



Tillståndet i svensk åkermark

Current status of Swedish arable soils

Jan Eriksson Arne Andersson Rune Andersson

Tillståndet i svensk åkermark

Current status of Swedish arable soils

Jan Eriksson och Arne Andersson
Institutionen för markvetenskap
Sveriges lantbruksuniversitet
Box 7014
750 07 Uppsala

Rune Andersson
Naturvårdsverket
Forskningsavdelningen i Uppsala
Box 7050
750 07 Uppsala

NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG

Beställningsadress:
Naturvårdsverket
Kundtjänst
106 48 Stockholm
Tfn: 08-698 12 00
Fax: 08-698 15 15
E-post: kundtjanst@environ.se
Internet-hemsida: <http://www.environ.se>

ISBN 91-620-4778-7
ISSN 0282-7298

© Naturvårdsverket
Foto omslag: Kjell-Arne Larsson
Tryck omslag och kartbilaga: Tryckindustri
Tryck: Naturvårdsverkets reprocentral 1997/09
Upplaga: 500 ex

Förord

Vi har hittills dåligt känt till hur den svenska åkermarken mår. Det har gällt såväl viktiga produktionsfaktorer som näringstillstånd, pH och humusinhåll som förekomsten av oönskade tungmetaller.

Föreliggande arbete kan ses som en första mer systematisk redovisning av tillståndet i den svenska åkermarken. Redovisningen bygger på ca 3 100 insamlade matjordsprover och ca 1 700 alvprover. Samtidigt insamlades också ca 1 100 grödprover för att möjliggöra en analys av hur grödans kvalitet beror av markförhållandena. Medel för analys av dessa prover liksom för bestämning av kornstorleksfördelningen i jordproverna har nyligen erhållits. Resultaten härav liksom en mer total utvärdering av det samlade materialet kommer att redovisas i annat sammanhang.

I dag finns inget beslut att efter en given tid upprepa nu genomförd provtagning. När detta arbete planerades skedde det dock med avsikt att så skulle ske och med ett intervall av ca tio år. Att följa vad som händer med den mark som vi och kommande generationer skall använda för matproduktion bör rimligen vara en lika angelägen uppgift som att bedriva vilken annan miljöövervakning som helst i landet. Oavsett när en sådan förnyad provtagning kan komma att ske blir här redovisade data utan tvekan en värdefull referens för framtida bedömning av i vad mån utvecklingen gått mot det sämre eller det bättre hållet.

Huvudansvarig för hela studien har varit professor Arne Andersson vid Institutionen för markvetenskap vid Sveriges lantbruksuniversitet. Agronomie doktor Jan Eriksson vid samma institution har sammanställt analysdata, upprättat kartmaterialet samt varit huvudförfattare för föreliggande rapport. För insamling av provmaterialet har Statistiska Centralbyrån svarat. Analyserna har utförts av laboratorerna Svensk Grundämnesanalys AB i Luleå och AnalyCen Nordic AB i Lidköping.

Arbetet har initierats och finansierats av Naturvårdsverket. Enhetschef Eva Thörnelöf och avdelningsdirektörerna Anders Berntell, Martin Henriksson alla verksamma vid miljöövervakningsenheten samt Rune Andersson vid forskningsavdelningen har alla på ett eller annat sätt bidragit till att föreliggande rapport nu kan ges ut.

