree of base saturation is 100 % for the soils not analysed in series 3, which means that the average degree of base saturation for all soils would be 69 %. That is more or less the same value as in sampling series 2.

The P-AL and P-HCl concentration was on average 7.8 and 78 mg/100 g, respectively. Phosphorus fertilisation has decreased more or less continuously since the beginning of the 1990s. For P-HCl, a detectable effect cannot be expected in such a short time, since the flows are small in relation to the rather large pool of P in the soil. For P-AL, which constituted around 10 % of this pool, there was a tendency for a decrease in content between the sampling series. This decrease corresponded to approximately 1 mg/100 g, but simultaneous variation in level of measurements between series makes it difficult to determine its exact magnitude.

The AL-extract samples were also analysed for aluminium (Al) and iron (Fe), to make it possible to calculate degree of phosphorus saturation (DPS), i.e. the ratio between concentration of P and Al+Fe in the AL extract on a molar basis expressed as a percentage. The average DPS was 18 % and the median value was 10 %, indicating inclusion of a few very high values.

The K-AL and K-HCl concentration was on average 12.6 and 200 mg/100 g, respectively. Data are only available for sampling series 2 and 3 and, after correction of the data for variations in measurement levels, it appears unlikely that any significant change has taken place.

The concentrations of trace elements changed very little from previous sampling series. The accumulation of Cd, Pb and Zn that took place during the 1900s according to other investigations seems to have ceased. However, the concentration of Hg in Swedish soils still seems to be increasing, from an average value of 0.043 mg/kg (median 0.036 mg/kg) in sampling series 1 to 0.054 mg/kg (median 0.043 mg/kg) in sampling series 3. There are no data from sampling series 2 for this element.

The fear that increasing crop yields could impoverish soils in terms of micronutrients was not supported by the data. As shown by other investigations, the flows of micronutrients are too small, given the rather short time span, to affect the pseudototal concentrations presented here. Depletion of a smaller, more soluble plant-available fraction cannot be excluded, but the grain data do not indicate such an effect.

The concentrations of macroelements in cereal grain differed little between the crops sampled. For trace elements, the concentrations tended to be highest in oats and lowest in spring barley. There was large variation over time due to the influence of varying weather conditions on growth. Concentrations of Ca in grain of winter wheat and oats and of Mg in all crops tended to decrease with time. The Cd concentration showed a trend to decrease in barley and oats, but not in wheat. For some trace elements, the average concentration decreased between sampling series 2 and 3 for individual crops, but it is too early to judge whether this is an actual trend or not.

In sampling series 3, the possible effect of different types of farming on the properties of the topsoil was assessed using data obtained from farmers. In contrast to previous sampling series, this gave information about the management of the sampled field, and not the farm in general. Due to the large geographical spread of sampled sites, it was again difficult in this case to separate effects of soil management from differences due to natural variation in soil properties, climate conditions etc.

Soils on cattle farms generally had higher organic matter content, lower pH and higher P-HCl values than soils on arable farms producing commercial cash crops. Concentrations of Hg, Mn, Mo and Se were slightly higher in soils on cattle farms whereas the opposite was true for many other trace elements. The latter probably due to generally higher clay content in soils on arable farms.

Soils used for organic farming generally had higher organic matter content and exchangeable Mg and lower P-AL- and DPS-values than conventional farms. For other variables, there were no differences between organic and conventional farms. Comparisons of organic and conventional cattle farms revealed higher average soil organic matter content in soils on the latter. It was not possible to detect any differences in soil properties between organic farms depending on time elapsed since conversion to organic.

A large proportion of grass ley in the crop rotation generally resulted in higher soil organic matter content, higher P-HCl and higher concentrations of Cd, Hg, Mo and

Se. The latter elements are associated with high organic matter content. Soil pH, P-AL and DPS tended to decrease with increasing proportion of grass ley.

Soils on which farmyard manure is applied annually generally had higher organic matter content and higher P-AL, DPS, P-HCl and K-HCl values than soils currently receiving no manure. An uncertainty here is that 50 % of the soils on which manure is not applied today have received manure in the past. Soils on which cattle manure is applied regularly contained more organic matter than soils receiving pig and poultry manure regularly, while pH, P-AL and DPS were higher on the latter soils. Otherwise, there were no noteworthy differences related to manure type.

Material och metoder

Provtagning och provpreparering

Provtagningen åren 2011, 2013, 2015 och 2017 (omdrev 3) innefattar 2030 provpunkter jämnt spridda över Sveriges åkerareal. Grundidén från och med förra omdrevet är att provtagning ska upprepas på samma platser som i tidigare omdrev. Tyvärr blev det dock ett ganska stort bortfall av punkter från förra omdrevet för att brukaren inte ville delta eller för att provplatsen inte längre nyttjas som åkermark. I alltför många fall handlade det också om att brukaren inte gick att nå trots upprepade påringningar. Totalt lades 225 nya provpunkter ut som ersättning från sådana som utgått. I varje provpunkt uttogs matjordsprov (0 - 20 cm). När provpunkten var bevuxen med någon av grödorna höstvet (248 st), vårkorn (244 st) och havre (139 st) togs också kärnprov av dessa. Alvprov (40 - 60 cm) tas bara en gång på varje provplats. Därför togs sådana bara på provplatser som tillkommit i detta omdrev. Alvprov blev dock ej taget i alla nya punkter, ibland för att jordlagret var för grunt.

Urvalet av nya provplatser utförs av Statistiska Centralbyrån (SCB). Totalt valdes ca 20 000 platser ut när ett nytt provpunktsnät lades ut vid starten av det förra omdrevet. Det stora urvalet gör det möjligt att ersätta bortfall av punkter med näraliggande alternativa punkter. Provpunkterna bestämdes genom ett systematiskt urval där ett rutnät med slumpmässig startpunkt lades ut över landet. Rutstorleken anpassades efter önskat antal provpunkter. Om den valda punkten i varje ruta hamnade på åkermark registrerades den som provpunkt i detta första urval och dess koordinater fastställdes. Denna urvalsmetod ger provpunkter som är jämnt spridda över hela landets åkerareal. Den innebär också att provpunkternas frekvens geografiskt varierar med andelen åkermark; ju större andel jordbruksmark i ett område desto tätare mellan provpunkterna.

Underlaget för urvalet var den åkermark som fanns registrerad och koordinatsatt inom Jordbruksverkets administrativa register för arealbaserade ersättningar till jordbruksmark. Åkermark vid jordbruksföretag som inte hade ansökt om arealbaserade ersättningar ingick därmed inte i urvalsramen. Arealen åkermark som inte fanns registrerad i denna databas utgjorde vid urvalstidpunkten mindre än 3 procent av den totala åkermarksarealen och detta bortfall bedömdes därför vara av marginell betydelse.

Från det större urvalet är drygt 2 000 provplatser utvalda ut för återkommande provtagning vart 10:e år i varje enskild punkt, såvida bortfall ej sker. Av sekretesskäl utfördes provtagningen inte exakt i rutnätets skärningspunkter utan i slumpmässigt utvalda punkter inom en radie av 500 meter från skärningspunkterna. Provtagningspunkten är koordinatsatt på metern när för att möjliggöra framtida omprovtagningar av samma yta med så stor exakthet som GPS-utrustningen medger.

I omdrev 3 bortföll 225 av de provpunkter där det togs jordprov i omdrev 2. Det innebär att mer än 10 % av det ursprungliga urvalet av provpunkter inte längre var tillgängligt. Av dessa provpunkter utgick 151 st på grund av att de inte längre fanns registrerade i Jordbruksverkets register.

För att få fram data över årsmånsvariationen i grödornas halter, jämnare arbetsbelastning och bättre kontinuitet fördelas provtagningen inom ett omdrev över 4 provtagningstillfällen. I omdrev 2 togs prov i ca 500 provpunkter vid varje delprovtagning jämnt fördelad över hela landet. Att fördela provtagningen i Norrlandslänen över 4 tillfällen blev dock dyrt på grund av de långa avstånden. Därför gjordes provtagningen av alla län från Gävleborg och norrut under ett och samma år i omdrev 3. Detta innebar provtagning av ca 450 platser i hela Sverige utom Norrlandslänen åren 2011, 2015 och 2017 och provtagning av ca 650 platser i hela Sverige inklusive Norrlandslänen år 2013. Om den valda provpunkten visade sig ligga alldeles utanför fältet, mindre än 3 m från fältkant eller på åkerholme etc. var instruktionen till provtagaren att flytta punkten 10 m mot fältets mitt. Om punkten ändå ej hamnade på fältet utgick den.

Provtagningen utfördes läns- eller regionvis av Hushållningssällskapen. Den utfördes i en cirkel med 3 m radie med den förutbestämda koordinaten som mittpunkt. Matjorden provtogs med minst 9 borrhstick i nivån 0-20 cm, jämnt fördelade inom cirkelytan. Alven provtogs i förekommande fall med minst 5 stick i nivån 40-60 cm. För grödprovtagning delades cirkeln in i 4 kvadranter. Grödprov togs med hjälp av ram med arean 0,25 m², ett från vardera kvadranten. Ramens mitt placerades 1,5 m från provpunktens mittpunkt och alla ax inom ramen klipptes bort. Delproven från varje provyta slogs ihop till ett generalprov per provplats för matjord, alv respektive gröda.

Provpunkterna koordinatsattes ursprungligen i rikets nät RT 90, men numera finns också koordinater transformerade till SWEREF tillgängliga. Vid provtagningen användes GPS för att söka upp den förutbestämda provpunktens exakta position.

För att kunna lagras torkades jord- och grödprover genom kallluftstorkning i den utrustning som de olika Hushållningssällskapen disponerar. Före analys preparerades matjordsproverna med en s.k. jordkvarn, varvid eventuellt innehåll av grus och sten siktas ifrån och större aggregat sönderdelas så att de passerar genom 2 mm sikt. Alvproverna, både det fåtal som tagits ut i detta omdrev och de som togs i omdrev 2, har i ett parallellt projekt preparerats på samma sätt som matjordsproverna och analyserats med avseende på kornstorleksfördelning/mineraljordart. Grödproverna tröskades. Provprepareringen utfördes vid Institutionen för mark och miljö vid SLU.

Analysmetoder

Jordprov

Analys av mineraljordens kornstorleksfördelning utfördes vid Institutionen för mark och miljö vid SLU. Den utfördes på matjords- och alvprov från nyttillkomna provplatser i omdrev 3 och på alvprov uttagna i omdrev 2 på provplatser fortfarande fanns med vid provtagningen i omdrev 3. 20 g finjord vägdes in och provet fuktades upp med vatten. Eventuellt karbonat innehåll löstes upp med tillsats av 1M HCl tills det slutade fräsa varefter provet behandlades med 35 % väteperoxid för att oxidera bort organiskt material. Därefter tillsattes 25 ml av en lösning innehållande 3,5 % natriumpolyfosfat+0,7 % natriumkarbonat och provet skakades i minst 8 timmar (över natten) för att dispergera provet (skilja alla mineralpartiklarna från varandra). Om provet innehöll så mycket Ca^{2+} från upplöst kalciumkarbonat att lerpartiklarna flockade ut centrifugerades provet och den Ca^{2+} -rika överlösningen hölls av varefter ny natriumpolyfosfatlösning tillsattes och skakningen upprepades. Vid behov justerades pH i suspensionen till pH 8-9 med 1 M NaOH. Mängden sand i provet bestämdes efter våtsiktning genom 0,2 mm sikt och mängden grovmo efter våtsiktning genom 0,063 mm sikt. De fränsiktade kornstorleksfraktionerna torkades och mängderna bestämdes genom vägning. Finare kornstorleksfraktioner bestämdes genom sedimentationsanalys med hjälp av pipettmetoden. Partiklar mindre än 0,02 mm (mjäla och ler) bestämdes genom avpipettering av 10 ml jordsuspension på 10 cm djup i mätcylindern 4 min och 48 s efter start av sedimentationen. Mängden ler (<0,002 mm) bestämdes på motsvarande sätt genom avpipettering på 7 cm djup efter 6 timmar. De avpipetterade proverna torkades, vägdes och efter korrektion för delprovets innehåll av salt av natriumpolyfosfat/karbonat beräknades hela jordprovets innehåll av ler och mjäla.

Analys av arsenik (As), bly (Pb), cesium (Cs), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), selen (Se), svavel (S), strontium (Sr), vanadin (V) och zink (Zn) i matjordsprov utfördes av ALS Scandinavia AB i Luleå efter extraktion med 7 M salpetersyra i autoklav vid 200 kPa (120 °C) i 30 minuter enligt Svensk standard, SS 28311 (kallades SS 02 83 11 i Eriksson m.fl., 2010). Till 1 g jord tillsattes 20 ml syra.

Samtliga element bestämdes med ICP-SFMS, enligt metod 200.8 (ICP_SFMS) från U.S. Environmental Protection Agency (Mod).

Analys av ammoniumlaktat-acetatlöslig fosfor (P-AL), kalium (K-AL), aluminium och järn, saltsyralöslig fosfor (P-HCl) och kalium (K-HCl) samt mätning av pH och bestämning av torrsubstanshalt i matjordsprover utfördes av Eurofins Sverige AB.

Lättlöslig fosfor (P-AL), kalium (K-AL), aluminium och järn extraherades enligt SS 28310. Till 5 g jord tillsattes 100 ml extraktionslösning (0,10 mol ammoniumlaktat och 0,40 mol ättiksyra). Provet skakades i 90 minuter och filtrerades därefter omedelbart genom veckfilter.

Förrådsfosfor (P-HCl) och kalium (K-HCl) extraherades enligt metod i Kungliga Lantbruksstyrelsens kungörelse (KLS, 1965). Till 2 g jord tillsattes 50 ml 2 M saltsyra. Provet nedsänktes i kokande vattenbad i 2 timmar. Därefter kylde provet och jorden filtrerades ifrån. Halten av fosfor, kalium, aluminium och järn i AL- och HCl-extrakten bestämdes med ICP-AES.

pH i matjords- och alvprover bestämdes enligt SS-ISO 10390. Till 10 ml jord sattes 50 ml avjonat vatten, varefter provet skakades i 1 timme. Avläsning av pH skedde nästföljande dag på prov som åter uppskakats i en minut.

Torrsubstanshalt i matjords- och alvprover bestämdes enligt SS-ISO 11465. Provmängden 10-15 g jord torkades vid 105 °C tills konstant vikt uppnåddes.

Bestämning av total kol- och kvävehalt utfördes med elementaranalys enligt SS-ISO 10694 av laboratoriet på Institutionen för mark och miljö, SLU. I elementaranalysapparaten upphettas provet så att organiska material förbränns och karbonater sönderdelas. Mängden bildad koldioxid och kväveoxid mäts, för kvävet del efter reduktion till N₂. Elementaranalysen utfördes med en LECO Trumac CN. Cirka 1 g prov invägdes och upphettades till 1 350 °C i ca 5 minuter. Eventuellt karbonatinnehåll på prov med pH 6,8 eller högre bestämdes genom att samma mängd av ett annat delprov först hettades upp till 550 °C i 5 timmar för att oxidera bort allt organiskt kol. För att kontrollera att inget karbonatkol avgick i detta steg ingick också två kontrollprov med känd tillsatt mängd av CaCO₃ i varje analysomgång. Sedan upphettas provet till 1 350 °C som ovan och varvid mängden CO₂ som frigjorts från eventuellt karbonatinnehåll mättes.

I resultatredovisningarna anges karbonatkol som ekvivalent mängd CaCO₃. För prov som innehöll karbonatkol beräknades halten organiskt kol från skillnaden mellan totalkol och karbonatkol. För övriga prov antogs halt organisk kol vara lika med total kolhalt.

Analys av utbytbar kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K) och natrium (Na) samt utbytbar aciditet och titrerbar aciditet utfördes av nuvarande Eurofins Sverige AB. De utbytbara katjonerna bestämdes av kostnadsskäl i detta omdrev bara på jordar som hade pH 7,0 eller lägre.

Utbytbara katjoner extraherades enligt SS-ISO 11260 genom att 2,5 g jord skakades med 30 ml 0,1 M BaCl₂ i en timme, centrifugerades vid 1 200 varv per minut, varefter extraktet filtrerades ned i en 100 ml mätkolv. Denna extraktionsprocedur

upprepades ytterligare två gånger. De sammanslagna extrakten späddes därefter till 100 ml. Halterna av Ca, Mg, K, och Na i BaCl₂-extraktet bestämdes med ICP-AES.

Titrerbar aciditet vid pH 7 bestämdes med en metod som utvecklats internt vid Eurofins laboratorium i Kristianstad. Provmängden 5 g av mineraljordar och 2 g av organogena jordar vägdes in i 3-4 plaströr per prov. Till rören tillsattes 20 ml buffertlösningar innehållande 1 M ammoniumacetat med stigande koncentration av KOH. Proven skakades över natt i skakmaskin och pH i varje serie av provrör mättes. Genom att plotta pH mot tillsatt mängd KOH kunde mängden KOH som gått åt för att höja pH till 7 beräknas, vilket i sin tur motsvarar provets titrerbara aciditet. Eftersom ammoniumacetatlösningen inte justerades exakt till pH 7,00 vid tillblandningen korrigerades KOH-tillsatsen med hjälp av pH-mätning i blindprov (utan jord) av de tillsatta lösningarna. Om pH avvek från det förväntade, dvs. det pH-värde varje lösning nominellt borde haft om ammoniumacetatet hållit pH 7,00 före KOH-tillsatsen, justerades KOH-värdet som plottades i titrerkurvan i motsvarande mån. Titrerbar aciditet bestämdes liksom i tidigare omdrev bara på jordar som hade pH 7,0 eller lägre eftersom det definitionsmässigt är 0 vid högre pH-nivåer.

Redovisade elementanalyser är generellt baserade på torrsubstansen. P och K extraherbara i AL- och HCl-extrakt redovisas dock per lufttorrt prov eftersom detta är rutin vid markkarteringsanalyser.

Kärnprov

Analys av makroämnen Ca, Mg, K och P samt spårelementen As, Pb, Cd, Cs, Co, Cu, Cr, Mn, Mo, Ni, Sr, V och Zn i kärnprov utfördes 2011 och 2013 av Eurofins Sverige AB och 2015 och 2017 ALS Scandinavia AB i Luleå.

Kärnproven uppslöts med konc. HNO₃ i mikrovågsugn. Förhållandet jord:vätska var 2 g till 20 ml syra och provet upphettades till 100 °C i 60 minuter. Vid uppslutningen användes 50 ml polypropylenrör (nuncrör).

På de uppslutna proven bestämdes totalhalterna av olika ämnen med vissa modifieringar med ICP-SFMS enligt (EPA, 1994).

Torrsubstanshalt i kärnprov (105 °C bestämdes enl. SS 28113. 2 g prov torkades i minst 20 timmar.

Kvalitetskontroll

I ett miljöövervakningsprojekt är det viktigt att kontrollera reproducerbarheten i analysvärdena vid det enskilda analystillfället, men också att så långt möjligt undvika systematiska skillnader i mätvärdena mellan analystillfällena. Det senare är som framgår nedan och som också erfarits i andra projekt ganska svårt. I den mån systematiska skillnader ej går att undvika är det viktigt att de kan kvantifieras så att man inte misstolkar variationer över tiden i en viss markegenskap som en verklig förändring när den i själva verket beror på osäkerheter i mätningarna.

I detta avsnitt beskrivs hur kvalitetskontrollen utförts, medan utfallet av kontrollen redovisas i bilagorna 1 och 2.

För att kontrollera analyskvaliteten och ha kontroll på systematiska variationer i mätnivå över tiden har vi i detta projekt haft två olika typer av kontroller:

Kontrollprov typ I: Delprov av ett och samma jordprov, som slumpmässigt placeras in med jämna mellanrum i hela serien av prov från det aktuella provtagningsåret. Data från detta prov visar hur stabila och reproducerbara värdena är inom den aktuella mätserien. Ett sådant kontrollprov har dels lagts in av SLU, och de laboratorier som utför analysen har också egna kontroller. SLU:s prov har numrerats in på för det utförande laboratoriet okända positioner i nummerserien med ett kontrollprov per ca vart 50:e ordinarie prov när det gäller jordprov. Vid analys av kärnprov har 6 prov placerats in i mätserien. Jordprovet som använts för denna kontroll är ett prov från en försöksyta nära Kungsängens försöksgård i Uppsala. Kärnprovet innehåller vetekärna. Dessa prov används också som "husstandard" vid markkemiska analyser på Institutionen för mark och miljö vid SLU.

Kontrollprov typ II: Ett urval av prov med variation i de egenskaper som analyseras. Dessa indikerar hur väl mätvärden, både låga och höga, kan reproduceras över tiden mellan olika analystillfällen. De har också placerats in i provserien i för det utförande laboratoriet okända positioner på samma sätt som beskrivs ovan.

Förutsättningen för den ovan beskrivna typen av kontroll är att provets egenskaper ej förändras nämnvärt över tiden vid lagring. De flesta av de här analyserade variablerna torde vara ganska stabila i detta avseende.

Vid analys av kornstorleksfördelning användes inga kontrollprover systematiskt. Som en kontroll av analysens kvalitet summerades istället de framtagna värdena för de enskilda kornstorleksfraktionerna och resultatet jämfördes med invägd jordmängd minus halt organiskt material + kalciumkarbonat innehåll. Om felprocenten var större än 5 % analyseras provet om.

Stickprovsundersökningar med omanalys av prover visar på stor reproducerbarhet i mätningarna.

Insamling av data om brukning

I senaste omdrev samlade vi in uppgifter om brukning genom Hushållningssällskapets provtagare fyllde i ett frågeformulär tillsammans med brukaren av den provtagna åkern. Hur frågeformuläret såg ut framgår av bilaga 3. I tidigare omdrev har vi erhållit bruksdata från Lantbruksregistret via SCB. Dessa gäller dock brukningsenheten inte det enskilda provtagna fältet. I omdrev 3 har vi samlat in uppgifter om brukning av det enskilda provtagna fältet. År 2011 fylldes frågeformuläret i på papper, i de följande delprovtagningarna har det gjorts i en datorapplikation. I de flesta fall har insamlandet av dessa data till synes fungerat bra. Vi har fått in svar från praktiskt taget alla lantbrukare. Dock har det i några fall saknats svar på vissa frågor och svar på följdfrågor har inte varit logiska. En del av detta har gått att utreda i efterhand, men i en del fall har osäkra uppgifter raderats databasen.

Resultat och diskussion

Mineraljordart

Vilken jordart marken på provplatserna har, är viktig för tolkningen av miljöövervakningsdata i modellering. Mineraljordarten bestäms av jordmaterialets kornstorleksfördelning och förändras inte inom överskådlig tid och analyseras därför bara en gång per provplats. För de fasta provpunkter som ingår i programmet från och med omdrev 2 utfördes kornstorleksanalys av matjorden i det förra omdrevet. I samband med omdrev 3 har kompletterande analyser av matjordsprov från provpunkter som ersätter de som fallit bort i omdrev 2 utförts. Dessutom har kornstorleksanalys utförts på alvprover från alla provpunkter som ingått i omdrev 3. Statistik över jordarterna i de mat- och alvjordar som provtogs i omdrev 3 framgår av tabell 1. En tredjedel av matjordarna klassas som lerig sand/lerig mo. En tredjedel klassas som lättlera/mellanlera. För alven var det färre jordar som hamnar i dessa mellanklasser och fler som antingen hade mycket låga eller mycket höga lerhalter. Den genomsnittliga lerhalten i matjorden var 24 % att jämföras med 27 % i alven.

Tabell 1. Antal och procentuell andel jordar inom varje jordartsklass i matjord (n=1916) respektive alv (n=1898). Data saknas för ett antal jordar på grund av otillräcklig provmängd eller för hög halt av organiskt material.

Table 1. Number and fraction (% of topsoils (n=1916) and subsoils (n=1898)) within each soil texture class. Data are lacking for a number of soils due to lack of samples or to excessive organic matter content.

Jordart	Matjord			Alv		
	Antal	% av alla jordartsklasser	% av lerhaltsklasser	Antal	% av alla jordartsklasser	% av lerhaltsklasser
<u>lerfri sand</u>	3	<1	} <1	21	1	} 3
<u>lerfri mo</u>	1	<1		42	2	
<u>lerfri mjäla</u>	0	0		1	<1	
<u>svagt lerig sand</u>	55	3	} 6	102	5	} 13
<u>svagt lerig mo</u>	57	3		151	8	
<u>svagt lerig mjäla</u>	1	<1		4	<1	
<u>lerig sand</u>	226	12	} 34	117	6	} 21
<u>lerig mo</u>	403	21		254	13	
<u>lerig mjäla</u>	21	1		27	1	
<u>sandig lättlera</u>	48	3	} 20	31	2	} 15
<u>moig lättlera</u>	258	13		171	9	
<u>mjällig lättlera</u>	74	4		74	4	
<u>mellanlera</u>	443	23	23	342	18	18
<u>styv lera</u>	279	15	15	396	21	21
<u>mycket styv lera</u>	47	2	2	165	9	9

pH, kalkhalt och organiskt material

80 % av jordarna som analyserades i omdrev 3 hade ett pH i intervallet 5,6 – 7,1 (tabell 2). pH-värdet har legat väldigt stabilt över alla omdreven (tabell 3). Medelvärdet för pH ligger en tiondel lägre (6,3 mot 6,4) än motsvarande värden i Jordbruksverkets nationella kartering som utfördes på nära 12 600 punkter 2011-2012 (Djodjic, 2015). Jordbruksverkets kartering innefattade inte Norrlandslänen så siffran ovan från Åkermarksinventeringen är justerad för detta.

I Rekommendationer för gödsling och kalkning (Jordbruksverket, 2019) anges mål-pH för olika jordar ganska detaljerat i en matris med olika ler- och mullhaltsintervall. Mål-pH ökar med sjunkande mullhalt och ökande lerhalt från som lägst 5,0 i sandig mulljord till som högst 6,5 i en styv lera med upp till 6 % i mullhalt. Om man jämför uppmätt pH med dessa mål-pH hade 51 % av de jordar vi kunde bestämma lerhalt på ett pH lägre än det rekommenderade värdet. I Jordbruksverkets rekommendationer anges också att kalkning bör ske om pH-värdet understiger det rekommenderade med 0,3-0,5 enheter. 35 % av det totala antalet jordar hade ett pH som låg 0,3 enheter eller mer under mål-pH för aktuell jordart. Av dessa hade 13 % ett pH som låg mer än 0,5 enheter under mål-pH. Den sista gruppen innefattar förmodligen många fält som sällan eller aldrig kalkas.

Nitton % av jordarna innehöll påvisbara mängder karbonatkalk. Endast drygt 5 % innehöll mer än 1 % CaCO₃. I hur många fall kalkförekomst innebär att jorden innehåller naturligt kalk och i hur många fall det beror på att jorden nyligen kalkats

Tabell 2. pH (H₂O), karbonatinnehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter, organiskt kol, totalkväve och totalsvavel samt beräknad halt organiskt material och C/N-kvot i matjord. Statistik för omdrev 3.

Table 2. pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, organic carbon, total nitrogen, total sulphur and calculated organic matter content and C/N ratio in the topsoil. Statistics for sampling series 3.

	pH	CaCO ₃	C	N	S	Org. m.	C/N
		% ts	% ts	% ts	% ts	% ts	
Antal	2030	2030	2030	2030	2029	2030	2030
Min	4,4	0,00	0,5	0,06	0,005	0,8	5
Max	8,5	73	53	3,7	1,5	91	50
Medelvärde	6,2	0,43	4,1	0,31	0,055	7,1	13
Stdav.	0,6	3,0	6,2	0,38	0,10	11	2
Percentiler:							
5 %	5,4	0,00	1,4	0,12	0,018	2,4	10
10 %	5,6	0,00	1,6	0,13	0,020	2,7	10
25 %	5,8	0,00	2,0	0,17	0,025	3,4	11
50 %, medianv.	6,2	0,00	2,6	0,21	0,032	4,5	12
75 %	6,6	0,00	3,5	0,29	0,042	6,0	13
90 %	7,1	0,18	5,6	0,43	0,070	9,7	15
95 %	7,6	1,1	10	0,74	0,14	18	17

är svårt att bedöma. Under den aktuella perioden har kalkgivan på jordar som kalkats legat på ungefär 2 ton CaO/ha i genomsnitt (SCB, 2017) vilket motsvarar 4 ton kalk (CaCO₃) ha. Denna kalkmängd motsvarar i sin tur ca 0,15 % CaCO₃ i en 20 cm djup matjord.

Jämförelse av medelvärden mellan omdreven tyder på små förändringar i kalkinnehållet över tiden (tabell 3). Den väldigt skeva fördelningen där merparten av jor-

Tabell 3. pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter, organiskt kol, totalkväve och totalsvavel samt beräknad halt organiskt material och C/N-kvot i matjord. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 3. pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, organic carbon, total nitrogen, total sulphur and calculated organic matter content and C/N ratio in the topsoil. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:del- provtag. (år)	Antal	pH	CaCO₃ % ts	C % ts	N % ts	S % ts	Org. m. % ts	C/N
<i>Medelvärde</i>								
1:1 (1988)	340 ¹	6,2	0,45	3,4	0,28	0,045	5,9	11
1:2 (1992-97)	2805 ¹	6,3	0,42	3,7	0,30	0,048	6,3	11
2:1 (2001)	495	6,3	-	4,4	0,39	0,062	7,5	9
2:2 (2003)	512	6,3	-	4,0	0,32	0,049	6,9	11
2:3 (2005)	505	6,3	0,45	3,9	0,30	0,058	6,7	12
2:4 (2007)	518	6,2	0,36	4,2	0,31	0,054	7,2	13
3:1 (2011)	465	6,3	0,63	4,0	0,30	0,056	6,9	13
3:2 (2013)	646	6,2	0,28	4,1	0,30	0,051	7,0	13
3:3 (2015)	443	6,3	0,48	4,1	0,31	0,057	7,1	12
3:4 (2017)	476	6,3	0,38	4,2	0,31	0,055	7,2	12
<u>Omdrev 1</u>	3145 ¹	6,3	0,43	3,6	0,30	0,047	6,3	11
<u>Omdrev 2</u>	2034	6,3	0,40	4,1	0,33	0,056	7,1	11
<u>Omdrev 3</u>	2030	6,2	0,43	4,1	0,31	0,055	7,1	13
<i>Medianvärde</i>								
1:1 (1988)	340 ¹	6,1		2,2	0,21	0,030	3,9	10
1:2 (1992-97)	2805 ¹	6,3		2,4	0,22	0,031	4,1	10
2:1 (2001)	495	6,2		2,4	0,27	0,027	4,1	9
2:2 (2003)	512	6,3		2,5	0,24	0,030	4,3	10
2:3 (2005)	505	6,3		2,4	0,21	0,033	4,2	12
2:4 (2007)	518	6,1		2,6	0,22	0,032	4,5	12
3:1 (2011)	465	6,2		2,5	0,20	0,029	4,3	12
3:2 (2013)	646	6,1		2,8	0,22	0,032	4,8	13
3:3 (2015)	443	6,1		2,5	0,22	0,032	4,4	12
3:4 (2017)	476	6,2		2,6	0,21	0,032	4,5	12
<u>Omdrev 1</u>	3145 ¹	6,3		2,4	0,22	0,031	4,1	11
<u>Omdrev 2</u>	2034	6,2		2,5	0,24	0,030	4,3	11
<u>Omdrev 3</u>	2030	6,2		2,6	0,21	0,032	4,5	12

¹ enstaka värden saknas för en del variabler

darna innehåller ingen eller väldigt lite kalk gör att enstaka höga värden kan höja medelvärdet påtagligt. Detta är troligen en förklaring till att medelhalterna varierar ganska mycket mellan delprovtagningarna. I omdrev 2:1 och 2:2 var det också problem med analyserna så medelvärdet för omdrev 2 baseras bara på data från 2005 och 2007.

Användningen av kalkningsmedel till jord- och trädgårdsbruk har legat på samma förhållandevis låga nivå som i omdrev 2 (Jordbruksstatistisk årsbok, 2009; SCB, 2017). Den genomsnittliga årliga tillförseln under omdrev 3 har legat på ca 50 kg CaO/ha vilket kan jämföras med den traditionella uppfattningen att det genomsnittliga behovet är ca 150 kg CaO per år för att upprätthålla 70 % basmättnadsgrad vilket motsvarar ett pH på 6,0 - 6,5 (Haak, 1991). Att pH och kalktillstånd ändå ligger så stabilt över tiden kan, som diskuteras ganska ingående redan i rapporterna från tidigare omdrev, ha flera förklaringar. I en lite surare jord är förlusten av alkalinitet genom utlakning mindre och vittringen som förbrukar sura vätejoner är lite snabbare än i en jord med nära neutralt pH. Ett kalkbehov av storleksordningen 150 kg CaO per år enligt ovan avser en situation där pH kontinuerligt hålls på nivån 6,0-6,5. I en surare jord krävs det mindre kalk för att hålla en låg men ändå stabil pH-nivå. Mindre nedfall av försurande luftföroreningar än tidigare kan också vara en bidragande orsak till stabilt pH trots mindre omfattande kalkning.

Den genomsnittliga halten organiskt material, här beräknad från organiskt kol med hjälp av den s.k. van Bemmelen-faktorn 0,58 (bygger på antagande om 58 % kol i markens organiska material), ökade en halv enhet mellan omdrev 1 och 2, men förändrades inte mellan omdrev 2 och 3 (tabell 3). Medianvärdet ger en lite annorlunda bild med en mer gradvis stigande trend över omdreven. Skillnaden beror på en minskning av antalet provplatser med 2-4 % mullhalt och en motsvarande ökning av antalet provplatser med högre mullhalt, framförallt i intervallet 6-9 %, men också i viss grad vid ännu högre mullhalter (tabell 4). Medelvärdet är väldigt

Tabell 4. De i omdrev 3 undersökta jordarnas procentuella fördelning över olika mullhaltsintervall.
Table 4. Distribution of the soils analysed in sampling series 3 into different percentage organic matter content classes.

Mullhalts- intervall	Procent inom varje mullhaltsintervall		
	Omdrev 1	Omdrev 2	Omdrev 3
<2 %	3	3	1
2-3 %	20	17	15
3-4 %	26	24	23
4-5 %	20	19	21
5-6 %	12	12	15
6-9 %	10	14	14
9-12 %	2	3	3
12-20 %	3	3	4
20-40 %	2	2	2
>40%	2	3	3

känsligt för frekvensen av höga värden eftersom halten organiskt material marken är väldigt snedfördelad. De flesta jordar har halter kring medianvärdet, medan enstaka torvjordar kan ha upp till mer än 20 ggr högre halter. Medelvärden påverkas därför påtagligt av hur många sådana jordar som råkar komma med i urvalen i respektive omdrev. Medianvärdet är därför i detta fall det som bäst speglar något slags genomsnittligt tillstånd i åkermarken bättre än det faktiska medelvärdet.

Medelhalten av organiskt material var ca 0,5 % högre än den var i Jordbruksverkets nationella kartering (Djordjic, 2015). Författaren anger olika andel av mer eller mindre rent organogena jordar som en möjlig orsak till skillnaden mellan undersökningarna. En annan faktor kan vara att halten organiskt material bestämts med olika metoder. Här baserat på kolhalt; i Jordbruksverkets kartering baserat på bestämning av glödningsförlust.

I en studie av trender i kolupplagring i svensk åkermark utförd på data från Åkermarkskarteringen från 1988-2013 förklarade Popleau m.fl., (2015) den ovan redovisade ökningen av kolhalt/organiskt material i marken med en ökning av andelen vall i växtföljden. Denna ökning kopplade författarna till ökat antal ridhästar, EU-bidrag för att lägga åkermark i grön träda och i viss grad till ökad andel ekologisk odling.

Det organiska materialet innehåller oftast merparten av markens kväve och svavel. Halten av dessa ämnen samvarierar därför generellt med halten av organiskt kol (tabell 3). C/N-kvoten var lite högre i omdrev 3 än tidigare men ligger i medeltal nära 10 vilket är den typiska kvoten i väl omsatt organiskt material som mestadels utgör merparten av det organiska materialet i en åkerjord.

Utbytbara katjoner, katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad

Av kostnadsskäl bestämdes att analys av utbytbara katjoner i omdrev 3 bara skulle genomföras på prov med pH 7,0 eller lägre. Det innebär att det blir fokus på mark som är mer eller mindre försurad. Katjonbyteskapaciteten (CEC) är ett mått på hur många negativa laddningar markpartiklarna har och deras förmåga att binda utbytbara katjoner. I jordbruket bestämmer man traditionellt den katjonbyteskapacitet som en jord har om dess pH är 7. Om pH är lägre än 7 är den verkliga CEC mindre eftersom en del av markpartiklarnas negativa laddningar då neutraliseras genom att de binder vätejoner (H^+). Basmättnadsgraden är ett mått på hur många av de katjoner (positivt laddade joner) som binds elektrostatiskt till de negativt laddade markpartiklarnas som är s.k. baskatjoner, Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ och Na^+ . Den basmättnadsgraden som anges här är relaterad till CEC-pH 7 och är definitionsmässigt 100 % om jordens pH är 7. Om jordens pH är lägre är också basmättnadsgraden lägre än 100 %, dels på grund av att färre baskatjoner kan bindas när vätejoner blockerar de negativa laddningarna såsom beskrivet ovan, dels för att sjunkande pH också innebär

en ökande andel lösligt Al^{3+} som kan konkurrera ut baskatjonerna från de negativa laddningsställena. Eftersom baskatjonerna är växtnäringssämnen innebär lågt pH därför att det kan bli brist på något av dessa ämnen om CEC är litet.

I tabell 5 har data över mängden baskatjoner, CEC och basmättnadsgrad i omdrev 3 sammanställts. Eftersom proverna med de högsta pH-värdena inte analyserats går det inte att jämföra dessa siffror med dem som presenterats i rapporterna över tidigare omdrev. Att det är en ganska stor skillnad mellan medel- och medianvärden för katjonbyteskapaciteten beror på att torvjordar påtagligt höjer medelvärdet eftersom humuspartiklar har mycket stor CEC.

I tabell 6 har statistiken för data från tidigare omdrev räknats om så att bara prover med pH 7 eller lägre jämförs. Markens aciditet bestämdes med en annan metod i omdrev 1, vilket innebär att jämförelsen för CEC-pH 7 och basmättnadsgrad bara innefattar omdrev 2 och 3. Mängden utbytbar Ca och titrerbar aciditet ($\text{H}^+ + \text{Al}^{3+}$) i de aktuella jordarna tenderade att vara högre i omdrev 3 än i omdrevet innan, men det speglar i första hand att CEC också var högre. Katjonbyteskapaciteten är inget som förändras snabbt eftersom den styrs av lerhalt och halt organiskt material, så denna ändring beror nog mest på förändringar av urval av provpunkter mellan omdreven. Medianvärdena för mängd baskatjoner och basmättnadsgrad tyder liksom pH på en ganska stabil situation när det gäller åkermarken som helhet. Om basmättnadsgraden räknas om med antagandet att den är 100 % på de jordar som inte analyserats, blir den genomsnittliga basmättnadsgraden i alla jordar 69 %. I omdrev 2 var motsvarande värde 70 %.

Tabell 5. Utbytbara katjoner, titrerbar aciditet och katjonbyteskapacitet (CEC pH 7) och basmättnadsgrad (BS). Statistik för jordar med pH 7 eller lägre i omdrev 3.

Table 5. Exchangeable cations and titratable acidity, cation exchange capacity and degree of base saturation. Statistics for soils with pH 7 or lower in sampling series 3.

	Ca	Mg	K	Na	Tit. acid.	CEC- pH7	BS- pH7 % ts
	cmol _c /kg ts						
Antal	1805	1805	1805	1805	1805	1805	1805
Min	0,2	0,02	0,01	<0,01	0,0	3,0	5
Max	220	12	3,9	3,3	96	250	100
Medelvärde	12	1,5	0,35	0,12	7,0	21,1	65
Stdav.	16	1,4	0,29	0,12	9,5	22,5	19
Percentiler:							
5 %	2,1	0,17	0,07	0,03	1,4	7,5	28
10 %	3,1	0,26	0,10	0,04	1,9	8,6	36
25 %	5,4	0,48	0,17	0,06	3,5	11,6	52
50 %, medianvärde	8,8	0,93	0,29	0,09	5,1	15,5	67
75 %	14	2,0	0,44	0,14	6,8	21,6	80
90 %	21	3,3	0,64	0,21	9,8	32,2	87
95 %	29	4,3	0,79	0,26	17	47,3	91

Tabell 6. Utbytbara katjoner, titrerbar aciditet samt katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad vid pH 7 i jordar med faktiskt pH lägre än 7,0. Jämförelse mellan omdrev.

Table 6. Exchangeable cations and titratable acidity, cation exchange capacity and degree of base saturation. Comparison between sampling series.