Stockholm i augusti 1997

Rune Andersson
Naturvårdsverket

Innehållsförteckning

Sammanfattning	7
Summary	9
Bakgrund och syfte	11
Material och metoder	13
Provtagning och provpreparering	13
Analysmetoder	16
Kvalitetskontroll	17
Karteringsmetodik	21
Resultat och diskussion	22
Organiskt material, totalsvavel och totalkväve	22
Humushalt	22
Totalkväve, kol/kväve-kvot	23
Totalsvavel, kol/svavel-kvot, kväve/svavel-kvot	23
Karbonathalt, pH och kalktillstånd	24
Karbonathalt	24
pH	24
Effektiv katjonbyteskapacitet, utbytbara katjoner och effektiv basmättnads- grad	26
Kalcium/magnesium- och kalium/magnesium-kvoter	29
Fosfortillstånd	30
Spårelement i matjord och alv	31
Arsenik	31
Bor	31
Bly	32
Kadmium	33
Koppar	35
Krom	35
Kvicksilver	36
Mangan	36
Selen	37
Zink	37
Koppar/molybden-kvot	38
Kadmium/zink-kvot	38
Sambandet mellan matjordens och alvens halter av spårämnen	39
Driftsinriktningens betydelse för åkermarkens tillstånd	41
Sammanfattade synpunkter	45
Regionala mönster och deras orsak	45
Berggrundens och jordartens betydelse	45
Andra faktorer	47

Åkermarkens tillstånd ur miljö- och jordbrukssynpunkt	47
Risk för skadliga effekter av spårelement	47
Bördighet, risk för växtnäringsläckage	49
Erkännande	54
Litteraturförteckning	55
Figurbilaga: Kartor	47 sidor
Appendix 1: Nationell statistik	3 sidor
Appendix 2: Statistik för län	23 sidor

Sammanfattning

Denna rapport redovisar resultatet av en systematisk kartering av svensk åkermark med avseende på humusinhåll och de viktigaste markkemiska egenskaperna. Undersökningen innefattar ca 3 100 matjords- och 1 700 alvprov från provplatser slumpmässigt fördelade över Sveriges åkerareal. Matjordsproven (0-20 cm) samlades in under tiden 1988-1995, merparten dock under 1994-1995. Alvproven (40-60 cm) togs 1995. Resultatet av karteringen redovisas i form av statistik, som visar genomsnittliga nivåer för riket och på länsnivå, och kartor som visar den geografiska variationen.

Följande variabler har analyserats i matjords- och alvprov; pH-H₂O och salpetersyra-lösliga fraktioner av arsenik (As), bly (Pb), cesium (Cs), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), strontium (Sr), vanadin (V) och zink (Zn).

Följande variabler har analyserats endast i matjordsprov; vattenlösligt bor (B), kungsvattenlösligt selen (Se), ammoniumlaktat-acetatlösligt fosfor (P-AL), saltsyralösligt fosfor (P-HCl), utbytbar kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), och natrium (Na), utbytbar aciditet, total kolhalt (tot-C), kolhalt efter syrabehandling (organiskt C) samt total kväve- och svavelhalt (tot-N och tot-S).

Från grundvariablerna har humushalt, karbonathalt och olika kvoter beräknats.

De viktigaste resultaten är som följer: Humushaltsnivån är relativt hög. Humushalten är, organogena jordar inbegripna, i medeltal 6,2 %. Medianvärdet är 4,1 %. För jordar med mindre än 12 % humushalt (mineraljordar) är motsvarande siffror 4,3 respektive 3,9 %. Andelen humusfattiga jordar (< 2 % humushalt) är mindre än 5 %. Kol/kväve-kvoten är lägst i slättbygderna i Skåne och i Mälardalen, där värden kring 9 är vanliga. Medianvärdet för landet är 11.

Det genomsnittliga pH-värdet i matjorden är 6,3, dvs det ligger mitt i det intervall (pH 6 - 6,5) som anses som optimalt i åkermarken. 14 % av jordarna har ett pH på 7,0 eller högre medan 29 % av jordarna har ett pH på 6,0 eller lägre och knappt 6 % har ett pH på 5,5 eller lägre. Ett pH lägre än 5,5 innebär vanligen att jorden behöver grundkalkas. De högsta pH-värdena har de jordar som är påverkade av kalkhaltigt modermaterial och lerjordar.