Omdrev	Antal	pH	Ca	Mg	K	Na	Titration acid.	CEC-	BS-
			cmol _c /kg ts						pH7
<i>Medelvärde</i>									
<u>Omdrev 1</u>	2704	6,1	11,6	1,4	0,34	0,08	-	-	-
<u>Omdrev 2</u>	1836	6,1	11,8	1,4	0,34	0,10	6,2	19,8	67
<u>Omdrev 3</u>	1805	6,1	12,2	1,4	0,35	0,12	6,9	21,0	66
<i>Medianvärde</i>									
<u>Omdrev 1</u>	2704	6,2	8,8	0,90	0,31	0,07	-	-	-
<u>Omdrev 2</u>	1836	6,2	8,5	0,88	0,29	0,07	4,5	14,3	70
<u>Omdrev 3</u>	1805	6,1	8,8	0,93	0,29	0,09	5,1	15,5	68

Fosfor- och kaliumtillstånd

Tabell 7 redovisar resultatet för rubricerade variabler i omdrev 3. Värdena för P-AL och K-AL ligger på samma nivå som dem i Jordbruksverkets nationella kartering (Djordjic, 2015) när Norrlandslänen räknats ifrån. Nytt för omdrev 3 är att också analys av Al och Fe gjordes på AL-extrakten för att kunna beräkna fosformättnadsindex.

Tabell 7. Ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor, kalium, aluminium och järn, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS). Statistik för omdrev 3.

Table 7. Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus, potassium, aluminium and iron, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation. Statistics for sampling series 3.

	P-AL	K-AL	Al-AL	Fe-AL	P-HCl	K-HCl	DPS-AL
	mg/100 g lufttorrt prov						%
Antal	2030	2030	2030	2030	2030	2030	2030
Min	0,8	1,5	2,6	3,3	21	16	1,1
Max	98	160	360	450	350	720	367
Medelvärde	7,8	12,6	38	40	78	202	18
Stdav.	7,1	9,5	31	40	30	150	27
Percentiler:							
5 %	2,0	3,3	10	10	43	34	2,4
10 %	2,3	4,3	14	13	48	42	3,1
25 %	3,5	6,7	19	19	58	78	5,3
50 %, medianv.	5,8	11,0	28	29	71	160	10
75 %	9,6	16,0	47	47	89	290	22
90 %	15,1	22,0	73	72	120	420	38
95 %	20,0	28,0	90	96	136	500	57

En eventuell tidstrend i markens fosfortillstånd är svårt att fastställa av mättekniska skäl. I andra omdrevet var de uppmätta medelhalterna av AL- och HCl-löslig fosfor 10-15 % lägre än i första omdrevet (tabell 8). Det fanns dock också en motsvarande skillnad i kontrollproverna som indikerade att denna minskning kan vara en artefakt (Eriksson m. fl., 2010). De anlidade laboratorierna har svårt att hålla en konstant mätnivå över tiden. I omdrev 3 tenderar åkermarkens P-AL-värden att vara något lägre än i omdrevet innan (tabell 8). Samtidigt antyder kontrollproverna att

Tabell 8. Ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor, kalium, aluminium och järn samt saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 8. Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus, potassium, aluminium and iron, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:del- provtagning. (år)	Antal	mg/100 g lufttorrt prov					
		P-AL	K-AL	Al-AL	Fe-AL	P-HCl	K-HCl
<i>Medelvärde</i>							
1:1 (1988)	340 ¹	11,2	-	-	-	92	-
1:2 (1992-97)	2798 ¹	10,1	-	-	-	80	-
2:1 (2001)	495	7,7	11,5	-	-	63	170
2:2 (2003)	512	8,3	14,5	-	-	79	170
2:3 (2005)	505	8,6	11,3	-	-	72	180
2:4 (2007)	518	8,1	12,1	-	-	67	170
3:1 (2011)	465	7,4	13,8	37	41	80	200
3:2 (2013)	646	7,1	12,1	39	43	78	190
3:3 (2015)	443	8,7	11,9	37	37	76	210
3:4 (2017)	476	8,4	12,7	38	37	77	210
<u>Omdrev 1</u>	3148 ¹	10,2	-	-	-	82	-
<u>Omdrev 2</u>	2034	8,2	12,4	-	-	70	170
<u>Omdrev 3</u>	2030	7,8	12,6	38	40	78	200
<i>Medianvärde</i>							
1:1 (1988)	340 ¹	9,3	-	-	-	75	-
1:2 (1992-97)	2798 ¹	7,9	-	-	-	74	-
2:1 (2001)	495	6,0	9,6	-	-	58	130
2:2 (2003)	512	5,8	12,0	-	-	72	120
2:3 (2005)	505	6,3	9,5	-	-	65	140
2:4 (2007)	518	5,9	10,6	-	-	60	120
3:1 (2011)	465	5,8	11,0	27	29	74	160
3:2 (2013)	646	5,0	10,0	29	32	72	150
3:3 (2015)	443	6,5	10,0	26	27	70	170
3:4 (2017)	476	6,5	11,0	28	29	69	180
<u>Omdrev 1</u>	3148 ¹	8,1	-	-	-	74	-
<u>Omdrev 2</u>	2034	6,0	10,4	-	-	64	130
<u>Omdrev 3</u>	2039	5,8	11,0	28	29	71	160

¹ enstaka värden saknas för en del variabler

mättnivån var en aning högre än i omdrev 2 (bilaga 1, tabellerna 32 och 33), vilket kan innebära att faktisk trend med sakta sjunkande P-AL-värden föreligger.

Åkermarkens halt av HCl-lösligt P var däremot i medeltal högre i omdrev 3 än i omdrev 2. Denna skillnad motsvaras av i stort sett lika stor höjning av mättnivån (bilaga 1, tabellerna 32 och 33), vilket skulle innebära att den verkliga halten inte förändrats. Även ökningen i P-HCl mellan omdrev 1 och 2 tolkades som en artefakt i Eriksson m. fl. (2010) eftersom den motsvarades av en lika stor förändring av mättnivån. Detta antyder att den verkliga P-HCl-nivån inte förändrats nämnvärt över de tre omdreven.

I rapporten från förra omdrevet (Eriksson m. fl., 2010) redovisades siffror som visade att den totala fosfortillförseln till åkermarken minskade från 41 000 ton per år 1995 till 33 000 ton per år 2007. En egen beräkning baserad på tillgänglig statistik antydde också att en balans mellan tillförsel och bortförsel uppnåddes i början på 2000-talet. Den bilden stämmer i stort också med data i SCB (2018). Om vi antar att siffran 33 000 ton ovan motsvarar balans mellan tillförsel, så innebär det att det tillfördes ca 8 000 ton mer fosfor (41 000-33 000) än vad som bortfördes år 1995. Om vi sedan tänker oss att nedtrappningen till balans skedde linjärt från 1995 och 10 år framåt blir det genomsnittliga nettotillskottet 4 000 ton per år, dvs ca 40 000 ton P totalt. Detta motsvarar omkring 1 % av den totala mängden P-HCl i hela åkermarken (i storleksordningen 4-5 miljoner ton ned till 20 cm djup). Från 2011 till 2016 har fosfortillskottet till åkermarken som helhet legat på en nivå kring 31 000 ton enligt beräkning baserad på den genomsnittliga tillförseln av P per ha, vilket innebär att något mindre P tillförs än vad som förs bort (SCB, 2018). Kopplat till beräkningen ovan innebär det att något mindre än 40 000 ton P ha skulle ha tillförts från 1995 till den period omdrev 3 innefattar. Denna mängd motsvarar en förändring för liten för att kunna påvisas i denna typ av undersökning, så det är rimligt att den faktiska P-HCl-nivån inte tycks ha förändrats nämnvärt över de tre omdreven.

AL-löslig fosfor utgör ca en tiondel av HCl-lösligt, så för den variabeln är det mer sannolikt att en påvisbar förändring kan uppstå under det undersökta tidsintervallet om balansen mellan tillförsel och bortförsel ändras. Mängden AL-löslig fosfor tenderar att minska med sjunkande pH på grund av att bindningen till Al- och Fe-oxider ökar. Eftersom pH-nivån inte förändrats nämnvärt mellan omdreven har denna faktor troligen inte påverkat P-AL-värdena särskilt mycket under den aktuella tidsperioden. Sänkningen av P-AL mellan första och tredje omdrevet kan därför vara ett tecken på en nedåtgående trend som beror på minskande P-tillförsel. Påpekas bör att medelvärde för omdrev 1 enligt kontrollproverna (bilaga 1) förmodligen är någon upp till en enhet för högt relativt värdena från senare omdrev. Med tanke på att flödet är ganska litet i förhållande till poolen och variationen i mättnivå mellan analystillfällen så krävs mer tid eller ännu större förändringar av tillförsel än nu innan det slår igenom i en tydlig förändring av P-AL-nivå.

Också halterna av järn och aluminium bestämdes i AL-extraktet med syftet ta fram fosformättnadsgraden (DPS) som är kvoten $P/(Al + Fe)$ i AL-extraktet beräknad på molbasis och uttryckt som procent. Den har visat sig kunna ge en grov skattning av halten fosfor löst i dräneringsvatten från jordbruksmark (Ulén, 2006). Bakgrunden till detta förhållande är som berörts ovan att oxider och hydroxider av aluminium och järn har förmåga att binda fosfor i mindre löslig form och att en högre fosformättnadsgrad i marken därför motsvaras av en högre jämviktskoncentration av löst fosfor i markvätskan. Medelvärdet för DPS var 18 % och medianen ligger på 10 % vilket innebär att enstaka väldigt höga värden drar upp medelvärdet (tabell 7). I stort sett samma värden kan beräknas från Jordbruksverkets nationella kartering (Paulsson, m.fl., 2015). Analys av 12 598 matjordsprov gav ett medelvärde på 16,2 och ett medianvärde på 9,3 %. I Paulsson, m.fl. (2015) konstaterades att fosforbindningskapaciteten (Al-AL+ Fe-AL) på molbasis var låg i Skånes slättbygder, på Öland och Gotland, i västra Östergötland och norra Uppland. Fosformättnadsgraden indikerade förhöjd risk för läckage i samma landsdelar. För närvarande finns inte tillräckligt med underlag för att mer exakt bedöma hur stor risk för fosforförlust som dessa värden indikerar (Karin Blombäck, SLU, pers. medd.). Bland annat bör det som Djodjic (2015) framhåller tas med i beräkningen att bindningskapaciteten i alven också spelar roll och att fosfor också kan bindas till Ca i kalkrika jordar. Jordarna i de områden som räknas upp ovan är ofta kalkhaltiga.

Både K-AL- och K-HCl-talen var koncentrerade mot mitten av skalan (klass 3 i en skala från 1-5) för markkarteringsklasser enligt Jordbruksverket (2019).

Den genomsnittliga nivån för K-AL har inte förändrats nämnvärt mellan omdrev 2 och 3. Mätnivån har också varit stabil (bilaga 1, tabellerna 32 och 33). K-HCl nivån var däremot högre i omdrev 3 än i omdrev 2 (tabell 8). Detta sammanfaller med en viss ökning i kontrollprovernas nivå (bilaga 1, tabellerna 32 och 33), så förmodligen har inte heller K-HCl-värdena ändrats nämnvärt. Att K-AL-värdena inte förändras tyder på att förluster genom bortförslut via skördeuttag och utlakning ganska exakt ersätts genom gödsling. I styvare lerjordar är det i hög grad vittring av lermineralet illit som balanserar kaliumförlusterna.

Spårelement i matjorden

I tabellerna 9a och 9b redovisas statistik över spårelementhalterna i de drygt 2000 matjordsproverna från omdrev 3.

Redovisningen av spårelementhalter som uppmätts i matjorden i olika provtagningsomgångar i tabellerna 10a och 10b visar på en väldigt stabil situation. Eftersom medelvärden är väldigt känsliga för enstaka höga halter (som i värsta fall kan bero på att proven förorenats på väg från fält till laboratoriet) är det lämpligt att i första hand jämföra medianvärden. Haltskillnaderna mellan omdreven är i de

flesta fall små och om man jämför de olika analysomgångarna ser man ingen entydig trend. För många ämnen finns en variation i mätnivån som påverkar variationen i uppmätta halter mellan analysomgångar (bilaga 1, tabellerna 34 och 35).

Den ökning av halterna av ämnen som Pb, Cd och Zn under 1900-talet som indikerades av budgetberäkningar i Andersson (1992) tycks ha avstannat. Att haltök-

Tabell 9a. Spårelementhalter (mg/kg ts) i matjord. Statistik för omdrev 3.

Table 9a. Trace element concentrations (mg/kg DM) in topsoil. Statistics for sampling series 3.

	As	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Hg	Mn
Antal	2029	2029	2029	2029	2029	2029	2029	2029
Min	0,3	0,04	0,3	1	0,13	2	<0,02	19
Max	71	4,1	32	104	15	190	0,57	6287
Medelvärde	4,3	0,23	6,4	21	2,4	15	0,054	440
Stdav.	4,6	0,25	4,3	14	1,6	12	0,046	380
Percentiler:								
5 %	1,2	0,09	1,2	5	0,52	4,2	0,023	97
10 %	1,5	0,10	1,8	6	0,71	5,3	0,027	13
25 %	2,1	0,13	3,1	10	1,11	7,8	0,033	220
50 %, medianv.	3,5	0,18	5,5	17	2,0	12	0,043	350
75 %	5,1	0,25	9,0	28	3,5	20	0,056	560
90 %	6,9	0,37	12	43	4,7	30	0,080	790
95 %	9,2	0,52	14	49	5,4	37	0,12	990
Rapp. gräns ¹	0	0	0	0	0	0	17	0

¹ Antal prov med en halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 9b. Spårelementhalter (mg/kg ts) i matjord. Statistik för omdrev 3, fortsättning.

Table 9b Trace element concentrations (mg/kg DM) in topsoil, continued

	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	V	Zn
Antal	2029	2029	2029	2029	2028	2029	2028
Min	<0,1	0,7	3	<0,08	4	2	5
Max	73	158	420	5,9	150	260	560
Medelvärde	1,4	13	17	0,33	26	34	61
Stdav.	4,5	10	13	0,40	16	20	35
Percentiler:							
5 %	0,2	2,3	8	0,09	8	11	20
10 %	0,2	3,0	9	0,11	10	14	26
25 %	0,4	5,6	12	0,16	15	20	37
50 %, medianv.	0,6	10	16	0,23	23	31	55
75 %	1,1	17	21	0,34	32	45	77
90 %	2,0	25	26	0,53	41	58	99
95 %	3,7	30	29	0,87	48	68	113
Rapp. gräns ¹	4	0	0	25	0	0	0

¹ Antal prov med en halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

ningen av de flesta spårelementen avstannat bekräftas också av en senare uppdatering av Andersons beräkningar (Knutson, 2011). Detta beror på att tillförseln begränsats genom rening av rökgaser från industri och värmeanläggningar, gränsvärden för tillåtna halter i slam och andra miljöåtgärder.

Det ämne vars halt ökat mest enligt Anderssons (1992) beräkningar var Hg. Från omdrev 2 har vi inga tillförlitliga data över Hg, men resultatet antyder att halten kan ha ökat mellan omdrev 1 och omdrev 3. Knutson (2011) förutsåg en viss fortsatt ökning av halten Hg på växtodlingsinriktade gårdar motsvarande 3 % på hundra år. Skillnaden i medel- och medianvärden mellan omdrev 1 och 3 var dock 20-25 %. Så det är säkrast att avvakta till nästa omdrev innan några slutsatser om Hg dras. En motsvarande haltökning med 2 % på hundra år förutsågs för Pb, men för detta ämne syns ingen entydig trend i data i tabell 10b.

När det gäller de undersökt spårelement som är mikronäringsämnen för växter (Cu, Mn, Mo, Ni och Zn) har det också diskuterats om uttag via ökade skördar utarmar markerna. Någon sådan effekt går inte att påvisa i de data som redovisas här. Hamnér m. fl. (2012) beräknade flöden av mikronäringsämnen i spannmålsodling och fann att nettoutflödet är för litet för att på kort sikt nämnvärt kunna påverka totalhalten. Störst relativt totalhalten är utflödet av Mo följt av Cu, och Zn. Baserat på medianhalten skulle det ta 160 år att minska Cu-halten med 10 % vid kontinuerlig spannmålsodling. För Mo redovisades siffran 90 år med brasklappen att data för utlakning saknas vilket innebär att den verkliga tidsrymden är kortare. För andra mikronäringsämnen antyder beräkningarna att det tar upp till 800 år för att minska totalhalten i motsvarande mån. Till detta kommer att beräkningarna avser matjord, medan upptag också kan ske från djupare markhorisonter och att beräkningarna avser spannmål som har mindre behov av näringsämnen än många andra grödor. Det förra verkar mot att förråden räcker längre det senare mot att de räcker kortare tid om det innebär en större bortförsel via skördeuttag. Även Kirchmann m. fl. (2013) konstaterade att nettoutflödet av mikronäringsämnen var litet i förhållande till totalhalten i marken när de studerade effekter på markegenskaper av olika gödslingsstrategier i två långliggande bördighetsförsök. Både Hamnér m. fl. (2012) och Kirchmann m. fl. (2013) påpekar dock att även om det tar tid innan en eventuell utarmning av de totala förråden kan påvisas är det inte otänkbart att de direkt växttillgängliga förråden kan ha minskat i sådan grad att det kan leda till brist, åtminstone på jordar med låg halt från början.

Flera av spårelementen är också essentiella för djur och av de här undersökta ämnena ingår Cu, Mn, Se och Co ofta i mineralfoder för nötkreatur. För gris verkar Se och Fe-tillskott vara vanligast. Mer om detta i avsnittet om hur driftsinriktning kan ha påverkat matjordens tillstånd.

En mer omfattande utvärdering av de för djur och/eller växter livsnödvändiga spårelementen Co, Cr, Cu, Mn, Mo, Ni and Zn baserat på data från omdreven 1 och 2

har gjorts i Eriksson m. fl. (2017). Syftet var att studera den geografiska variationen i halt i mark och gröda och hur den korrelerade med jordart och berggrundsgeologi samt att identifiera områden med möjlig brist eller överskott på dessa ämnen med avseende på växtodling och djurhållning och livsmedelsprodukternas kvalitet.

Utvärderingen visade högre halter än genomsnittet av Co, Cr, Cu, Ni och Zn i styva lerjordar. Spårelementhalterna tenderade att vara högre än genomsnittet i områden påverkade av alunskiffer och mafiska bergarter och lägre i områden påverkade av felsiska bergarter, sandsten and kalksten. Mafiska bergarter innehåller mer av

Tabell 10a. Spårelementhalter (mg/kg ts) i matjord. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 10a. Trace element concentrations (mg/kg DM) in topsoil. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:delprovtagning. (år)	Antal	As	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Hg	Mn
<i>Medelvärde</i>									
1:1 (1988)	330	4,0	0,24	6,4	20	2,6	14	0,042	410
1:2 (1992-97)	2776	4,0	0,23	6,4	21	2,5	15	0,043	430
2:1 (2001)	495	3,6	0,22	6,1	17	1,6	14	-	420
2:2 (2003)	512	4,4	0,26	6,7	22	2,8	15	-	460
2:3 (2005)	505	4,6	0,24	7,1	23	2,7	16	-	490
2:4 (2007)	518	4,5	0,23	6,7	21	2,5	15	-	470
3:1 (2011)	465	4,2	0,23	6,5	21	2,5	15	0,053	460
3:2 (2013)	646	4,7	0,23	6,4	22	2,4	16	0,058	430
3:3 (2015)	442	4,3	0,23	6,5	22	2,5	16	0,050	430
3:4 (2017)	476	4,0	0,24	6,3	19	2,2	15	0,052	430
<u>Omdrev 1</u>	3105	4,0	0,23	6,4	21	2,5	15	0,043	430
<u>Omdrev 2</u>	2030	4,3	0,24	6,7	21	2,4	15	-	460
<u>Omdrev 3</u>	2029	4,3	0,23	6,4	21	2,4	15	0,054	440
<i>Medianvärde</i>									
1:1 (1988)	330	3,2	0,20	5,9	18	2,2	11	0,037	350
1:2 (1992-97)	2776	3,3	0,19	5,5	17	2,1	11	0,036	350
2:1 (2001)	495	3,0	0,18	5,1	14	1,3	10	-	340
2:2 (2003)	512	3,6	0,20	5,7	19	2,5	11	-	370
2:3 (2005)	505	3,7	0,19	6,2	20	2,2	12	-	390
2:4 (2007)	518	3,4	0,16	5,4	17	2,0	11	-	370
3:1 (2011)	465	3,5	0,18	5,5	17	2,1	11	0,042	380
3:2 (2013)	646	3,6	0,17	5,5	19	2,2	12	0,045	340
3:3 (2015)	442	3,4	0,18	5,5	17	2,0	12	0,042	350
3:4 (2017)	476	3,2	0,19	5,3	16	1,8	11	0,042	350
<u>Omdrev 1</u>	3105	3,2	0,20	5,5	17	2,1	11	0,036	350
<u>Omdrev 2</u>	2030	3,4	0,18	5,6	18	1,9	11	-	370
<u>Omdrev 3</u>	2029	3,5	0,18	5,5	17	2,0	12	0,043	350

Tabell 10b. Spårelementhalter (mg/kg ts) i matjord. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev, fortsättning.

Table 10b. Trace element concentrations (mg/kg DM) in topsoil. Comparison between sub-samplings and sampling series, continued.

Omdrev:delprovtaggn. (år)	Mo	Ni	Pb	Se	Sr	V	Zn
<i>Medelvärde</i>							
1:1 (1988)	1,1	13	17	0,29	26	37	59
1:2 (1992-97)	1,3	13	17	0,32	26	36	59
2:1 (2001)	1,4	11	17	0,24	20	28	53
2:2 (2003)	1,4	13	19	0,30	26	38	59
2:3 (2005)	1,4	13	19	0,27	29	39	63
2:4 (2007)	1,7	13	18	0,35	27	37	60
3:1 (2011)	1,4	12	18	0,33	27	34	60
3:2 (2013)	1,5	13	17	0,32	24	34	63
3:3 (2015)	1,3	12	18	0,33	27	36	61
3:4 (2017)	1,4	12	16	0,34	25	34	57
<u>Omdrev 1</u>	1,3	13	17	0,31	26	36	59
<u>Omdrev 2</u>	1,5	13	18	0,29	26	36	59
<u>Omdrev 3</u>	1,4	13	17	0,33	26	34	61
<i>Medianvärde</i>							
1:1 (1988)	0,60	10	16	0,23	24	33	54
1:2 (1992-97)	0,63	10	16	0,24	24	32	54
2:1 (2001)	0,52	9	16	0,18	17	23	47
2:2 (2003)	0,65	11	16	0,23	24	34	52
2:3 (2005)	0,67	11	17	0,21	26	34	56
2:4 (2007)	0,68	10	17	0,24	25	32	54
3:1 (2011)	0,61	10	16	0,23	23	31	54
3:2 (2013)	0,67	11	15	0,23	22	32	58
3:3 (2015)	0,60	10	17	0,26	25	30	56
3:4 (2017)	0,56	10	15	0,23	23	31	52
<u>Omdrev 1</u>	0,63	10	16	0,24	24	32	54
<u>Omdrev 2</u>	0,63	10	17	0,21	23	31	52
<u>Omdrev 3</u>	0,62	10	16	0,23	23	31	55

mörka lättvittrade mineral vilket är bördighetshöjande. Större delen av Sveriges berggrund utgörs av felsiska granitiska bergarter som innehåller mer av ljusa svårvittrade mineral. Det svårt att se någon riktigt tydlig korrelation mellan halt i marken och berggrundsgeologi. En orsak till det svaga sambandet kan vara att jordmaterial kan ha transporterats långa sträckor av inlandsisen och dess smältvatten och att material av olika ursprung då blandats vilket medfört en svagare direkt koppling mellan den lokala berggrunden och markens egenskaper. Relativt glest med provpunkter i miljöövervakningsprogrammet gör det troligen också svårare att hitta eventuella samband.

Makronäringsämnen och spårelement i grödor

Omdrev 3

Halterna av makronäringsämnen i kärna låg på ungefär samma nivå i de tre grödorna höstvet, vårkorn och havre förutom att havre innehöll något mer Ca än de andra spannmålsslagen (tabellerna 11a-13a). Medelhalter och medianhalter var lika stora vilket sannolikt beror på att växterna i hög grad styr sitt upptag av dessa ämnen. Halterna blir därför normalfördelade.

Havre hade högst och korn lägst halter av de flesta av de spårelement som förekom i mätbara halter (tabellerna 11a-13b). För de för växter livsnödvändiga spårelementen Cu, Mn och Zn var medel- och medianhalter i stort sett desamma, vilket antyder normalfördelning. För likaledes livsnödvändiga Mo och Ni och för de andra spårelementen var detta ej fallet, utan de hade en fördelning med fler höga värden än vad som är fallet i en normalfördelning. För As, Co, Cr, Pb och V går det inte att jämföra grödor eftersom nästan alla halter låg under laboratoriernas rapporteringsgräns. I höstvet och vårkorn gällde det också för Cs.

Tabell 11a. Elementhalter (mg/kg ts) i höstvetekärna. Statistik för omdrev 3.

Table 11a. Concentrations of elements (mg/kg DM) in winter wheat grain. Statistics for sampling series 3.

	Ca	K	Mg	P	As	Cd	Co	Cr
Antal	248	248		247	248	248	248	248
Min	190	3300	810	2100	<0,05	0,008	<0,02	<0,05
Max	740	7200	1700	5700	<0,05	0,21	0,03	<0,05
Medelvärde	350	4700	1100	3600	<0,05	0,046	<0,02	<0,05
Stdav.	85	690	160	740	-	0,027	0,005	-
Percentiler:								
5 %	240	3780	910	2600	<0,05	0,016	<0,02	<0,05
10 %	250	3900	940	2800	<0,05	0,020	<0,02	<0,05
25 %	280	4200	1000	3100	<0,05	0,026	<0,02	<0,05
50 %, medianv.	330	4600	1100	3400	<0,05	0,042	<0,02	<0,05
75 %	400	5200	1200	4000	<0,05	0,059	<0,02	<0,05
90 %	460	5700	1300	4700	<0,05	0,079	<0,02	<0,05
95 %	500	5900	1400	4800	<0,05	0,088	<0,02	<0,05
Rapp. gräns ¹	0	0	0	0	248	0	242	248

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 11b. Elementhalter (mg/kg ts) i höstvetekärna, fortsättning.

Table 11b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in winter wheat grain, continued.

	Cs	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Antal	248	248	248	248	248	248	248	248	248
Min	<0,01	1,5	8	0,07	<0,05	<0,04	0,6	<0,01	13
Max	0,03	9,6	86	4,6	1,1	0,095	4,0	<0,01	61
Medelvärde	<0,01	4,0	26	0,50	0,17	<0,04	1,6	<0,01	25
Stdav.	0,004	1,0	9	0,44	0,15	-	0,6	<0,01	7
Percentiler:									
5 %	<0,01	2,5	13	0,15	<0,05	<0,04	0,8	<0,01	16
10 %	<0,01	2,9	15	0,17	<0,05	<0,04	1,0	<0,01	17
25 %	<0,01	3,4	21	0,23	0,075	<0,04	1,3	<0,01	20
50 %, medianv.	<0,01	3,9	26	0,38	0,13	<0,04	1,5	<0,01	25
75 %	<0,01	4,4	31	0,61	0,22	<0,04	1,8	<0,01	30
90 %	<0,01	5,1	37	0,98	0,37	0,047	2,4	<0,01	35
95 %	0,01	5,7	41	1,3	0,45	0,056	2,8	<0,01	38
Rapp. gräns ¹	233	0	0	0	33	204	0	248	0

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 12a. Elementhalter (mg/kg ts) i vårkornkärna. Statistik för omdrev 3.

Table 12b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in spring barley grain. Statistics for sampling series 3.

	Ca	K	Mg	P	As	Cd	Co	Cr
Antal	244	244	244	244	244	244	244	244
Min	200	3100	840	2300	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
Max	700	8600	1700	5700	0,076	0,087	0,026	0,07
Medelvärde	420	5500	1200	3800	<0,05	0,014	<0,02	<0,05
Stdav.	89	920	140	640	-	0,014	-	-
Percentiler:								
5 %	300	4100	950	3000	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
10 %	320	4500	980	3200	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
25 %	360	4900	1100	3400	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
50 %, medianv.	410	5400	1200	3700	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
75 %	470	6100	1200	4300	<0,05	0,020	<0,02	<0,05
90 %	530	6700	1300	4700	<0,05	0,031	<0,02	<0,05
95 %	580	7100	1300	5000	<0,05	0,045	<0,02	<0,05
Rapp. gräns ¹	0	0	0	0	242	122	242	242

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 12b. Elementhalter (mg/kg ts) i vårkornkärna, fortsättning.

Table 12b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in spring barley grain, continued.

	Cs	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Antal	244	244	244	244	244	244	244	244	244
Min	<0,01	1,3	4	0,07	<0,05	<0,04	0,5	<0,01	13
Max	0,036	10,8	29	3,7	0,48	0,09	4,6	0,011	75
Medelvärde	<0,01	3,9	13	0,60	<0,05	<0,04	1,8	<0,01	31
Stdav.	-	1,3	4	0,49	-	-	0,7	-	10
Percentiler:									
5 %	<0,01	2,2	7	0,15	<0,05	<0,04	0,9	<0,01	18
10 %	<0,01	2,4	8	0,19	<0,05	<0,04	1,0	<0,01	20
25 %	<0,01	3,1	10	0,30	<0,05	<0,04	1,3	<0,01	24
50 %, medianv.	<0,01	3,8	12	0,49	<0,05	<0,04	1,7	<0,01	29
75 %	<0,01	4,6	16	0,75	0,06	<0,04	2,1	<0,01	36
90 %	<0,01	5,5	19	1,2	0,09	0,05	2,6	<0,01	44
95 %	<0,01	6,1	21	1,5	0,13	0,06	2,9	<0,01	48
Rapp. gräns ¹	234	0	0	0	162	192	0	243	0

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 13a. Elementhalter (mg/kg ts) i havrekärna. Statistik för omdrev 3.

Table 13a. Concentrations of elements (mg/kg DM) in oat grain. Statistics for sampling series 3.

	Ca	K	Mg	P	As	Cd	Co	Cr
Antal	139	139	139	139	139	139	139	139
Min	430	2300	630	2000	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
Max	1300	34000	1560	5700	0,08	0,235	0,17	0,32
Medelvärde	740	5000	1170	3900	<0,05	0,019	<0,02	<0,05
Stdav.	180	2600	160	800	-	0,026	-	-
Percentiler:								
5 %	500	3300	850	2600	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
10 %	560	3800	990	3000	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
25 %	610	4400	1100	3300	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05
50 %, median	710	4900	1200	3800	<0,05	0,012	<0,02	<0,05
75 %	860	5300	1300	4500	<0,05	0,020	<0,02	<0,05
90 %	960	5800	1300	4900	<0,05	0,042	<0,02	<0,05
95 %	1100	5900	1400	5100	<0,05	0,064	0,027	<0,05
Rapp. gräns ¹	0	0	0	0	136	57	126	136

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Tabell 13b. Elementhalter (mg/kg ts) i havrekärna, fortsättning.

Table 13b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in oat grain, continued.

	Cs	Cu	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
Antal	139	139	139	139	139	139	139	139	139
Min	<0,01	1,4	16	0,13	<0,05	<0,04	0,5	<0,01	11
Max	0,093	8,0	105	9,1	6,9	0,39	7,0	0,62	72
Medelvärde	0,015	3,6	48	0,92	1,1	<0,04	2,5	<0,01	31
Stdav.	0,014	1,0	17	1,1	1,1	-	1,0	-	11
Percentiler:									
5 %	<0,01	2,3	20	0,18	0,16	<0,04	1,2	<0,01	18
10 %	<0,01	2,5	28	0,27	0,20	<0,04	1,5	<0,01	19
25 %	<0,01	2,9	37	0,43	0,48	<0,04	1,8	<0,01	23
50 %, medianv.	0,012	3,4	46	0,65	0,73	<0,04	2,2	<0,01	30
75 %	0,019	4,0	60	1,0	1,4	<0,04	3,0	<0,01	37
90 %	0,029	4,7	70	1,8	2,3	<0,04	3,5	<0,01	44
95 %	0,035	5,5	77	2,4	3,4	0,04	4,3	<0,01	51
Rapp. gräns ¹	62	0	0	0	1	129	0	137	0

¹ Antal prov med halt lägre än lägsta rapporteringsgräns

Jämförelse mellan omdrev

Jämförelsen mellan omdrev och provtagningsomgångar visar att halterna av makronäringsämnen och spårelement i kärna varierat mellan åren (tabellerna 14a – 16b). Detta beror huvudsakligen på variation i årsmånens påverkan på hur grödorna växer, men till viss del också på en viss svårighet att hålla jämn mätnivå vid analyserna (bilaga 2). Givet denna årsvariation bör eventuella skillnader i haltnivåer för olika ämnen mellan omdrev 1 och de två andra omdreven tolkas med en viss försiktighet. Omdrev 1 innefattar bara två provtagningsår för höstvetete och bara ett för vårkorn och havre, medan alla grödorna provtagits under 4 olika årtal både i omdrev 2 och 3. Det innebär att ett eventuellt enstaka år med en årsmån som ger markant högre eller lägre ämneshalter än normalt i grödan präglar de halter som rapporteras för hela omdrev 1, medan de fyra provtagningsstillfällena i vart och ett av de andra omdreven jämnar ut sådana årsmånensbetingade variationer. Ett exempel på detta är troligen de data för Mo som diskuteras nedan.

Kalcium- och magnesiumhalterna i vete- och havrekärna tycks ha en sjunkande trend mellan omdreven (tabellerna 14a och 16a), som inte beror på sjunkande mätnivå (bilaga 2). I vårkornkärna har Mg-halten på motsvarande sätt en sjunkande trend (tabell 15a).

Bland spårelementen finns en trend med sjunkande Cd-halt mellan omdreven både i korn (tabell 15a) och i havre (tabell 16a) som inte förklaras av instabil mätnivå. I vete finns däremot ingen tendens till sjunkande Cd-halt. Eftersom vårt intag av Cd via maten bör bli mindre vore en sjunkande trend i Cd-halt i denna viktiga livsmedelsgröda önskvärd.

Tabell 14a Elementhalter (mg/kg ts) i höstvetekärna. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 14a. Concentrations of elements (mg/kg DM) in winter wheat grain. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:del- provtag. (år)	Antal ¹	Ca	K	Mg	P	As	Cd	Co ³	Cr
<i>Medelvärde</i>									
1:1 (1988)	125	400	4900	1300	3800	<0,05	0,051	0,007	<0,05
1:2 (1995)	278	400	4700	1300	3700	<0,05	0,044	0,005	<0,05
2:1 (2001)	78	370	4300	1200	3800	<0,05	0,048	0,004	<0,05
2:2 (2003)	89	360	4800	1100	3600	<0,05	0,043	0,006	<0,05
2:3 (2005)	81	400	4800	1200	3900	<0,05	0,045	0,010	<0,05
2:4 (2007)	53	320	4800	1100	3400	<0,05	0,057	0,006	<0,05
3:1 (2011)	48	400	4900	1200	4200	<0,05	0,051	<0,005	<0,05
3:2 (2013)	43	540	6300	1600	4700	<0,05	0,060	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	76	310	4700	1100	3300	<0,05	0,037	0,003	<0,02
3:4 (2017)	81	300	4200	1000	3000	<0,05	0,042	0,006	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	403	400	4700	1300	3800	<0,05	0,046	0,005	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	301	370	4700	1200	3700	<0,05	0,047	0,006	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	248	350	4700	1100	3600	<0,05	0,046	<0,02	<0,05
<i>Medianvärde</i>									
1:1 (1988)	125	400	4800	1300	3800	<0,05	0,045	0,004	<0,05
1:2 (1995)	278	400	4600	1300	3700	<0,05	0,038	0,003	<0,05
2:1 (2001)	78	360	4300	1200	3900	<0,05	0,044	<0,003	<0,05
2:2 (2003)	89	350	4800	1100	3600	<0,05	0,038	<0,003	<0,05
2:3 (2005)	81	370	4800	1200	3900	<0,05	0,041	<0,003	<0,05
2:4 (2007)	53	310	4700	1100	3400	<0,05	0,044	0,004	<0,05
3:1 (2011)	48	390	5000	1200	4200	<0,05	0,046	<0,005	<0,05
3:2 (2013)	43	360	4800	1200	3700	<0,05	0,052	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	76	310	4700	1100	3300	<0,05	0,034	<0,003	<0,03
3:4 (2017)	81	290	4100	1000	3000	<0,05	0,043	0,005	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	403	400	4700	1300	3800	<0,05	0,040	0,003	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	301	350	4600	1100	3700	<0,05	0,041	0,003	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	248	330	4600	1100	34	<0,05	0,042	<0,02	<0,05

¹ Maximalt antal. Enstaka bortfall förekommer för en del ämnen pga. felanalys mm.

² För N är sorten % av kg ts

³ Osäkra värden eftersom 19-63 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen

Tabell 14b. Elementhalter (mg/kg ts) i höstvetekärna, fortsättning.

Table 14b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in winter wheat grain, continued.

Omdrev:del- provtag. (år)	Cs ¹	Cu	Mn	Mo	Ni ²	Pb	Sr ³	V	Zn
<i>Medelvärde</i>									
1:1 (1988)	0,0051	4,1	31	0,63	0,16	<0,04	2,0	<0,01	29
1:2 (1995)	0,0033	4,0	33	1,70	0,17	<0,04	2,5	<0,01	28
2:1 (2001)	0,0048	4,1	26	0,74	0,16	<0,04	-	<0,01	27
2:2 (2003)	0,0043	3,9	26	0,64	0,14	<0,04	1,8	<0,01	26
2:3 (2005)	0,0040	3,9	27	0,73	0,16	<0,04	1,7	<0,01	23
2:4 (2007)	0,0041	3,7	28	0,55	0,18	<0,04	1,7	<0,01	24
3:1 (2011)	<0,01	3,8	27	0,41	0,12	<0,02	1,6	<0,05	28
3:2 (2013)	<0,01	4,3	28	0,59	0,15	<0,02	1,6	<0,05	31
3:3 (2015)	0,0028	3,6	27	0,51	0,19	0,041	1,5	<0,01	21
3:4 (2017)	0,0049	4,0	23	0,46	0,19	<0,04	1,5	<0,01	23
<u>Omdrev 1</u>	0,0039	4,1	32	1,37	0,17	<0,04	2,3	<0,01	28
<u>Omdrev 2</u>	0,0043	3,9	26	0,68	0,16	<0,04	1,7	<0,01	25
<u>Omdrev 3</u>	<0,01	4,0	26	0,50	0,17	<0,04	1,6	<0,01	25
<i>Medianvärde</i>									
1:1 (1988)	0,0029	4,2	30	0,52	0,10	<0,04	1,9	<0,01	28
1:2 (1995)	0,0025	4,1	31	1,20	0,12	<0,04	2,4	<0,01	26
2:1 (2001)	0,0034	4,0	25	0,58	0,14	<0,04	-	<0,01	26
2:2 (2003)	0,0028	4,0	25	0,47	0,10	<0,04	1,6	<0,01	26
2:3 (2005)	0,0033	4,0	26	0,57	0,12	<0,04	1,6	<0,01	23
2:4 (2007)	0,0033	3,6	27	0,48	0,12	<0,04	1,4	<0,01	24
3:1 (2011)	<0,01	3,8	25	0,33	0,10	<0,02	1,6	<0,05	27
3:2 (2013)	<0,01	4,0	25	0,47	0,10	<0,02	1,6	<0,05	31
3:3 (2015)	0,0019	3,7	27	0,37	0,14	0,039	1,4	<0,01	20
3:4 (2017)	0,0038	4,0	22	0,33	0,16	<0,04	1,4	<0,01	23
<u>Omdrev 1</u>	0,0027	4,1	31	0,86	0,11	<0,04	2,3	<0,01	27
<u>Omdrev 2</u>	0,0032	3,9	26	0,52	0,12	<0,04	1,6	<0,01	24
<u>Omdrev 3</u>	<0,01	3,9	26	0,38	0,13	<0,04	1,5	<0,01	25

¹ 9-17 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,001 mg/kg)

² 6-30 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,05 mg/kg)

³ Felaktiga värden från 2001 borttagna

Tabell 15a. Elementhalter (mg/kg ts) i vårkornkärna. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 15a. Concentrations of elements (mg/kg DM) in spring barley grain. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:del- provtag. (år)	Antal ¹	Ca	K	Mg	P	As	Cd ³	Co ⁴	Cr
<i>Medelvärde</i>									
2:1 (2001)	92	410	5400	1300	4300	<0,05	0,022	0,004	<0,05
2:2 (2003)	70	390	5700	1100	3900	<0,05	0,012	0,003	<0,05
2:3 (2005)	95	450	5400	1300	4200	<0,05	0,013	0,008	<0,05
2:4 (2007)	46	370	5400	1200	3500	<0,05	0,019	0,006	<0,05
3:1 (2011)	61	450	5500	1100	3900	<0,05	0,018	<0,005	<0,05
3:2 (2013)	80	430	5600	1200	4000	<0,05	0,014	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	53	370	5500	1100	3500	<0,05	0,010	<0,003	<0,02
3:4 (2017)	50	360	4800	1100	3400	<0,05	0,013	0,005	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	283	450	6000	1300	4000	<0,05	0,019	0,005	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	303	410	5500	1200	4100	<0,05	0,016	0,006	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	244	420	5500	1200	3800	<0,05	0,014	<0,02	<0,05
<i>Medianvärde</i>									
2:1 (2001)	92	420	5300	1300	4200	<0,05	0,018	0,002	<0,05
2:2 (2003)	70	380	5500	1100	3900	<0,05	0,009	0,002	<0,05
2:3 (2005)	95	430	5300	1200	4100	<0,05	0,010	0,002	<0,05
2:4 (2007)	46	370	5200	1100	3500	<0,05	0,012	0,005	<0,05
3:1 (2011)	61	440	5400	1100	4000	<0,05	0,011	<0,005	<0,05
3:2 (2013)	80	430	5500	1200	3900	<0,05	0,011	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	53	360	5400	1100	3500	<0,05	0,007	<0,003	<0,02
3:4 (2017)	50	360	4800	1100	3400	<0,05	0,009	0,005	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	283	440	6000	1300	4100	<0,05	0,015	0,002	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	303	400	5400	1200	4100	<0,05	0,012	0,002	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	244	410	5400	1200	3700	<0,05	<0,01	<0,02	<0,05

¹ Maximalt antal. Enstaka bortfall förekommer för en del ämnen pga. felanalys mm.