Jordbruksmarkens innehåll av utbytbar magnesium är starkt negativt korrelerat till mängden utbytbar kalcium. De lägsta magnesiumhalterna uppmättes i södra Sverige och delar av Norrland. En del av områdena med låga magnesiumnivåer har också en hög K/Mg-kvot vilket kan försvåra grödornas magnesiumförsörjning. De högsta halterna av utbytbar kalium har lerjordsområdena i Östergötland och östra Svealand.

Matjorden fosfornivå är generellt hög. Endast 13,5 % av jordarna hade halter av lättlösligt fosfor motsvarande de lägsta markarteringsklasserna I och II

(< 4 mg 100 g⁻¹). För förrådsfosfor hade endast 3,3 % halter motsvarande klass I (endast 1 provplats) och II (< 40 mg 100 g⁻¹). 41 % av jordarna hade förrådsfosfor-klass V (> 80 mg 100 g⁻¹).

Halter av As, Cd, Cu, Hg, Mn, Pb, Se och Zn över genomsnittet kan ofta härledas till påverkan från alunskifferhaltigt modermaterial. Detta är en trolig bidragande orsak till att flera av dessa ämnen uppvisar höga halter på t.ex Österlen, vid Västgötaberget och i Jämtland. Halterna av många spårelement speciellt Cd, Cr, Cu, Pb och Zn är också höga i lerjordarna runt Mälaren. Halterna av de flesta spårelement är högre ju mer humusrik jorden är. Detta är mest markant för B, Cd, Hg och Se, som på kartorna uppvisar generellt högre halter i områden med organogena jordar.

Jordbruksmarkens spårelementhalter är med andra ord i hög grad betingade av modermaterialets naturliga innehåll, vilket också framgår av att matjordens halter i hög grad är korrelerade med den underliggande alvens. Alven är lite påverkad av tillförsel utifrån. För Hg, Cd och Pb är halterna dock 253, 61 respektive 24 % högre i matjorden än i alven, vilket torde bero på tillförsel utifrån via luftnedfall, betningsmedel (endast Hg) och fosforgödselmedel (framförallt Cd). Luftnedfallet kan häröra från såväl naturliga (framförallt Hg) som antropogena källor.

I 37 % av åkermarken föreligger en eller flera av tungmetallerna Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb och Zn i halter över gränsvärdet för högsta tillåtna halt i åkermark vid användning av avloppsslam. Oftast är det Zn (27 %) och Cr (22 %) som begränsar möjligheten att använda avloppsslam. Av kadmium har 8,5 % av jordarna halter över gränsvärdet. I området kring Mälaren är andelen mark med för höga halter av Cr och Zn betydligt större än riksgenomsnittet. Nära 25 % av jordarna har Cu-halter under eller nära den gräns som anges indikera Cu-brist.

Med hjälp av data från Lantbruksregistret över förhållandena under provtagningsåret kunde också eventuella effekter av driftsinriktning på marken grovt skattas. Data från Skåne, Hallands och Skaraborgs län bearbetades och resultatet antyder att matjordens pH är lägre och humushalt högre på nötkreatursinriktade företag än på företag inriktade på svinproduktion eller växtodling. Humushalten ökade också med vallandelen. Svinproducerande företag hade högre P-AL-tal och Zn- och Cu-halter i matjorden än de andra företagstyperna, troligen på grund av att relativt stor mängd av dessa element tillsätts svinfoder.

Summary

This report shows the results of a systematic mapping of Swedish arable land with regard to humus content and the most important soil chemical properties. The study includes 3 100 plough-layer samples (0-20 cm) and 1 700 subsoil samples (40-60 cm) from sampling sites randomly distributed throughout the agricultural areas in Sweden. Plough-layer samples were collected from 1988 through 1995, although most were collected during 1994-1995. Subsoil samples were taken in 1995. The results of the mapping are presented in the form of statistics that show the average levels at the country and county levels, and maps that show the geographic variation.

The following variables were analyzed in the plough-layer and subsoil samples: pH-H₂O and nitric acid-soluble arsenic (As), cesium (Cs), cadmium (Cd), chromium (Cr), cobalt (Co), copper (Cu), lead (Pb), manganese (Mn), mercury (Hg), molybdenum (Mo), nickel (Ni), strontium (Sr), vanadium (V) and zinc (Zn).

The following variables were only analyzed in the plough-layer samples: water-soluble boron (B), *aqua regia*-soluble selenium (Se), ammonium lactate-acetate-soluble phosphorus (P-AL), hydrochloric acid-soluble phosphorus (P-HCl), exchangeable calcium (Ca), exchangeable magnesium (Mg), exchangeable potassium (K), and exchangeable sodium (Na), exchangeable acidity, total carbon content (tot-C), carbon content after acid treatment (organic C) and total nitrogen and sulfur contents (tot-N and tot-S).

From the basic variables, the humus content, carbonate content and various ratios were calculated.

The most important results are as follows: The organic matter content was relatively high and averaging 6.2 %, organic soils included. The median value was 4.1 %. For soils with an organic matter content of less than 12 % (mineral soils) the corresponding values were 4.3 and 3.9 % respectively. Less than 5 % of the soils were poor (< 2 %) in organic matter. The carbon/nitrogen ratio was lowest in the plain regions in Skåne and around Lake Mälaren, where values around 9 were common. The median value for the country was 11.

The average pH value in the plough layer was 6.3. Of the soils analyzed, ca 14 % had a pH of 7.0 or higher, while 29 % had a pH of 6.0 or lower, and just 6 % had a pH of 5.5 or lower. A pH lower than 5.5 generally indicates that the soil needs to be limed. The highest pH values were registered for soils influenced by calcareous parent material, the lowest ones for some organic soils.

The content of exchangeable magnesium in agricultural soils was found to be strongly negatively correlated with the level of exchangeable calcium. Magnesium contents were lowest in southern Sweden and parts of Norrland. Some of the areas with the lowest magnesium levels also had a high K/Mg ratio which could make it difficult for the crops to obtain an adequate magnesium supply. The highest

potassium levels were recorded in areas with clay soils in Östergötland and eastern Svealand.

The phosphorus level in the plough layer was generally high. Only 13.5 % of the soils had P-AL levels corresponding to the lowest soil fertility classes, I and II (< 4 mg 100 g⁻¹). Of P-HCl, only 3.3 % of the soils had levels corresponding to P-HCl classes I (only one sampling site) and II together (< 40 mg 100 g⁻¹). Forty-one percent of the soils were of P-HCl class V (> 80 mg 100 g⁻¹).

Above-average concentrations of As, Cd, Cu, Hg, Mn, Pb, Se and Zn can often be traced to the influence of alum shale rich parent material. This is probably a factor contributing to the high concentrations of many of these elements in Österlen, around the plateau mountains in Västergötland and in Jämtland. Concentrations of many trace elements, especially Cd, Cr, Cu, Pb and Zn, were also high in clay soils around Lake Mälaren. In addition, concentrations of most trace elements showed a positive relation to the soil organic matter content. This was most pronounced for B, Cd, Hg, and Se, the concentrations of which were generally higher in areas with organic soils.

Trace element concentrations in agricultural soils are, in other words, determined to a large degree by the parent material, which is also illustrated by the fact that concentrations in the plough layer are highly correlated with those in the underlying subsoil. The latter is not influenced much by supplies from external sources. However, for Hg, Cd and Pb, concentrations were 253, 61 and 24 % higher in the plough layer as compared with the subsoil, presumably owing to external supplies in the form of atmospheric deposition, seed disinfectant (only Hg) and phosphorous fertilizer (main source for Cd). Supplies in the form of atmospheric deposition could be of natural (especially for Hg) as well as anthropogenic origin.