² För N är sorten % av kg ts

³ 4-12 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen

⁴ Osäkra värden eftersom 33-68 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen

Tabell 15b. Elementhalter (mg/kg ts) i vårkornkärna, fortsättning.

Table 15b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in spring barley grain, continued.

Omdrev:del- provtag. (år)	Cs ¹	Cu	Mn	Mo	Ni ²	Pb	Sr ³	V	Zn
<i>Medelvärde</i>									
2:1 (2001)	0,0049	4,7	13	0,58	0,06	<0,04	-	<0,01	34
2:2 (2003)	0,0025	4,1	13	0,59	<0,05	<0,04	1,7	<0,01	28
2:3 (2005)	0,0037	4,4	14	0,69	0,09	<0,04	1,7	<0,01	29
2:4 (2007)	0,0039	4,1	14	0,65	0,05	<0,04	2,1	<0,01	28
3:1 (2011)	<0,01	3,4	14	0,55	<0,05	0,036	1,9	<0,05	30
3:2 (2013)	<0,01	4,1	14	0,62	0,05	0,022	1,8	<0,05	34
3:3 (2015)	0,0023	3,6	11	0,62	0,04	0,027	1,5	<0,01	24
3:4 (2017)	0,0035	4,2	12	0,57	0,06	<0,04	1,7	<0,01	30
<u>Omdrev 1</u>	0,0034	4,5	16	1,18	0,07	<0,04	2,0	<0,01	32
<u>Omdrev 2</u>	0,0038	4,4	14	0,63	0,06	<0,04	1,8	<0,01	30
<u>Omdrev 3</u>	<0,01	3,9	13	0,60	<0,05	<0,04	1,8	<0,01	31
<i>Medianvärde</i>									
2:1 (2001)	0,0035	4,5	13	0,43	<0,05	<0,04	-	<0,01	32
2:2 (2003)	0,0020	4,0	13	0,41	<0,05	<0,04	1,5	<0,01	27
2:3 (2005)	0,0026	4,5	13	0,51	<0,05	<0,04	1,6	<0,01	28
2:4 (2007)	0,0027	4,0	14	0,44	<0,05	<0,04	2,0	<0,01	26
3:1 (2011)	<0,01	3,2	14	0,39	<0,05	0,033	1,9	<0,05	29
3:2 (2013)	<0,01	4,0	14	0,51	<0,05	<0,02	1,7	<0,05	32
3:3 (2015)	0,0017	3,6	10	0,54	0,03	0,032	1,5	<0,01	23
3:4 (2017)	0,0026	4,4	11	0,50	0,06	<0,04	1,7	<0,01	30
<u>Omdrev 1</u>	0,0022	4,5	16	0,86	<0,05	<0,04	1,9	<0,01	31
<u>Omdrev 2</u>	0,0026	4,3	13	0,44	<0,05	<0,04	1,7	<0,01	29
<u>Omdrev 3</u>	<0,01	3,8	12	0,49	<0,05	<0,04	1,7	<0,01	29

¹ 9-24 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,001 mg/kg)

² Osäkra värden eftersom 52-73 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,05 mg/kg)

³ Felaktiga värden från 2001 borttagna

Tabell 16a. Elementhalter (mg/kg ts) i havrekärna. Jämförelse mellan delprovtagningar och omdrev.

Table 16a. Concentrations of elements (mg/kg DM) in oat grain. Comparison between sub-samplings and sampling series.

Omdrev:del- provtag. (år)	Antal ¹	Ca	K	Mg	P	As	Cd ³	Co ⁴	Cr
<i>Medelvärde</i>									
2:1 (2001)	67	730	4900	1300	4300	<0,05	0,041	0,013	<0,05
2:2 (2003)	79	610	5300	1100	3700	<0,05	0,024	0,010	<0,05
2:3 (2005)	45	740	5700	1200	4100	<0,05	0,022	0,016	<0,05
2:4 (2007)	40	690	5200	1200	3500	<0,05	0,029	0,014	<0,05
3:1 (2011)	37	790	4900	1200	4300	<0,05	0,017	0,011	<0,05
3:2 (2013)	37	780	5000	1200	4000	<0,05	0,018	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	34	630	4700	1100	3300	<0,05	0,011	0,005	<0,02
3:4 (2017)	31	640	4900	1000	3100	<0,05	0,029	0,015	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	206	890	5300	1300	4200	<0,05	0,036	0,017	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	231	680	5200	1200	3900	<0,05	0,029	0,013	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	139	740	5000	1200	3900	<0,05	0,019	<0,02	<0,05
<i>Medianvärde</i>									
2:1 (2001)	67	720	4900	1300	4300	<0,05	0,029	0,006	<0,05
2:2 (2003)	79	610	5100	1100	3700	<0,05	0,017	0,005	<0,05
2:3 (2005)	45	740	5600	1200	4200	<0,05	0,018	0,006	<0,05
2:4 (2007)	40	680	5300	1200	3500	<0,05	0,018	0,009	<0,05
3:1 (2011)	37	770	5000	1200	4300	<0,05	0,013	0,007	<0,05
3:2 (2013)	37	760	5000	1200	4100	<0,05	0,013	<0,02	<0,05
3:3 (2015)	34	620	4700	1100	3300	<0,05	0,009	0,004	<0,02
3:4 (2017)	31	620	4000	1100	3200	<0,05	0,013	0,006	<0,03
<u>Omdrev 1</u>	206	870	5200	1300	4100	<0,05	0,027	0,009	<0,05
<u>Omdrev 2</u>	231	680	5100	1200	3900	<0,05	0,022	0,006	<0,05
<u>Omdrev 3</u>	139	710	4900	1200	3800	<0,05	0,012	<0,02	<0,05

¹ Maximalt antal. Enstaka bortfall förekommer för en del ämnen pga. felanalys mm.

² För N är sorten % av kg ts

³ 0-18 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen

⁴ 0-19 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen

Tabell 16b. Elementhalter (mg/kg ts) i havrekärna, fortsättning.

Table 16b. Concentrations of elements (mg/kg DM) in oat grain, continued.

Omdrev:del- provtag. (år)	Cs ¹	Cu	Mn	Mo	Ni ²	Pb	Sr ³	V	Zn
<i>Medelvärde</i>									
2:1 (2001)	0,022	3,9	47	1,0	1,4	<0,04	-	<0,01	37
2:2 (2003)	0,011	3,1	38	1,1	1,0	<0,04	1,9	<0,01	25
2:3 (2005)	0,012	3,6	43	0,93	1,3	<0,04	2,4	<0,01	29
2:4 (2007)	0,010	3,5	47	0,89	1,3	<0,04	2,1	<0,01	31
3:1 (2011)	0,013	3,2	52	0,75	1,0	0,034	2,4	<0,05	33
3:2 (2013)	<0,01	3,8	52	0,91	1,3	0,032	2,5	<0,05	34
3:3 (2015)	0,013	3,0	38	1,3	0,86	0,023	2,2	<0,01	23
3:4 (2017)	0,020	3,8	43	0,65	1,1	<0,04	2,5	<0,01	30
<u>Omdrev 1</u>	0,011	3,7	47	0,87	1,3	<0,04	2,4	<0,01	37
<u>Omdrev 2</u>	0,014	3,5	43	1,0	1,2	<0,04	2,1	<0,01	30
<u>Omdrev 3</u>	0,015	3,6	48	0,92	1,1	<0,04	2,5	<0,01	31
<i>Medianvärde</i>									
2:1 (2001)	0,016	4,0	47	0,88	1,1	<0,04	-	<0,01	36
2:2 (2003)	0,009	3,1	36	0,78	0,72	<0,04	1,8	<0,01	23
2:3 (2005)	0,010	3,7	41	0,79	0,76	<0,04	2,5	<0,01	28
2:4 (2007)	0,008	3,3	45	0,64	0,66	<0,04	2,0	<0,01	28
3:1 (2011)	0,011	2,8	51	0,63	0,61	<0,02	2,2	<0,05	31
3:2 (2013)	<0,01	3,8	52	0,61	0,75	<0,02	2,2	<0,05	33
3:3 (2015)	0,011	3,0	37	0,74	0,78	<0,02	2,2	<0,01	22
3:4 (2017)	0,012	3,7	41	0,51	0,80	<0,04	2,5	<0,01	29
<u>Omdrev 1</u>	0,008	3,7	46	0,74	0,77	<0,04	2,3	<0,01	36
<u>Omdrev 2</u>	0,010	3,4	41	0,76	0,76	<0,04	2,0	<0,01	28
<u>Omdrev 3</u>	0,012	3,4	46	0,65	0,73	<0,04	2,2	<0,01	30

¹ 2-4 % av värdena sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,001 mg/kg)

² Ett värde sattes till halva rapporteringsgränsen (<0,05 mg/kg)

³ Felaktiga värden från 2001 borttagna

Halten av Mo tycks ha sjunkit betydligt mellan första och andra omdrevet både i höstvetete och i vårkorn (tabellerna 14b och 15b). Det verkar bero på att upptaget av någon anledning var mycket högre än normalt år 1995. 125 av kärnproverna av höstvetete från första omdrevet togs redan 1988 och dessa hade en medelhalt i nivå med halterna i omdreven 2 och 3. Av vårkorn togs inga prov 1988. Av de 36 prov av vetekärna som hade en Mo-halt högre än 3 mg/kg kom 20 st från Västra Götalands län. Andra provtagningsår uppmättes halter över 3 mg/kg bara i något ensstaka prov eller inte alls. I kontrollproverna (bilaga 2) varierar Mo-halterna lite, så det är svårt tro att de höga värdena för 1995 skulle kunna bero på analysfel. Proverna från 1988 och 1995 analyserades dessutom samtidigt. Proverna skulle också kunna ha förorenats före analys, men det går inte att utreda hur det isåfall skulle ha gått till så här i efterhand. Prov av havrekärna togs bara 1988, inte 1995, så i det fallet var haltskillnaderna mindre mellan omdreven.

Mönstret med en möjlig topp i Mo-halt i vetekärna återfinns också i data från 10 långliggande försök i Syd- och Mellansverige (Kirchmann m.fl., 2009). I kärnprov

från 1967, 1970 och 1979 ligger halten kring 0,5 mg Mo/kg. I kärnprov från 1995 var den uppe i ca 1,4 mg/kg för att något senare (1999 och 2003) ha sjunkit något till ca 1,2 mg/kg. Kirchmann m.fl. (2009) kopplar ökningen i upptag fram till mitten av 1990-talet till minskat svavelnedfall. Svavel och Mo tas upp som negativt laddade sulfatjoner respektive molybdatjoner som kan vara antagonistiska vid upptaget i växtroten. Minskat svavelnedfall skulle därför kunna leda till ökat molybdenupptag. När man i jordbruket på 1990-talet uppmärksammade att det minskande svavelnedfallet kunde leda till svavelbrist hos grödorna började man rutinmässigt gödsla med mineralgödselmedel som också tillför svavel. Så även om skillnaden Mo-halt i vete- och kornkärna mellan 1995 och provtagningsåren före och efter verkar väldigt stor, kan den kanske delvis vara en spegling av hur svaveltillförsel påverkat grödornas Mo-upptag.

Halten av Sr i höstvetete var lägre i omdrev 2 än i omdrev 1 och fortsätter att ligga på den lägre nivån i omdrev 3 (tabell 14b). Även i kornkärna finns en svag liknande tendens (tabell 15b). I korn minskar också kopparhalten mellan omdrev 2 och 3. Både för Sr och Cu var dock mätnivån i det ena av de två typerna av kontrollprov lite instabil (bilaga 2). Även Zn-halten i havre sjunker mellan omdrev 2 och 3 (tabell 16b). Nickelhalten var generellt högre i havre än i de andra spannmålsslagen, men där finns en svag tendens till sjunkande halt.

Eventuella förändringar över tiden gick ej att påvisa för As, Cr, Pb och V eftersom merparten av värdena låg under rapporteringsgränsen i många provtagningsomgångar (tabellerna 14a-16b). Även för Co och Cs är jämförelser över tiden osäkra eftersom många värden var under rapporteringsgränsen och merparten av de övriga låg strax ovanför. Inget av dessa element tillhör dock dem som vi betraktat som obligatoriska i miljöövervakningen. Vi får dem på köpet eftersom de ingår utan extra kostnad i de analyspaket som laboratoriet erbjuder.

Samband mellan elementhalter i gröda och markens egenskaper

De tidstrender som finns för vissa ämneshalter i spannmålskärna är väldigt svaga och det är tveksamt om de beror på att halten i marken förändrats eftersom de ämnen som visade en tendens till förändrat halt i kärna inte visade någon nämnvärd tendens till förändring i marken.

Den i avsnittet om spårelement i mark nämnda studien av Eriksson m. fl. (2017) visade att korrelationen mellan halt i spannmålskärna och halt i mark var ganska svag för individuella spårelement. Dessa samband redovisades också i rapporten från omdrev 2 (Eriksson m.fl., 2010). När värden för flera av de element som behandlades där (Co, Cu, Mn, Mo, Ni och Zn) normaliserades (se Eriksson m. fl., 2017) för metod och slogs ihop fanns det dock ett generellt samband mellan halterna i kärna och mark ($R^2=0,36$) som var större än de för de individuella spårelementen. Att

data över Co kunde användas i dennas studie beror på att rapporteringsgränsen var lägre i omdrev 2 än i omdrev 3.

Även om det var en stor variation i spårelementhalter mellan närliggande punkter verkade risken för låg halt i gröda vara störst i grovkorniga jordar på felsisk berggrund i södra Sverige (Eriksson m. fl., 2017). Jordar i detta område hade generellt lägre halt av Co, Cr, Cu, Mn, Ni and Zn än jordar i större delen av västra och centrala Europa, men det är svårt att hitta dokumenterad förekomst av brist hos växter för andra element än Cu and Mn. En jämförelse av spårelementhalter i spannmålskärna med föreslagna kritiska halter indikerade en möjlig brist på Cu och Ni. För spårelement som föreligger i katjonform kan den generellt låga pH-nivån i svenska åkerjordar, och därmed ökad löslighet, vara en förklaring till bristsymptom är ovanliga trots ganska låg halt i marken jämfört med den i andra länder i Europa. Sen kan man också fundera på hur bra vi i Sverige är på att upptäcka bristsymptom och i vilken mån det förekommer ”dolda brister” dvs. situationer där låga halter ger en måttlig skördesänkning utan synliga bristsymptom. Inga områden med kritiskt höga halter av de aktuella ämnena kunde identifieras, men lerjordarna i östra Sverige uppvisade halter över genomsnittet av många ämnen.

Driftsinriktningens påverkan på markens egenskaper

Hur driftsinriktningen påverkar markens egenskaper har undersöks i båda de tidigare omdreven (Eriksson m.fl, 1997; Eriksson m. fl., 2010). I dessa undersökningar användes data från Lantbruksregistret som visade driftsinriktningen hos det företag som den åker där provpunkten är belägen hörde till. Det innebar en osäkerhet om i vilken grad de brukningsåtgärder som kan kopplas till en viss driftsinriktning verkligen utfördes på det aktuella fältet; exempelvis spridning av stallgödsel och vallgröda i växtföljden om gården hör till en gård med nötkreatursuppfödning. Det var också svårt att renodla olika kategorier av påverkan eftersom det sedan miljöövervakningsprogrammet startades på 1990-talet skett en påtaglig omstrukturering av jordbruket. Det har skett en påtaglig koncentration av djurproduktionen till större gårdar och det totala antalet av olika djurslag har minskat (Jordbruksstatistisk årsbok, 20XX). Detta innebär att många åkrar som nu brukas på ett visst sätt kan ha en förhistoria där den nyligen hanterats på ett annat sätt. Tillförsel av stallgödsel till en provtagen åker kan ha upphört för att gården inte längre har några djur. Å andra sidan har det stora djurproduktionsenheterna ofta inte tillräckligt stor egen areal för att kunna sprida all stallgödsel och kan därför ha ett avtal om att sprida stallgödsel på växtodlingsinriktade granngårdar.

I ett försök att komma runt bristerna i de tidigare utvärderingarna bad vi denna gång lantbrukarna om uppgifter om brukningen av det specifika fältet på vilket provpunkten är belägen. Detaljerna kring detta står beskriven i avsnittet om Material och metoder (frågeformulären finns i bilaga 3).

Huvudsaklig driftsinriktning

Första frågan i frågeformuläret gällde huvudsaklig driftsinriktning på gården till vilken det provtagna fältet hör, med alternativen växtodling, husdjur eller blandat husdjur och växtodling. Här valde lite förvånande 39 brukare det fjärde alternativet ”Ej jordbruk” (tabell 17a). Sådan mark ingår ju inte i undersökningen. Av kommentarerna att döma kan det i många fall ha handlat om att marken för tillfället låg i träda. Många har också angett ”Bete” utan att det framgår om det var tillfälligt bete på åkermark eller om marken blivit permanent bete. I några fall handlade det om ej traditionella grödor som t.ex. salix och viltfoder.

Även om frågan om driftsinriktning gällde gården inte det enskilda provtagna fältet fanns det en del tydliga skillnader i markens egenskaper när analysresultaten delades upp efter gårdstyp. Fält tillhörande växtodlingsgårdar hade i genomsnitt högre lerhalt och lägre halt organiskt material än husdjursintensiva gårdar medan de kopplade till blandad produktion låg mitt emellan (tabell 17a). För halten organiskt

Tabell 17. Medelvärden för egenskaper hos matjorden. Jämförelse av gårdar med olika huvudsaklig driftsinriktning. (fråga 1 i frågeformulär).

Table 17. Mean values of topsoil properties on different types of farms.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt./ Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1 % ts	Org. m. 2 % ts	pH	CaCO ₃ % ts	Lerhalt % ts
Växtodling	867	5,8	3,9	6,4	0,39	26
Blandat	489	7,1	4,6	6,2	0,58	24
Husdjur	599	8,8	5,2	6,1	0,37	17
Ej jordbruk	39					
Ej svarat	5					

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS)./ Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg mg/kg ts	P-AL mg/100 g lufttorrt prov	K-AL mg/100 g lufttorrt prov	P-HCl mg/100 g lufttorrt prov	K-HCl mg/100 g lufttorrt prov	DPS-AL %
Växtodling	190	8,6	13	74	240	22
Blandat	188	7,4	13	77	210	16
Husdjur	152	7,2	11	83	150	16

c. Spårelementhalter./ Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
Växtodling	0,24	23	16	0,051	420	1,1	19	0,30	64
Blandat	0,23	21	16	0,055	440	1,3	17	0,33	62
Husdjur	0,23	18	15	0,057	460	2,0	15	0,37	54

material redovisas också medianvärden eftersom medelvärdena tenderar att höjas av enstaka prov med väldigt hög halt (torvjordar).

Skillnaden i lerhalt beror förstås inte på att driftsinriktningen påverkat jordarten utan handlar om att jordarten styr val av markanvändning. Vallbaserad djurproduktion av klimatiska och andra skäl är mer frekvent i områden i inlandet och i norra delen av Sverige där jordarna också är lerfattigare. Mer lerrika jordar ger hög avkastning vid odling av spannmål och finns företrädesvis i områden där också klimatet är gynnsamt för denna grödtypep.

Att matjorden på djurgårdar hade högre halt organiskt material kan kopplas till större andel vall på gårdar med nötkreatur och får och tillförsel av stallgödsel. Medianvärdet för växtodlingsgårdarna låg på 3,9 % och för djurgårdarna på 5,2 %. Även på växtodlingsinriktade gårdar var halten organiskt material som också konstaterats i tidigare omdrev ganska hög. Trots att öppen växtodling anses utarmande verkar mängden växtrester som lämnas kvar, kanske kombinerat med pågående eller tidigare utförd stallgödseltillförsel, tillräcklig för att bibehålla en tillfredställande nivå i de flesta fall.

pH var en aning lägre på djurgårdarna än på växtodlingsgårdarna. Det kan kopplas till att de förra är mer frekventa i områden med grovkornigare jordarter och att de kanske också kalkas mindre intensivt. Högre halt av organiskt material, som i sig har syraegenskaper, kan också driva på försurning. Karbonathalten är väldigt känslig för enstaka höga värden vilket förmodligen förklarar att jordar påverkade av blandad produktion uppvisade högre medelvärden.