In 37 % of the arable land area one or more of the studied heavy metals Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, and Zn, occurred at concentrations above the upper limit allowed for sewage sludge disposal sites. In most cases it is Zn (27 %) and Cr (22 %) that restrict possibilities for using sewage sludge. For cadmium, 8.5 % of the land area has levels above the limit value. In the area around Lake Mälaren, the proportion of soil area with concentrations of Cr and Zn above the respective limit values was substantially higher than the mean for the country as a whole. Close to 25 % of the soils had Cu concentrations below or at the limit value assumed to indicate Cu-deficiency.

With the help of data from the Agricultural Register on farming conditions during the sampling years any possible effects of farm type on the soil could be roughly estimated. Analysis of data from Skåne, Halland and Skaraborg counties indicates that on farms concentrating on cattle production the plough-layer pH was lower and the organic matter content higher compared with farms concentrating on pig or crop production. Plough-layer concentrations of P-AL, Zn and Cu were higher on pig farms than on other types of farms, probably owing to the relatively large amounts of these elements in pig feed.

Bakgrund och syfte

I takt med att miljömedvetenheten ökar och alltmer förfinade produktionsmetoder utvecklas inom jordbruket ökar behovet av representativa och heltäckande data över åkerjordarnas egenskaper. Sådana uppgifter är viktiga för att kunna beskriva markens nuvarande tillstånd och för planering av olika åtgärder för att öka markens bördighet och/eller komma tillrätta med odlingstekniska och miljömässiga problem. De behövs också som bas för att kunna följa förändringar i markens egenskaper, som induceras såväl genom åtgärder inom jordbruket självt som genom påverkan utifrån t ex genom depositionen av luftföroreningar. Markegenskaperna har också betydelse för åkermarkens påverkan på omgivande miljö. Som exempel kan nämnas läckage av kväve och erosion/läckage av fosfor.

I Sverige har en systematisk och någorlunda heltäckande (geografiskt, antal variabler) kartering av åkermarken, hittills knappast förekommit. En omfattande kartering förekommer i och för sig sedan länge genom den markkartering som enskilda lantbrukare låter genomföra på sina ägor. Data från markkarteringarna finns sammanställda i opublicerade rapporter från en del länsstyrelser och i Cahlin (1988). Markkarteringen är dock av naturliga skäl ej särskilt systematisk i det storskaliga perspektivet. Cahlin (1988) jämförde markkarteringsdata med data från ej karterade jordar och fann att pH men ej P-AL- och K-AL-värdena från markkarterade gårdar var representativa. Markkarteringen omfattar oftast bara de variabler som behövs för gödslings- och kalkningsplanering. De parametrar som vanligen ingår är pH, AL-lösligt fosfor och kalium, HCl-lösligt K samt humushalt och textur (mineraljordart). De två senare bestäms dock med subjektiva metoder och är ofta ej så tillförlitliga.

En tidig rikstäckande beskrivning av åkermarken är den jordartskarta över åkermarkens matjordstyper som sammanställdes av Ekström (1953) baserad på författarens egna undersökningar och tillgängliga regionala geologiska kartblad. Kartering av jordarter på 50 cm djup i olika marktyper oavsett markanvändning har utförts av Sveriges Geologiska Undersökning sedan 1800-talets mitt (SGU, Kartblad i serie Aa och Ae). Karteringen täcker endast de mest tätbefolkade delarna av landet.

Mattsson (1996) utnyttjade de data som rutinmässigt tas fram vid anläggande/genomförande av växtodlingsförsök, för att få fram en översiktlig bild av markbördighet och jordart i svensk åkermark. Data från 1156 provplatser för perioden 1975-1993 sammanställdes. De studerade variablerna var i stort sett desamma som ingår i markkarteringen enligt ovan. Som författaren själv påpekar gäller, eftersom försöksplatserna valts med utgångspunkt från försökets syfte, samma inskränkningar i representativitet för denna provtagning som för markkarteringen.

För tungmetaller utfördes en rikstäckande provtagning och analys av prov från åkermark (matjord) och intilliggande naturmark (ytskiktet), av Andersson (1977). Antalet provpunkter var totalt 361 stycken så provtätheten var låg. För Cd utfördes en mer omfattande sammanställning av data från ca 1 800 matjordsprov tagna under perioden 1988-1994 av Eriksson m fl (1995).

För skogsmark är karteringsverksamheten betydligt mer utvecklad än den är för jordbruksmark. Inom ståndortskarteringen karteras mark och vegetation, med 10-15 års mellanrum i fasta provytor (Karlton, 1994). Man är nu inne på andra inventeringsrundan. Prov från humusskiktet tas för närvarande i ca 13 000 provytor och mineraljordsprov i ca 3 500 ytor. På proverna bestäms kol, kväve, svavel och pH. Jordart bedöms i fält. På en del prover bestäms också utbytbara katjoner och aciditet. Melkerud m fl (1992) använde ståndortskarteringens prover för att göra en geokemisk atlas över skogsjordar. Man bestämde ett stort antal spårelement på 1885 jordprov från 50 cm djup uttagna åren 1983-1987.

Sveriges Geologiska Undersökning (SGU) bedriver också biogeokemisk och markgeokemisk kartering. Den förra är bara indirekt en markkartering eftersom man provtar och analyserar bäckvattenväxter. Spårelementhalterna i dessa speglar lösliga mängder i omgivande marker. 15 spårämnen analyseras. Hela landet utom Norrlands inland är karterat (Sten-Åke Ohlsson, muntligt). SGU:s markgeokemiska kartering baseras på analyser av jordprov (moränjordar, mest skogsmark) från ca 1 m djup. Karteringen täcker idag större delen av Götaland och Västernorrlands län, Västerbottens län utom fjällkedjan och södra Norrbottens län. Totalhalter av 25 element och kungsvattenlösliga halter av ca 20 element bestäms (Madelen Andersson, muntligt). Provtätheten i båda undersökningarna är 1 prov per ca 6 km².

Syftet med föreliggande undersökning var att utföra en systematisk kartering av svensk åkermark med avseende på humushalt, pH, karbonathalt, utbytbara katjoner, fosfor- och kalium-status samt halter av olika spårämnen. Undersökningen innefattar både matjords- och alvprover. I undersökningen ingick också att med hjälp av SCB:s statistik över driftsform, företagsstorlek, arealanvändning och djurhållning analysera sambandet mellan driftsinriktning och viktiga markegenskaper som humushalt och näringstillstånd. Resultaten redovisas i form av statistik, som visar genomsnittliga nivåer för riket och på länsnivå, och kartor som visar den geografiska variationen.

Material och metoder

Provtagning och provpreparering

Det undersökta materialet innefattar 3108 matjordsprov (0 - 20 cm) och 1774 alvprov (40 - 60 cm). I undersökningen ingår prover som tagits under perioden 1988-1995, merparten dock under 1994-1995. De analyserade variablerna är sådana som förändras långsamt, så framtagna värden kan betraktas som jämförbara oavsett när proven tagits. Ett undantag är pH för enskilda fält där kalkningsåtgärder kan ge snabba förändringar. Följande provtagningar ingår i undersökningen.