Medelhalterna av makronäringsämnen var oftast lägre på djurgårdar än på växtodlingsgårdar och gårdar med blandad driftsinriktning. Undantaget var P-HCl som var högst på djurgårdar. Den troliga orsaken till detta är den ackumulation av fosfor i som ofta sker i marken på djurgårdar. Dessa gårdar får ofta ett externt tillskott av P via importerat foder som sedan förs ut på åkermarken via stallgödseln (se vidare Andersson m. fl., 1998). Att den lättlösliga P-AL fraktionen trots detta var lägre på djurgårdarna kan bero på att pH i marken generellt var lägre och att mängden AL-lösligt Al och Fe (redovisas ej i tabell 17) i genomsnitt var nästan 50 % högre än på växtodlingsgårdar. Det senare återspeglas också i att DPS också var lägre på djurgårdar än på växtodlingsgårdar. P-AL, pH och DPS tycks dock påverkas i lite olika riktningar av vallodling respektive stallgödseltillförsel (se vidare avsnittet om tillförsel av stallgödsel nedan).

När det gäller innehåll av spårelement, varav många är mikronäringsämnen, tenderade halterna generellt att vara högre i jordar kopplade till växtodling jämfört med dem kopplade till husdjursskötsel. Detta gällde även många av de ämnen som analyserats men ej redovisas här. Återigen låg värdena för jordar på gårdar med blandad produktion i ett mellanläge. Med tanke på att det på många djurgårdar tillförs

spårelement via foder som köps in till gården utifrån och att en del spårelement tillförs djurfoder som mineralsupplement kunde man förvänta sig det omvända förhållandet. Förklaringen till att halterna i marken av spårelementen generellt var högre på växtodlingsgårdar är troligen den generellt högre lerhalten. Halterna av Cr, Cu, Pb och Zn är relativt starkt positivt korrelerade till lerhalt (Eriksson m. fl., 2000). De styva lerjordarna innehåller generellt högre halter av dessa spårelement än lättare lerjordar och lerfattiga jordar. När skillnaden i lerhalt tonades ned genom en jämförelse av jordar som innehåller 11-40 % ler var halten av de flesta av spårelementen högre i jordar kopplade till djurhållning även om skillnaden i många fall var väldigt liten.

Till de ämnen som oavsett urval av provplatser förelåg i något högre halter i jordar på djurgårdar än i dem från växtodlingsgårdar hörde Hg, Mn, Mo och Se. Högre kvicksilverhalt kan eventuellt vara kopplad till den högre halten organiskt material på i jordarna på djurgårdar. Kviksilver är ett av de här undersökta spårelementen som i åkerjord uppvisat starkast korrelation med halten organiskt material ($r = 0,59$; Eriksson m. fl., 2000). Mangan, Mo och Se är livsnödvändiga mikronäringsämnen för djur vars förekomst inte styrs av lerhalt i någon högre grad. Selen och Mo är dock liksom Hg korrelerade till halt organiskt material. Tillsatts av Mn och Se till djurfoder via mineralsupplement kan vara en bidragande faktor till högre halt av dessa ämnen på djurgårdar. För Se kan den högre halten av organiskt material i jorden på djurgårdar också bidra till förhöjd halt då detta ämne också är relativt starkt korrelerat till organiskt material ($r = 0,52$). Andra ämnen som tillsätts till mineralfoder, speciellt till grisar, är Cu och Zn. Generellt var dock halterna högre på växtodlingsgårdar, men om lerhaltsfaktorn tonades ned var det lite högre halt på djurgårdar även om skillnaden var ganska liten. Också i en jämförande studie av zinkhalt i åkermark som en längre tid tillförts stallgödsel från smågrisproduktion och intilliggande mark med endast tillförsel av mineralgödsel, var det svårt att påvisa någon större effekt av tillförsel av en stor mängd Zn via mineralfodertillskott (Åhman, 2013).

Molybden tillsätts normalt inte till djurfoder, men medelhalten var ändå tydligt högre på djurgårdar än på växtodlingsgårdar. Frågan är om detta är en effekt av driftsinriktning. Ett antal prov från Västra Götaland varav de flesta från djurgårdar hade mycket höga molybdenhalter. Proven från Jämtland visade samma mönster. Den gemensamma nämnaren är påverkan från sedimentär berggrund som innehåller alunskiffer (Eriksson m. fl., 2017). Prover från Västergötland uppvisade ju också väldigt höga Mo-halte i vete och korn provtaget 1995 (se avsnitt om spårelement i grödor).

Konventionell och ekologisk odling

Halten organiskt material i marken tenderade att vara högre, och pH att vara lite lägre på gårdar som får miljöstöd för ekologisk odling än på konventionellt odlade gårdar (tabell 18a).

Skillnaden i halt organisk mellan konventionell och ekologisk odling varierar dock mellan driftsriktningar (tabell 19). Om mer husdjursintensiva gårdar jämförs så var halten organiskt material generellt något högre på konventionellt odlade än på ekologiskt odlade marker, medan ekologiskt odlade marker på växtodlingsinriktade gårdar generellt hade högre halt än motsvarande konventionellt odlade marker. Notabelt är att relativt få ekologiska gårdar är tydligt växtodlingsinriktade, medan 40 % av alla gårdar in denna undersökning utgörs av konventionella sådana.

För de makronäringsämnen som analyseras i programmet var det små skillnader mellan konventionell och ekologisk odling (tabell 18b). Det som skiljde var att ekologiskt odlad mark innehöll mer utbytbar Mg och hade lägre P-AL-värden och lägre DPS än konventionellt odlad. Högre P-AL-nivå och fosformättnadsgrad i konventionell odling beror troligen på en större tillförsel av inköpta fosforgödselmedel.

Inte heller när det gäller halten av spårelement fanns det några särskilt markanta skillnader mellan konventionell och ekologisk odling även om medelhalterna oftare var en aning högre i de ekologiskt odlade markerna (tabell 18c).

Tabell 18. Medelvärden för egenskaper hos matjorden på konventionellt odlade fält jämfört med sådana som fått miljöersättning för ekologisk odling (fråga 2).

Table 18. Average topsoil properties. Conventional compared with organic farms Mean values of topsoil properties on conventional farms and organic farms.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt./ Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1 % ts	Org. m. 2 % ts	pH	CaCO ₃ % ts	Lerhalt % ts
Konventionell	1700	7,1	4,4	6,3	0,46	22
Ekologisk	295	7,3	4,9	6,1	0,25	23
Ej svarat	4					

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS)./ Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg mg/kg ts	P-AL mg/100 g lufttorrt prov	K-AL mg/100 g lufttorrt prov	P-HCl mg/100 g lufttorrt prov	K-HCl mg/100 g lufttorrt prov	DPS-AL %
Konventionell	171	8,0	13	78	200	19
Ekologisk	206	6,6	13	77	210	14

c. Spårelementhalter./ Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
mg/kg ts									
Konventionell	0,23	21	15	0,054	430	1,4	17	0,33	60
Ekologisk	0,23	22	16	0,053	460	1,7	17	0,33	62

Tabell 19. Skillnad i halt organiskt material (% ts) i matjorden mellan konventionell och ekologisk odling uppdelat efter driftsinriktning.

Table 19. Difference in topsoil organic matter content (% DW) between conventional and organic farms, sub-divided according to type of farming.

	Växtodling		Husdjur		Blandat	
	Antal	Org. m.	Antal	Org. m.	Antal	Org. m.
<i>Medelvärde:</i>						
Konventionell	813	5,7	454	9,2	393	7,3
Ekologisk	53	7,3	143	7,6	95	6,3
<i>Medianvärde:</i>						
Konventionell	se ovan	3,9	se ovan	5,3	se ovan	4,6
Ekologisk	se ovan	4,5	se ovan	5,0	se ovan	4,6

Markegenskaperna hos de numera ekologiskt odlade fälten skiljde sig inte på något systematiskt sätt i förhållande till hur många som gått sedan en omläggning till ekologisk odling gjordes (tabellerna 20a-c). Vid jämförelsen mellan tidskategorierna var halten av spårelement ofta högst när omläggning skedde för 10-20 år sedan, men det är sannolikt en funktion av att både lerhalt och halt organiskt material råkat bli högst i den kategorin (tabell 20a). Många av de tidigare omtalade fälten med hög Mo-halt tycks ha lagts om till ekologisk odling 5-10 år före provtagnings-tillfället. En osäkerhetsfaktor i dessa jämförelser är också att antalet observationer i några fall var ganska litet.

Växtföljd

Ett ökat inslag av vall i växtföljden är kopplat till ett ökande inslag av nötkreatur och de flesta av markegenskaperna varierade därför på samma sätt som när driftsinriktningar med ökat inslag av husdjursproduktion tidigare jämfördes (tabell 21). Ökat vallinslag var korrelerat till en sjunkande trend när det gäller lerhalt, pH och karbonathalt och en stigande trend i halt av organiskt material (tabell 21a) av de skäl som diskuterats tidigare. Att halten organiskt material ökar med ökande inslag av vall beror troligen till stor del på minskad jordbearbetning i förhållande till vad som är fallet i årliga grödor. I de senare ger mer omblandning och sönderdelning av aggregat att det organiska materialet blir mer exponerat för nedbrytning. Högre halt organiskt material vid vallodling är troligen också kopplat till var i landet vall i hög grad odlas. Högre höjd över havet och nordligare läge leder till lägre temperatur som gynnar ackumulation av organiskt material på grund av långsammare nedbrytning. Dels påverkar temperaturen i sig den biologiska aktiviteten direkt, dels leder den till minskad evapotranspiration och fuktigare förhållanden i marken vilket tidvis ger sämre syretillgång i marken och långsammare nedbrytning. Förmodligen är nederbörden också generellt högre i vallodlingstäta områden vilket också tidvis hämmar syretillgången. Klimatförhållanden där det regnar mycket under växtsäsongen i hög grad fördelaktigt vid vallodling.

Markens fosfor- och kaliuminnehåll, DPS och halt av olika makronäringsämnen och spårelement samt följde i stort sett samma mönster i relation till ökande inslag

Tabell 20. Medelvärden för egenskaper hos matjorden på ekologiska gårdar baserad på hur länge sedan det är som en omläggning till ekologisk odling skedde (fråga 2.1).

Table 20. Mean topsoil properties on organic farms, based on time since conversion to organic

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonatinnehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt./ Organic matter content (1= mean, 2=median,) pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1	Org. m. 2	pH	CaCO₃	Lerhalt
		% ts	% ts		% ts	% ts
<5 år	42	8,3	4,6	6,1	0,20	22
5-10 år	96	7,2	4,8	6,1	0,07	23
10-20 år	99	8,2	5,1	6,2	0,24	26
>20 år	34	5,4	4,6	6,1	0,32	20
Vet ej	14					
Ej svarat	10					

b. Katjonbyteskapacitet, basmättnadsgrad, utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS)./ Cation exchange capacity, degree of base saturation, exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	CEC_{pH7}	BS_{pH7}	Mg	P-AL	K-AL	P-HCl	K-HCl	DPS-AL
	cmol_c/kg ts		mg/kg ts	mg/100 g lufttorrt prov				%
<5 år	22	63	220	7,8	12	80	190	17
5-10 år	22	61	180	5,5	12	74	190	12
10-20 år	25	63	240	6,9	15	78	250	15
>20 år	17	59	180	6,6	12	79	190	13

c. Spårelementhalter./ Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
<5 år	0,22	19	15	0,054	400	1,0	18	0,34	56
5-10 år	0,26	21	16	0,053	490	2,8	16	0,35	62
10-20 år	0,23	25	17	0,057	470	1,6	18	0,36	66
>20 år	0,20	21	14	0,047	440	0,7	17	0,22	60

av vall (tabell 21) som de gjorde i förhållande till ökande inslag av husdjursproduktion när olika driftsinriktningar jämfördes i ett tidigare avsnitt (tabell 17).

Alternativet ”Annan växtföljd” innefattar olika alternativ med stort inslag av oljeväxter potatis, sockerbetor, ärtor etc. De ligger nära alternativet ”Spannmål utan vall” i många markegenskaper. Undantaget var främst egenskaper kopplade till lerhalt. Exempelvis var K-HCl-nivån låg vilket troligen beror på att lerhalten, som ju i hög grad styr markens kaliumförråd, generellt var låg i detta alternativ.

Tabell 21. Medelvärden för egenskaper hos matjorden på gårdar med olika typer av växtföljd (fråga 3).

Table 21. Mean topsoil properties on farms with different kinds of crop rotation.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonatinnehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt. / Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1 % ts	Org. m. 2 % ts	pH	CaCO ₃ % ts	Lerhalt % ts
Mest spannmål utan vall	698	5,0	3,7	6,5	0,59	27
Spannmål + flerårig vall	613	7,4	4,9	6,2	0,44	23
Nästan enbart vall	493	9,8	5,2	6,0	0,25	17
Annan	188	6,9	4,2	6,2	0,31	17
Ej svarat	7					

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS). / Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg mg/kg ts	P-AL mg/100 g lufttorrt prov	K-AL mg/100 g lufttorrt prov	P-HCl mg/100 g lufttorrt prov	K-HCl mg/100 g lufttorrt prov	DPS-AL %
Spannmål utan vall	180	8,7	14	74	240	22
Spannmål + vall	200	7,2	12	80	200	17
Nästan enbart vall	160	6,7	12	81	160	13
Annan	130	9,1	11	77	160	22

c. Spårelementhalter. / Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
Spannmål utan vall	0,22	23	16	0,049	430	1,0	18	0,29	63
Spannmål + vall	0,23	21	16	0,052	460	1,7	17	0,33	61
Nästan enbart vall	0,26	18	16	0,064	450	1,9	16	0,42	58
Annan	0,21	17	13	0,052	370	0,9	16	0,29	56

Ändring av växtföljd

Den fjärde frågan var om det nyligen skett någon förändring växtföljden, med följdfrågor om när den, om så var fallet, ändrats och vilken den tidigare växtföljden var. Svaren på dessa frågor var i 2-3 procent av fallen motsägande. Många svarade till exempel att de ändrat växtföljden, men angav samtidigt samma nuvarande växtföljd i fråga 3 som tidigare växtföljd i fråga 4.2. En lapsus var också att år 2011 gavs inte samma alternativ till växtföljder i fråga 4.2 som i fråga 3.

385 lantbrukare svarade att de nyligen hade bytt växtföljd. Det fanns nästan inga skillnader i markegenskaper mellan fält på vilka man bytt växtföljd och dem som haft samma växtföljd hela tiden. Data redovisas därför inte här.

Inte heller redovisas data för följdfrågan (4.1) om hur länge sedan det är sen växtföljden ändrades eftersom det inte gick att se några mönster i förändring av markegenskaper. Det beror på att ändringarna i växtföljd har gått i många olika riktningar inom varje tidskategori och därigenom tagit ut varandra.

I tabell 22 redovisas data från de två fall av förändrad växtföljd där vi kan förvänta oss störst påverkan på markens egenskaper. Det ena gäller förändring från nästan enbart vall till mest spannmål, det andra är förändring i motsatt riktning. I båda fallen oavsett om ändringen skedde nyligen eller längre tillbaka i tid. Var och en av dessa jämförs i tabellen också med alternativet där det varit nästan enbart vall respektive mest spannmål utan vall hela tiden.

Tabell 22. Medelvärden för egenskaper hos matjorden. Ändrad växtföljd jämfört med samma växtföljd hela tiden (fråga 4,2).

Table 22. Mean topsoil properties following a change in crop rotation, compared with no change in crop rotation.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt. / *Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.*

	Antal	Org. m. 1	Org. m. 2	pH	CaCO₃	Lerhalt
		% ts	% ts		% ts	% ts
Spannmål hela tiden	567	4,8	3,6	6,5	0,45	27
Spannmål till vall	38	6,1	4,9	6,1	0,01	27
Vall till spannmål	94	7,0	4,6	6,3	1,55	27
Vall hela tiden	358	10,2	5,1	6,0	0,33	16

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS). / *Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.*

	Mg	P-AL	K-AL	P-HCl	K-HCl	DPS-AL
	mg/kg ts	mg/100 g lufttorrt prov				%
Spannmål	180	9,0	14	73	250	23
Spannmål till vall	250	7,0	15	82	240	12
Vall till spannmål	210	7,3	14	77	240	16
Vall	140	6,4	11	81	150	13

c. Spårelementhalter. / *Concentrations of trace elements.*

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
Spannmål	0,22	23	16	0,049	430	0,9	18	0,27	63
Spannmål till vall	0,25	25	17	0,065	440	1,3	20	0,32	72
Vall till spannmål	0,23	24	18	0,048	430	1,5	18	0,35	65
Vall	0,25	17	15	0,064	460	1,9	16	0,42	55

När växtföljden ändrats från nästan enbart vall till mest spannmål utan vall hade marken i de flesta fallen egenskaper som var ett mellanting av dem med nästan enbart vall hela tiden respektive dem med mest spannmål utan vall hela tiden.

När växtföljden ändrats åt motsatt håll var det inte alltid lika tydligt att marken hade egenskaper som var ett mellanting mellan ”ytterligheterna”. Till en del kan kanske bero på att antalet observationer i fallet mest spannmål till vall var ganska litet.

Tillförsel av stallgödsel

Stallgödsel tillförs regelbundet till nästan hälften av de provtagna fälten (tabell 23a). Det är ett något lägre antal än de som angav huvudsaklig driftsinriktning ”husdjur” (599 st) eller ”blandat husdjursproduktion och spannmålsproduktion” (489 st) på fråga 1 frågeformuläret. Fråga 1 gällde dock hela gårdens driftsinriktning, medan fråga 5 gällde det aktuella fältet.

Tillförsel av stallgödsel är ju vid sidan av vallodling den faktor som i hög grad ligger bakom skillnader i markegenskaper mellan gårdar specialiserade på husdjurskötsel respektive på växtodling. Markegenskaperna skiljde sig också i stort sett

Tabell 23. Medelvärden för egenskaper hos matjorden med och utan regelbunden tillförsel av stallgödsel. (fråga 5).

Table 23. Mean topsoil properties on soils without or with a regular supply of farmyard manure.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt. / Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1	Org. m. 2	pH	CaCO₃	Lerhalt
		% ts	% ts		% ts	% ts
Ja	964	7,5	4,8	6,3	0,38	20
Nej	1007	6,8	4,2	6,3	0,49	24
Ej svarat	28	6,3	4,0	6,1	0,02	25

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS). / Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg	P-AL	K-AL	P-HCl	K-HCl	DPS-AL
	mg/kg ts	mg/100 g lufttorrt prov				%
Ja	180	8,4	12	82	180	20
Nej	180	7,2	13	74	220	17

c. Spårelementhalter. / Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
Ja	0,24	19	15	0,054	440	1,6	17	0,35	58
Nej	0,23	22	16	0,054	440	1,3	18	0,31	62

enligt samma mönster mellan fält som tillförts respektive inte tillförts stallgödsel (tabellerna 23a-c) som de gjorde när driftsinriktningarna ”huvudsakligen husdjursproduktion” respektive ”huvudsakligen växtodling” jämfördes (tabellerna 17a-c). En avvikelse från mönstret var dock att P-AL och DPS-AL-värdena generellt var högre hos stallgödslade fält än hos dem utan stallgödsel. Troligen handlar det om att stallgödsel tillför en hel del P och att stallgödslade marker hade ett högre pH. Mer om detta nedan. P-AL- och pH-nivåerna för driftsinriktningen ”huvudsakligen husdjursproduktion” (tabellerna 17a och b) tycks dock mer styras av att både P-AL- och pH-nivån var låg på gårdar med mycket vallodling (tabellerna 21a och b).

Stallgödsel från nötkreatur sprids på 2/3 av de fält som tillförts stallgödsel (tabell 24a). När det gäller markens grundegenskaper tycks stallgödsel från gris och fjäderfä vara kopplat till områden med lite högre lerhalt och pH. Mark som tillförs stallgödsel från nötkreatur innehöll mer organiskt material än den som tillförs stallgödsel från andra djurslag. Detta kan dock till stor del vara en effekt av att det tidvis också odlas vall på dessa fält än en effekt av stallgödslaget i sig. Sen går det ju inte, som berörts ovan och som också diskuterades i Eriksson m. fl. (2010), att bortse från att olika regional tyngdpunkt i fördelning av olika djurproduktionslag och att skillnader i andra markegenskaper och klimatförhållanden kan förklara en generellt högre halt organiskt material i jordar kopplade till nötkreatursdrift. Kategorin ”Stallgödsel från annat djurslag” innefattar i hög grad fält som tillförts stallgödsel från häst och får. Även dessa djurslag konsumerar vallfoder och matjordens egenskaper liknande dem hos mark som tillförts stallgödsel från nötkreatur när det gäller halt organiskt material, pH, P-AL och DPS. P-HCl-värdena var dock inte så höga.

När det gäller växtnäringsämnen var P-AL-värdena högre för mark som tillförts stallgödsel från gris och fjäderfä än på den som tillförts andra stallgödslag (tabell 24b). Gris- och speciellt fjäderfägödsel har högre P-halter än nötkreatursgödsel (Jordbruksverket, 2019) och som också är mer lättillgänglig och därför kan tänkas direkt påverka P-AL-värdena. Även om större delen av den stallgödsel som sprids är från nötkreatur kan detta vara en förklaring till att P-AL-värdena var högre när marker med och utan stallgödselförsel jämfördes ovan (tabell 23b). I förrådsfosfor, P-HCl, var det inga större skillnader mellan de olika alternativen, men nivån var som tidigare konstaterats högre än på marker som i mindre grad tillförs stallgödsel. Undantaget är alternativet ”Annan djurproduktion” där P-HCl av var jämförelsevis lågt.

När det gäller spårelementhalter var det i de flesta fall inga stora skillnader beroende på stallgödslag (tabell 24c). Generellt tenderade mark som tillförts gödsel från gris och nötkreatur att ha något lägre medelhalter av flera ämnen än mark som tillförts andra gödslag. Det är dock svårt att se några tolkningsbara mönster. Den tillförsel av Zn utöver det som tillförs med vanliga mineralfodertillsatser som skett i smågrisproduktionen tycks inte ha påverkat markens innehåll där stallgödsel från

Tabell 24 Medelvärden för egenskaper hos matjorden. Jämförelse med avseende på tillfört stallgödselslag (fråga 5.1).

Table 24. Mean topsoil properties based on type of farmyard manure supplied.

a.. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt./ Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1 % ts	Org. m. 2 % ts	pH	CaCO ₃ % ts	Lerhalt % ts
Nötboskap	651	8,1	5,1	6,2	0,44	19
Gris	119	5,3	3,8	6,5	0,18	24
Fjäderfä	44	5,9	4,0	6,7	0,22	26
Blandat	51	6,9	4,4	6,3	0,54	23
Annat	74	6,2	4,8	6,2	0,21	22
Ej svarat	25					

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS)./ Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg mg/kg ts	P-AL mg/100 g lufttorrt prov	K-AL mg/100 g lufttorrt prov	P-HCl mg/100 g lufttorrt prov	K-HCl mg/100 g lufttorrt prov	DPS-AL %
Nötboskap	180	7,8	12	83	170	15
Gris	180	10,7	13	79	190	21
Fjäderfä	210	12,3	15	80	240	22
Blandat	160	9,0	13	82	200	17
Annat	190	6,9	12	71	200	14

c. Spårelementhalter./ Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
	mg/kg ts								
Nötboskap	0,24	19	15	0,055	450	1,6	16	0,37	57
Gris	0,21	19	15	0,050	390	1,2	19	0,31	60
Fjäderfä	0,26	21	15	0,053	450	0,9	18	0,31	62
Blandat	0,23	19	15	0,046	460	3,1	17	0,28	62
Annat	0,26	21	16	0,056	400	2,1	17	0,33	60

grisar tillförts. De skillnader kopplade till olika stallgödselslag som finns beror förmodligen mer på olikheter i den geografiska tyngdpunkten för olika driftsinriktningar och olikheter i jordarna naturliga innehåll av spårelement.

Hälften av de fält som idag inte tillförs stallgödsel hade regelbundet stallgödsel tidigare (fråga 5.2; tabell 25). När tidigare stallgödselade fält jämförs med dem som inte tidigare stallgödselats skiljde sig markegenskaperna i stort sett, fast i lägre grad, på samma sätt som mellan fälts som stallgödselas idag och dem som inte gör det (jämför med tabell 23), Medelhalten för organiskt material var dock i detta fall högre i jordar som inte tillförts stallgödsel, medan medianvärdet var lägre.

Liksom i det tidigare fallet med en fråga om tidpunkt för en ändring av en brukningsåtgärd är det svårt att se någon tidsgradient med en gradvis förändring av markegenskaperna beroende på hur länge sedan det var som stallgödsel regelbundet tillfördes. Inga data redovisas här.

Sista följdfrågan gällde vilket slags stallgödsel som tidigare tillförts de aktuella markerna. Här blir jämförelsen av markegenskaper osäker på grund av få observationer i alla fall utom det där nötkreatursgödsel tillförts så inga data redovisas här. Liksom i fallet där stallgödsel fortfarande tillförs var halten organiskt material högre där nötstallgödsel tidigare tillförts än när andra gödselslag tillförts.

Tabell 25. Medelvärden för egenskaper hos matjorden för mark som tidigare regelbundet tillförts stallgödsel av jämfört mark utan tidigare tillförelse (fråga 5.2).

Table 25. Mean topsoil properties on soils with a regular supply of farmyard manure in the past and on soils with no previous manure supply.

a. Halt organiskt material (1 = medelvärde, 2 = medianvärde), pH (H₂O), karbonat innehåll uttryckt som CaCO₃-ekvivalenter och lerhalt./ Organic matter content (1= mean, 2=median), pH (H₂O), carbonate content expressed as CaCO₃-equivalents, and clay content.

	Antal	Org. m. 1 % ts	Org. m. 2 % ts	pH	CaCO ₃ % ts	Lerhalt % ts
Ja	507	6,6	4,2	6,3	0,4	24
Nej	226	6,9	3,9	6,2	0,3	25
Vet ej	205					
Ej svarat	69					

b. Utbytbar magnesium, ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor och kalium, saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium samt fosformättnadsgrad (DPS)./ Exchangeable Mg, Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus and potassium, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium and degree of phosphorus saturation.

	Mg mg/kg ts	P-AL mg/100 g lufttorrt prov	K-AL mg/100 g lufttorrt prov	P-HCl mg/100 g lufttorrt prov	K-HCl mg/100 g lufttorrt prov	DPS-AL %
Ja	180	7,5	13	75	220	14
Nej	180	6,7	12	71	210	13

c. Spårelementhalter./ Concentrations of trace elements.

	Cd	Cr	Cu	Hg	Mn	Mo	Pb	Se	Zn
mg/kg ts									
Ja	0,23	23	16	0,052	440	1,6	17	0,31	62
Nej	0,23	23	16	0,054	450	1,0	18	0,29	62

Driftsinriktningens påverkan på elementhalter i spannmålskärna

Att utvärdera om driftsinriktning har någon effekt på halten av elementhalter i spannmålskärna är svårt eftersom antalet observationer blir färre än för matjordar, dels för att alla provplatser inte hade något av de aktuella spannmålslagen, dels för att de tre grödorna bör redovisas var för sig.

I tabell 26 visas skillnaderna i medelhalter av olika element i kärna av de tre spannmålslagen mellan växtodlingsgårdar och husdjursgårdar. Skillnaderna mellan driftsinriktningar var oftast ganska små. För höstvetete och vårkorn tenderade halterna av många ämnen att vara något lägre i kärna från växtodlingsgårdar än i den från husdjursgårdar. För höstvetete finns dock bara data från 12 provplatser med djurhållning så för denna gröda är underlaget för jämförelsen väldigt tunt. Frågan är också om skillnaden mellan grödslag beror på bruksåtgärder eller om det mesta beror på skillnader i marktyp mm. mellan dessa driftsinriktningar. Någon tydlig korrelation med halterna av de aktuella ämnena i matjord enligt tabell 17 går inte att se. För havre var skillnaderna i elementhalter mellan driftsinriktningar generellt små.

När det gäller konventionellt odlade åkrar kontra sådana med miljöersättning för ekologisk odling så är underlaget för de senare alldeles för litet för att det ska vara meningsfullt att dra några slutsatser om eventuella skillnader i halterna av olika element. Antalet provplatser med ekologisk odling var så litet att det blir väldigt få kärnprov varje av spannmålsslag (tabell 27).

Tabell 26. Medelhalter av makroämnen och spårelement i spannmålskärna odlad på gårdar med olika huvudsaklig driftsinriktning. (fråga 1 i frågeformulär).

Table 26. Mean concentrations of macroelements and trace elements in cereal grain grown on farms with different types of farming.

	Antal	Ca	Cd	Cu	K	Mg	Mn	Mo	P	Zn
	mg/kg ts									
<i>Höstvetete:</i>										
Växtodling	174	340	0,050	4,0	4700	1100	27	0,51	3600	25
Husdjur	12	390	0,036	3,8	5200	1200	28	0,63	4100	28
Blandat	70	350	0,039	4,0	4700	1100	26	0,49	3600	26
<i>Vårkorn:</i>										
Växtodling	144	420	0,016	3,7	5500	1100	12	0,58	3700	29
Husdjur	75	450	0,013	4,4	5800	1200	14	0,64	4100	34
Blandat	22	350	0,010	3,9	5100	1100	14	0,68	3600	33
<i>Havre:</i>										
Växtodling	75	760	0,019	3,6	4800	1200	50	0,81	3900	30
Husdjur	30	750	0,014	3,7	4700	1200	48	1,09	4000	33
Blandat	34	690	0,021	3,4	560	1100	44	1,02	3700	30

Att undersöka om elementhalter i kärna påverkats av olika växtföljder och stallgödsling mm. är inte heller meningsfullt på grund av att det på samma sätt som ovan blir alldeles för få observationer för flera av de kategorier som ingår i jämförelserna.

Tabell 27. Medelhalter av makroämnen och spårelement i spannmålskärna från på konventionellt odlade gårdar och från sådana som fått miljöersättning för ekologisk odling (fråga 2).

Table 27. Mean concentration of macroelements and trace elements in cereal grain grown on conventional and organic farms.

	Antal	Ca	Cd	Cu	K	Mg	Mn	Mo	P	Zn
mg/kg ts										
<i>Höstvete:</i>										
Konventionell	222	350	0,047	4,0	4700	1100	26	0,46	3500	25
Ekologisk	23	330	0,040	4,0	4800	1200	28	0,90	3800	26
<i>Vårkorn:</i>										
Konventionell	232	430	0,015	3,9	5500	1200	13	0,60	3800	31
Ekologisk	9	370	0,005	4,8	5800	1100	15	0,69	3800	30
<i>Havre:</i>										
Konventionell	121	750	0,016	3,5	5100	1200	48	0,88	3900	30
Ekologisk	18	570	0,026	3,9	4600	1100	37	1,05	3600	35

Avslutande kommentarer

Data från de tre omdrev som nu genomförts i åkermarksinventeringen visar på ett anslående stabilt tillstånd när det gäller de här undersökta markegenskaperna och halter av makronäringsämnen och spårelement i kärna av höstvet, vårkorn och havre. Detta är i många avseenden tillfredställande då det innebär att markens tillstånd när det gäller halt organiskt material, pH och växtnäringstillstånd generellt är gott och att den ackumuleringen av potentiellt miljöskadliga ämnen som skedde framförallt under andra halvan av 1900-talet har upphört. Det handlar spårelement som Cd, Pb och Zn. Dock är det osäkert om ackumuleringen av Hg, det ämne för vilket upplagringen i matjorden var som störst enligt Andersson (1992), helt har avstannat. Också ackumuleringen av P, som när det läcker ut i vattensystemen kan skada miljön har avstannat. När det gäller P och Cd kan man tycka att det vore önskvärt att de åtgärder som genomförts för att minska belastningen skulle ha resulterat i minskande halter i marken och för Cd också i grödan. När det gäller P finns en tendens till minskande P-AL-värden, men för detta ämne är det ju en delikat balans mellan att tillgodose växternas behov och att minska risken för fosforläckage som måste hanteras. Så det är inte självklart att en påtaglig generell minskning av markens fosforinnehåll är önskvärd. Marker med dåligt fosfortillstånd kan det vara motiverat att gödsla upp. För Cd, som är giftigt för människor i redan i måttligt förhöjda koncentrationer vore dock en minskning av halten i mark och gröda enbart av godo med tanke på att vårt intag via maten ligger nära det maximalt rekommenderade (EFSA, 2009). Synd då att Cd-halten bara tenderar att minska i korn och havre, men inte i den viktiga livsmedelsgrödan vete.

Det till synes stabila läget beror nog delvis på att marken är ett ganska välbuffrat system som står emot förändringar av egenskaper och funktion vare sig de är positiva eller negativa ur människans perspektiv. För många ämnen som tillförs eller bortförs från marken är också flödena ganska små i förhållande till hur stor den totala poolen i marken är. Det kan därför ta ganska lång tid innan en förändring i flödet leder till en säkert påvisbar förändring av halten av ämnet ifråga. Detta gäller som tidigare diskuterats P-HCl. Att minska markens Cd-halt genom att bara minimera tillförseln är också en långsam process.

Från det ovanstående kan man kanske tycka att omprovtagning kan ske mer sällan än de 10 år som nu gäller för varje enskild provpunkt. En sak som talar emot detta är svårigheten att hålla en konstant mätnivå över tiden i laboratorieanalyserna. Det är inte så att mätnivån kontinuerligt stiger eller sjunker med tiden utan det handlar om att det varierar upp och ned kring en medelnivå. Detta gör att det är viktigt att ha många punkter på tidslinjen för att säkert kunna urskilja en trend i det brus som variationerna i mätnivå ger upphov till. Det finns också en del variabler som kan tänkas förändras lite snabbare än andra om någon påverkansfaktor blir tillräckligt stor. En är halten av organiskt material som visar en tendens att öka vilket är högintrassant med tanke på den pågående klimatförändringen. pH borde också kunna

förändras ganska snabbt även om resultaten tyder på att det för närvarande ligger på en stabil nivå. P-AL visar en sjunkande tendens som kan kopplas till minskad fosforgödslingsintensitet. Om också pH skulle börja sjunka skulle denna trend kunna förstärkas eftersom lägre pH minskar fosforns löslighet. När det gäller kärnproverna innebär också de stora årsvariationerna att det är svårt att fastställa en halvförändring över tid. För grödan varierar det också över tiden vilka sorter som odlas och sorterna kan skilja sig i upptaget av ämnen. Grödorna kan kanske också känna av eventuella förändringar i den lättlösliga fraktionen av olika ämnen redan innan en mätbar förändring skett i de nära totalhalter som i många fall bestäms i miljöövervakningen. Om flera faktorer drar åt samma håll är det därför inte osannolikt att en förändring i spannmålskärnans sammansättning kan uppstå ganska snabbt.

Att komma åt hur olika driftsinriktningar och bruksåtgärder påverkat markens egenskaper visade sig vara svårt även med det nya upplägget där uppgifter samlades in från brukaren av den provtagna marken. Oavsett hur man gör så är ett grundproblem att skillnader mellan driftsinriktningar i hög grad beror på geografiska faktorer som olika lerhalt och olika klimatförhållanden och att olika driftsinriktningar av på grund av sådana faktorer och av tradition ofta är mer frekventa i vissa regioner. För att komma runt detta behövs ett mycket större antal observationer än det är i det nuvarande programmet. Man skulle också kunna minimera lerhaltsfaktorn genom att bara ta med jordar inom ett visst lerhaltsintervall i en jämförelse. I den tidigare utvärderingen var en uppdelning i mindre mer homogena områden möjlig för att vi då hade tillgång till data från sammanlagt ca 5000 provpunkter från omdrev 1 och 2. I omdrev 3 har vi bara tillgång i princip samma 2000 provpunkter som i omdrev 2, vilket medförde att det inte gick att göra någon uppdelning på regioner. Det var även utan en sådan svårt nog att ibland få ihop tillräckligt antal observationer när en punkt i frågeformulär hade alltför många svarsalternativ.

Kanske kan en uppföljning i senare omdrev ge mer när man kan följa utvecklingen inom ex, en driftsinriktning över tiden istället för att jämföra med andra driftsinriktningar där markegenskaperna redan från början var olika. Att fortlöpande samla in och uppdatera dessa uppgifter kostar inte så mycket. En svaghet med att samla in uppgifter på detta sätt är dock att det är svårt att formulera frågor så att de inte kan missförstås och att veta hur tillförlitliga svaren är. En förbättring som bör göras är att lägga in spärrar i formuläret för inmatning av uppgifterna i datorn, som gör att det inte går att ge ett ologiskt svar på en följdfråga om man svarat på ett visst sätt på huvudfrågan. Vidare kan kanske s antalet svarsalternativ minskas.

Erkännande

Ett stort tack till alla som på olika sätt bidragit till att genomföra projektet.

- Naturvårdsverket som finansierade projektet
- Anna-Lena Carlsson som var projektets handläggare på Naturvårdsverket
- Johan Berndes på SLU:s upphandlingsenhet som hjälpte till med upphandlingen av de externa utförare som anlätades i projektet
- Gerda Ländell med medarbetare på Statistiska Centralbyrån som gjorde urval av provpunkter och försåg oss med data om driftsinriktning mm. och som i övrigt på ett förtjänstfullt sätt hjälpte till att lösa problem som dök upp under projektets gång
- Lars Danielsson (till och med 2016) och Sofie Erikson som fungerade som samordnare och kontaktpersoner, och all övrig personal vid landets olika Hus-hållningssällskap som genomförde provtagningen
- Annika Hansson och andra vid Inst. f. mark och miljö, SLU som utförde provberedning och distribuerade proverna till de olika laboratorierna.
- Lars- Gunnar Omberg och övriga medarbetare vid ALS Scandinavia AB i Luleå som utförde analys av jord- och växtprov
- Björn Gustavsson och See Mei Ngo och övriga medarbetare vid Eurofins Food & Agro Sweden AB utförde analys av jordprov
- Elin Ljunggren och övriga medarbetare vid Inst. f mark och miljö, SLU som gjorde kolanalyser
- Ana Mingot Soriano och Christina Öhman vid Inst. f. mark och miljö, SLU som gjorde texturanalyser
- Karin Hamnér som gav värdefulla synpunkter på innehållet i denna rapport
- Mary McAfee, Scantext som granskade texterna på engelska
- De lantbrukare som ställde sin mark till förfogande och därmed bidrog till att möjliggöra projektet
- och sist men inte minst Anna-Lena Carlsson och andra på Naturvårdsverket för gott samarbete och finansiering av projektet

Litteraturförteckning

- Andersson A, 1992. Trace elements in agricultural soils – fluxes, balances and background values. Swedish Environmental Protection Agency, report 4077.
- Andersson, A., Eriksson, J., Andersson, R. & Mattson, L. 1998. Fosforupplagringen i svensk jordbruksmark. Naturvårdsverket, rapport 4919.
- Djordjic, F. 2015. Jordartsfördelning och växtnäringsstillstånd i svensk åkermark – Sammanställning av resultat från Jordbruksverkets nationella jordartskartering. SLU, Vatten och miljö: Rapport 2015:11
- EFSA, 2009. Scientific opinion of the Panel on Contaminants in the Food Chain on a request from the European Commission on cadmium in food. The EFSA Journal 980, 1–139.
- EPA. 1994. Determination of Trace Elements in Waters and Wastes by Inductively Coupled Plasma – Mass Spectrometry. Method 200.8, Revision 5.4, U.S. Environmental Protection Agency.
- Eriksson, J., Andersson, A. & Andersson, R. 1997. Tillståndet i svensk åkermark. Naturvårdsverket, rapport 4778.
- Eriksson, J., Dahlin, A.S., Sohlenius, G., Söderström, M., Öborn, I. 2017. Spatial patterns of essential trace element concentrations in Swedish soils and crops. Geoderma Regional 10, 163-174.
- Eriksson, J., Mattsson, L & Söderström, M. 2010. Tillståndet i svensk åkermark. Data från 2001-2007. Naturvårdsverket, rapport 6349.
- Eriksson, J., Stenberg, B., Andersson, A. & Andersson, R. 2000. Tillståndet i svensk åkermark och spannmålsgröda – jordartens betydelse för markegenskaperna, samband markfaktorer och elementhalter i kärna. Naturvårdsverket, rapport 5062.
- Haak, E. 1991. Kalkning av fastmarksjordar. Växtpressen nr 2, s. 12-13.
- Hamner, K., Kirchmann, H., Eriksson, J. 2012. Mikronäringsämnen i svensk spannmål – halter, mängder och flöden för höstvet, vårkorn och havre. Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för mark och miljö, Rapport 9. 32 sid. ISBN 978-91-576-9093-7. http://pub.epsilon.slu.se/9098/1/hamner_k_120927.pdf
- Jordbruksstatistisk årsbok, 20XX. Jordbruksstatistisk årsbok med data om livsmedel. Årlig publikation från Statistiska centralbyrån.
- Jordbruksverket, 2019. Rekommendationer för gödsling och kalkning 2020. Jordbruksinformation 12 - 2019. Jordbruksverket.
- Kirchmann, H., Schön, M., Börjesson, G., Hamner, K., Kätterer, T. 2013. Properties of soils in the Swedish long-term fertility experiments: VII. Changes in topsoil and upper subsoil at Örja and Fors after 50 years of nitrogen fertilization

- and manure application. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science* 63, 25-36.
- Kirchmann, H., Mattsson, L. & Eriksson, J. 2009. Trace element concentrations in wheat grain – results from the Swedish long-term soil fertility experiments and national monitoring program. *Environmental Geochemistry and Health* 31, 561-571.
- KLS, 1965. Kungliga Lantbruksstyrelsens kungörelse med (5) bestämmelser för undersökning av jord vid statens lantbrukskemiska kontrollanstalt och lantbrukskemisk kontrollstation och lantbrukskemisk station med av staten fastställda stadgar. Kungliga Lantbruksstyrelsens kungörelser m.m., Nr 1.
- Knutson, P. 2011. Spårelement i Sveriges jordbruksmark – flöden, trender och fältbalanser. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala 2011:02.
- Paulsson R, Djodjic F, Carlsson Ross C & Hjerpe K, 2015. Nationell Jordarts-kartering. Matjordens egenskaper i åkermarken. Jordbruksverket, rapport 2015:19
- Poeplau C., Bolinder M. A., Eriksson J., Lundblad M., and Kätterer T. 2015. Positive trends in organic carbon storage in Swedish agricultural soils due to unexpected socio-economic drivers. *Biogeosciences* 12, 3241-3251.
- SCB, 2017. <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/miljo/godselmedel-och-kalk/godselmedel-och-odlingsatgarder-i-jordbruket/pong/tabell-och-diagram/odlingsatgarder/total-mangd-kalciumoxid-ton-cao-och-magnesium-ton-i-spridd-kalk-samt-hektargivor-pa-kalkad-akerareal-ton-cao-ha-kg-magnesiumha/> (Gödselmedel och odlingsåtgärder i jordbruket)
- SCB, 2018. Kväve- och fosforbalanser för jordbruksmark 2016. Statistiska meddelanden MI 40 SM 1801.
- Ulén, B., 2006. A simplified risk assessment for losses of dissolved reactive phosphorus through drainage pipes from agricultural soils. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science*, 56, 307-314
- Åhman, M, 2013. Zinkflöde till marken i svensk smågrisproduktion. Examensarbeten, Institutionen för mark och miljö, SLU, Uppsala 2013:06.

Bilaga 1. Kontrollprovernas värden, analys av jordprov

Typen av kontroller är densamma som den varit sedan programmet startade. När det gäller kontrollprov typ II, ett antal prov med varierande egenskaper som finns med i varje analysomgång (se vidare Material och metoder) så tog proven slut i förra omdrevet. Redan i analysen av proven från de två sista delprovtagningarna slussades därför nya kontrollprov in parallellt med de gamla. Tyvärr, gick det åt mer jord än beräknat till en av analyserna så nya kontrollprov måste åter slussa in i nästa omdrev. Då bör flera liter jord samlas in till varje kontrollprov så att det räcker flera omdrev framåt. När det gäller kontrollprov I, ett enskilt prov som läggs in upprepade gånger i varje provomgång så har samma prov funnits med hela vägen från projektets start. Av detta prov återstår en stor mängd.

Tabell 28. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ I. pH (H₂O) samt total kol- och kvävelhalt (för svavel se tabell 34b)

Table 28. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control samples type I for soil analyses. pH (H₂O) and total carbon and nitrogen content.

	Antal	pH	Tot-C %	Tot-N %
Omdrev 1	63	6,8	2,5	0,29
Omdrev 2:1	10	6,7	2,7	0,35
Omdrev 2:2	12	6,5	2,7	0,30
Omdrev 2:3	12	6,5	2,6	0,28
Omdrev 2:4	12	6,4	2,7	0,28
Omdrev 3:1	8	6,4	2,7	0,27
Omdrev 3:2	8	6,4	2,7	0,30
Omdrev 3:3	8	6,5	2,7	0,28
Omdrev 3:4	8	6,5	2,7	0,28

Tabell 29. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprovtyp II. pH (H₂O) samt total kol- och kvävelhalt (för svavel se tabell 34b)

Table 29. Variation in measurement levels (means between sampling series in control samples for soil analyses. pH (H₂O) and total carbon and nitrogen content.

	Antal	pH	Tot-C %	Tot-N %
Omdrev 2:3	8	5,9	2,4	0,48
Omdrev 2:4	8	5,9	2,4	0,50
Omdrev 3:1	8	5,8	2,4	0,54
Omdrev 3:2	8	5,8	2,4	0,55
Omdrev 3:3	8	5,8	2,4	0,53
Omdrev 3:4	8	5,8	2,4	0,53

Tabell 30. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ I. Utbytbara katjoner, titrerbar aciditet och katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad. Ingen siffra. = ej analyserat i aktuell provtagningsomgång.

Table 30. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control samples type I for soil analyses. Exchangeable cations and acidity, cation exchange capacity and degree of base saturation. No number = not analysed in the particular sampling series.

	Antal	Ca	Mg	K	Na	Titr. acid.
		mg/100 g				
Omdrev 1	63	376	37	20	2,2	-
Omdrev 2:1	10	380	40	24	<1	3,4
Omdrev 2:2	12	366	39	18	1,9	3,4
Omdrev 2:3	12	358	38	18	2,2	3,4
Omdrev 2:4	12	343	36	18	2	3,2
Omdrev 3:1	8	376	40	19	2,1	4,2
Omdrev 3:2	8	407	43	20	2,9	3,9
Omdrev 3:3	8	385	41	20	2,9	4,1
Omdrev 3:4	8	355	36	17	2,2	4,2

Tabell 31. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ II. Utbytbara katjoner, titrerbar aciditet och katjonbyteskapacitet och basmättnadsgrad.

Table 31. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control samples type II for soil analyses. Exchangeable cations and acidity, cation exchange capacity and degree of base saturation.

	Antal	Ca	Mg	K	Na	Titr. acid.
		mg/100 g				
Omdrev 2:3	8	371	16	18	1,5	12
Omdrev 2:4	8	301	14	17	1,4	11
Omdrev 3:1	8	391	17	18	1,4	12
Omdrev 3:2	8	404	18	19	1,9	13
Omdrev 3:3	8	401	17	18	1,6	13
Omdrev 3:4	8	375	16	18	1,6	15

Tabell 32. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ I. Ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor, kalium, aluminium och järn samt saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium. Ingen siffra. = ej analyserat i aktuell provtagningsomgång.

Table 32. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control samples type I for soil analyses. Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus, potassium, aluminium and iron, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium. No number = not analysed in the particular sampling series.

	Antal	P-AL	K-AL	Al-AL	Fe-AL	P-HCl	K-HCl
		mg/100 g					
Omdrev 1	63	6,7	-	-	-	80	
Omdrev 2:1	10	5,3	17	-	-	69	412
Omdrev 2:2	12	5,4	20	-	-	84	402
Omdrev 2:3	12	5,6	16	-	-	74	413
Omdrev 2:4	12	5,1	17	-	-	66	423
Omdrev 3:1	8	5,7	17	20	48	86	444
Omdrev 3:2	8	6,1	16	17	43	74	428
Omdrev 3:3	8	6,1	16	19	46	74	450
Omdrev 3:4	8	5,8	16	20	47	75	459

Tabell 33. Variation i mätnivån (medelvärden i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ II. Ammonium-laktatlösligt (AL) fosfor, kalium, aluminium och järn samt saltsyralösligt (HCl) fosfor och kalium. Ingen siffra. = ej analyserat i aktuell provtagningsomgång

Table 33. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control samples type II for soil analyses. Ammonium lactate soluble (AL) phosphorus, potassium, aluminium and iron, hydrochloric acid soluble (HCl) phosphorus and potassium. No number = not analysed in the particular sampling series.

	Antal	P-AL	K-AL	Al-AL	Fe-AL	P-HCl	K-HCl
mg/100 g							
Omdrev 2:3	8	14,2	22	-	-	97	305
Omdrev 2:4	8	14,1	19	-	-	97	306
Omdrev 3:1	8	14,3	18	30	61	111	321
Omdrev 3:2	8	14,0	18	27	52	105	311
Omdrev 3:3	8	15,5	17	30	54	109	325
Omdrev 3:4	8	15,2	17	31	53	102	317

Tabell 34a. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ I. Spårelement.

Table 34a. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type I for soil analyses. Trace elements.

	Antal	As	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Hg	Mn
mg/kg									
Omdrev 1	63	4,9	0,22	14,5	49	5,2	29	0,058	440
Omdrev 2:1	10	4,5	0,19	14,2	44	3,2	28	-	406
Omdrev 2:2	12	5,3	0,22	14,3	51	5,8	28	-	421
Omdrev 2:3	12	5,5	0,21	15,3	56	5,7	32	-	460
Omdrev 2:4	12	5,5	0,21	16,1	57	5,7	32	-	472
Omdrev 3									
Analysed 2016	10	5,2	0,20	13,7	49	4,6	28	0,060	397
Analysed 2017	7	4,9	0,17	13,7	52	4,9	29	0,058	405
Analysed 2018	8	5,1	0,20	15,0	50	4,7	29	0,066	425
Analysed 2019	3	5,8	0,20	16,0	54	5,2	32	0,056	450

Tabell 34b. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ I. Spårelement och svavel.

Table 34b. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type I for soil analyses. Trace elements and sulfur.

	Antal	Mo	Ni	Pb	S	Se	Sr	V	Zn
mg/kg									
Omdrev 1	63	1,2	32	25	470	0,38	34	64	108
Omdrev 2:1	10	1,0	30	25	454	0,28	27	51	104
Omdrev 2:2	12	1,3	33	25	478	0,35	34	64	105
Omdrev 2:3	12	1,2	34	28	526	0,32	38	69	112
Omdrev 2:4	12	1,3	37	28	519	0,40	39	70	116
Omdrev 3									
Analysed 2016	10	1,1	32	25	482	0,38	32	54	106
Analysed 2017	7	1,0	32	25	496	0,35	34	59	102
Analysed 2018	8	1,2	34	24	500	0,37	33	62	119
Analysed 2019	3	1,2	37	27	508	0,33	37	66	115

Tabell 35a. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ II. Spårelement. Ingen siffra. = ej analyserat i aktuell provtagningsomgång
Table 35a. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type II for soil analyses. Trace elements. No number = not analysed in the particular sampling series.

	Antal	As	Cd	Co	Cr	Cs	Cu	Hg	Mn
mg/kg									
Omdrev 2:3	5	3,5	0,27	8,8	27	3,1	21	-	631
Omdrev 2:4	5	3,5	0,22	9,1	29	3,4	20	-	547
Omdrev 3									
Analysed 2016	5	3,1	0,24	8,7	25	2,9	19	0,044	650
Analysed 2017	5	3,6	0,24	7,9	28	3,1	20	0,049	527
Analysed 2018	5	3,2	0,25	8,3	25	2,8	20	0,045	526

Tabell 35b. Variation i mätnivån (medelvärden) i jordanalyserna mellan provtagningsomgångar enligt kontrollprov typ II. Spårelement och svavel.

Table 35b. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type II for soil analyses. Trace elements and sulfur.

	Antal	Mo	Ni	Pb	S	Se	Sr	V	Zn
mg/kg									
Omdrev 2:3	5	0,76	14	22	309	0,16	29	40	89
Omdrev 2:4	5	0,70	16	22	313	0,21	33	44	93
Omdrev 3									
Analysed 2016	5	0,73	14	21	268	0,17	25	33	85
Analysed 2017	5	0,79	15	20	300	0,18	29	38	85
Analysed 2018	5	0,63	15	20	301	0,19	26	37	93

Bilaga 2. Kontrollprovernas värden, analys av kärnprov

I detta omdrev har vi försökt få till en enklare modell för jämförelse hur mätnivån varierat mellan provtagningstidpunkter/analysomgångar. I förra omdrevet lite svårt att tolka kontrollprovsdata från analysen av spannmålskärna (se Eriksson m.fl., 2010). Det blev få kontroller per mätserie för att få grödprover innebar korta serier och för att laboratoriet analyserade varje gröda var för sig. Liksom för jordprover började vi redan i omdrev 2 slussa in ett antal nya prov av typ II av vilka det finns så mycket att det ska räcka ett flera omdrev framåt. Sedan slutet av förra omdrevet analyseras också alla grödprov tillsammans. Av kontrollprov typ I har vi ett vete-prov som funnits med hela vägen från projektets start.

Tabell 36a. Variation i mätnivån (medelvärden) analyserna av spannmålskärna mellan provtagningssomgångar enligt kontrollprov typ I och II. Makronäringsämnen och spårelement.

Table 36a. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type I and II for cereal grain analyses. Macroelements and trace elements.

	Antal	Ca	K	Mg	P	As	Cd	Co	Cr	Cu
mg kg ⁻¹										
<i>Kontrollprov typ I</i>										
Omdrev 2:1	2	385	4450	1045	3545	<0,03	0,028	0,0033	<0,02	2,8
Omdrev 2:2	3	342	3903	906	2760	0,02	0,021	0,0027	0,012	2,4
Omdrev 2:3	8	414	4615	1120	3695	<0,01	0,025	0,0037	<0,02	3,2
Omdrev 2:4	8	365	4430	1067	3733	<0,05	0,025	0,0057	0,025	2,8
Omdrev 3:1	7	456	4757	1114	3943	<0,05	0,025	<0,005	<0,05	2,8
Omdrev 3:2	6	417	4450	1050	3500	<0,05	0,023	<0,02	<0,05	2,9
Omdrev 3:3	6	374	4265	1000	3003	<0,05	0,022	<0,003	<0,02	2,8
Omdrev 3:4	8	342	4073	974	3143	<0,05	0,023	0,0052	<0,03	3,0
Omdrev 1	9	377	4357	1048	2965	*	0,024	0,0025	*	2,8
Omdrev 2	21	382	4427	1062	3561	*	0,025	0,0042	*	2,9
Omdrev 3	27	395	4377	1033	3399	*	0,023	*	*	2,9
<i>Kontrollprov typ II</i>										
Omdrev 2:3	6	520	4358	1237	3862	*	0,038	*	*	4,1
Omdrev 2:4	6	455	4490	1302	3463	*	0,043	*	*	3,8
Omdrev 3:1	6	602	4650	1317	4550	*	0,038	*	*	3,7
Omdrev 3:2	6	525	4283	1183	3733	*	0,036	*	*	3,8
Omdrev 3:3	6	504	4165	1173	3548	*	0,033	*	*	3,7
Omdrev 3:4	6	435	3945	1105	3477	*	0,036	*	*	3,8
Omdrev 2	12	488	4424	1269	3663	*	0,040	*	*	4,0
Omdrev 3	24	516	4261	1185	3827	*	0,036	*	*	3,7

* ett eller flera värden under rapporteringsgräns

Tabell 36b. Variation i mätnivån (medelvärden) analyserna av spannmålskärna mellan provtagningensomgångar enligt kontrollprov typ I och II. Makronäringsämnen och spårelement.

Table 36b. Variation in measurement levels (means) between sampling series in control sample type I and II for cereal grain analyses. Macroelements and trace elements.

	Antal	Cs	Mn	Mo	Ni	Pb	Sr	V	Zn
mg kg ⁻¹									
<i>Kontrollprov typ I</i>									
Omdrev II:1	2	0,0042	17	0,72	0,049	0,026	1,4	0,0036	19
Omdrev II:2	3	0,0031	13	0,56	0,043	0,037	3,1	0,0019	14
Omdrev II:3	8	0,0043	18	0,72	0,055	0,037	3,4	<0,01	18
Omdrev II:4	8	0,005	16	0,75	0,062	0,025	3,4	0,0024	17
Omdrev III:1	7	<0,01	20	0,69	0,062	0,024	3,6	<0,05	21
Omdrev III:2	6	<0,01	18	0,71	0,053	<0,02	3,4	<0,05	19
Omdrev III:3	6	0,004	15	0,61	0,053	<0,02	3,4	<0,01	15
Omdrev III:4	8	0,004	17	0,66	0,059	<0,04	3,4	<0,01	17
Omdrev 1	9	0,0037	17	0,66	<0,05	<0,04	3,5	0,0013	18
Omdrev 2	21	0,0044	16	0,71	0,056	0,031	3,1	*	17
Omdrev 3	27	0,004	17	0,67	0,056	*	3,5	*	18
<i>Kontrollprov typ II</i>									
Omdrev II:3	6	*	16	0,58	0,16	*	1,6	*	24
Omdrev II:3	6	*	17	0,61	0,17	*	1,5	*	24
Omdrev III:1	6	*	20	0,53	0,18	*	1,7	*	29
Omdrev III:2	6	*	18	0,55	0,18	*	1,6	*	26
Omdrev III:3	6	*	15	0,49	0,17	*	1,6	*	22
Omdrev III:4	6	*	16	0,51	0,16	*	1,5	*	23
Omdrev 2	12	*	17	0,60	0,17	*	1,5	*	24
Omdrev 3	24	*	17	0,52	0,17	*	1,6	*	25

* ett eller flera värden under rapporteringsgräns

Bilaga 3. Uppgifter om brukning

Formulär använt 2011

OBS! De flesta uppgifterna avser skiftet där provtagningspunkten är belägen, inte gården som helhet.

Provpunktens nummer: Län: Provtagare:

1. Vilken huvudsaklig driftsinriktning har jordbruket på gården som skiftet hör till?

Växtodling Husdjur Blandat |

2. Är provpunkten belägen på mark som får miljöersättning för ekologisk odling?

Ja Nej

2.1 Om ja: Hur länge har det varit i ekologisk odling?

< 5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

3. Vilken växtföljd tillämpas på skiftet?

Mest spannmål utan vall Nästan enbart vall
 Spannmål + flerårig vall Annan

4. Har växtföljden nyligen ändrats?

Ja Nej

4.1. Om ja: För hur länge sedan ändrades den?

< 5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

4.2. Vilken var den tidigare växtföljden?

Mest spannmål Med flerårig vall Annan Vet ej

5. Tillförs stallgödsel regelbundet på skiftet?

Ja Nej

5.1. Från vilket djurslag härrör tillförd stallgödsel i huvudsak?

Nötboskap Svin Fjäderfä Blandat Annat

5.2. Har stallgödsel tidigare tillförts till skiftet?

Ja Nej Vet ej

5.3 Om ja: Hur länge är det sedan stallgödsel regelbundet tillfördes?

< 5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

Formulär som fylldes i på dator 2013-2017

SLU - Registrering av jordprover - Internet Explorer

http://localhost:62040/

SLU - Registrering av jordpro...

Arkiv Redigera Visa Favoriter Verktyg Hjäl

Uppgifter om brukning av blocket/skiftet där provtagningspunkten är belägen

OBS! Alla frågorna utom den första avser skiftet där provtagningspunkten är belägen, inte gården som helhet. Frågorna 1, 2, 3, 4 och 5 måste alltid fyllas i. Bara ett svar är möjligt i varje rad.

Provpunktens nummer:

Län:

Provtagare:

1. Vilken huvudsaklig driftsriktning har jordbruket på gården som skiftet hör till?
 Växtodling Husdjur Blandat Ej jordbruk

2. Är provpunkten belägen på mark som får miljöersättning för ekologisk odling?
 Ja Nej

2.1. Om ja på fråga 2: Hur länge har det varit i ekologisk odling?
 <5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

3. Vilken växtföljd tillämpas för närvarande på skiftet?
 Mest spannmål utan vall Spannmål + flerårig vall Nästan enbart vall Annan

4. Har någon större ändring av växtföljden skett de senaste 20 åren?
 Ja Nej

4.1. Om ja på fråga 4: För hur länge sedan ändrades den?
 <5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

4.2. Om ja på fråga 4: Vilken var den tidigare växtföljden?
 Mest spannmål utan vall Spannmål + flerårig vall Nästan enbart vall Annan

5. Tillförs stallgödsel regelbundet på skiftet?
 Ja Nej

5.1. Om ja på fråga 5: Från vilket djurslag härrör tillförd stallgödsel i huvudsak?
 Nötboskap Svin Fjäderfä Blandat Annat

5.2. Om nej på fråga 5: Har stallgödsel tidigare regelbundet tillförts skiftet?
 Ja Nej Vet ej

5.3. Om ja på fråga 5.2: Hur länge är det sedan stallgödsel regelbundet tillfördes?
 <5 år 5-10 år 10-20 år >20 år Vet ej

5.4. Om ja på fråga 5.2: Från vilket djurslag härrör tillförd stallgödsel i huvudsak?
 Nötboskap Svin Fjäderfä Blandat Vet ej Annat