1. Prover tagna för att studera hur olika markfaktorer påverkar Cd-halter i mark och gröda. Undersökningen innefattade 340 matjordsprover uttagna år 1988 över hela landets åkerareal. Provtagningen utfördes av Statistiska Centralbyrån (SCB) i samband med den objektiva skördeuppskattningen. Provpunkter (213 st) i havre fördelades slumpmässigt i proportion till den totala åkerarealen. Provpunkter i höstvetete (127 st) fördelades slumpmässigt i förhållande till den då aktuella höstvetetearealen. De data som togs fram i denna undersökning har tidigare redovisats i Eriksson (1990).
2. Prover tagna för att utreda orsaker till höga Cd-halter i skåniskt höstvetete. Undersökningen innefattade 196 matjordsprover uttagna år 1992 i höstveteteodlingar i Skåne. Provtagning utfördes av SCB i samband med den objektiva skördeuppskattningen. Provplatserna fördelades slumpmässigt över det aktuella årets höstveteteareal. Denna undersökning redovisas i Eriksson & Söderström (1996) och Söderström & Eriksson (1996).
3. 798 matjordsprov uttagna år 1994 över hela landet för kartläggning av kadmiumhalter i åkermark (Eriksson m fl, 1995). Provtagningen utfördes av SCB i samband med den objektiva skördeuppskattningen. Provtagningen var avsedd som ett komplement till 1 och 2 ovan och andra provtagningar från vilka data ingick i kadmiumundersökningen. Därför togs inga prover i Göteborgs och Bohus län, Älvsborgs län, Skaraborgs län, Örebro län och Västernorrlands län. Eftersom de tidigare provtagningarna i hög grad skett i höstvetete- eller havreodlingar, valdes kornodlingar i första hand för provtagning i den kompletterande undersökningen. Avsikten med detta var att jämma ut eventuella skevheter i det tidigare urvalet som beror på att man har olika preferenser vad gäller jordtyp för olika grödor. Inom de län som provtogs fördelades provplatserna slumpmässigt över åkerarealen.
4. 1774 matjordsprov med tillhörande alvprov från hela landet tagna år 1995. När det gäller matjordar syftade provtagningen dels till att öka provtätheten till ungefär 1 prov per 1 000 ha dels till att jämma ut de skillnader mellan olika län som förelåg i provtagning 3. Eftersom denna sista provtagning var kompletten-

tär till de tidigare varierar provtagningstätheten för alvprov en aning mellan olika län.

Med totalt 3108 st matjordsprover blev genomsnittliga provtätheten ca 1 prov per ca 900 ha åkermark. Provplatserna har så långt möjligt fördelats jämnt över landets åkerareal. På grund av ett misstag vid SCB:s utläggning av provpunkter blev dock provtagningstätheten i Jämtlands län (1 prov per ca 1 200 ha) och i Norrbottens län (1 prov per ca 1 900 ha) lägre än avsett. Provtagningen i dessa län kommer att kompletteras under hösten 1997.

För några tiotal prover finns ej kompletta data. En del jordprov från de äldre provtagningarna tog slut innan alla analyser genomförts. För några prover var platsidentifikationen osäker, vilket medför att de ej kunnat koordinatsättas och därför ej ingår i kartredovisningarna. Därför är antalet prover som senare redovisas i resultatavsnittet vanligen färre än 3108 (matjord) respektive 1774 (alvprov).

Provplatserna i 1995 års provtagning fördelades genom två olika urval. I det ena togs prov på de provytor som ingick i SCB:s provtagning för objektiv skördeuppskattning. Denna provtagning utfördes i de 32 av totalt 102 skördeområden som det aktuella året ingick i den objektiva skördeuppskattningen. Åkrar där grödan var höstvetete eller vårkorn valdes. På provytorna togs även ca 300 kärnprov av vardera grödan. Analys av dessa rymdes dock ej inom det anslag projektet erhöi i första omgången. Vi har dock senare erhållit tilläggsanslag och både dessa kärnprover och sådan som togs inom ramen för undersökning 1 och 2 kommer att analyseras på halter av de viktigaste makronäringsämnen och spårelementen under hösten 1997.

Det andra urvalet skedde i de skördeområden som ej ingick i den objektiva skördeuppskattningen. Jordprovtagningen styrdes ej mot någon speciell gröda, dock uteslöts träda och annan vid provtagningen ej utnyttjad mark. Vid urvalet togs hänsyn till tidigare urval av provpunkter inom varje skördeområde.

Urvalet av provplatser skedde i stora drag på följande sätt. Först väljs önskat antal företag ut inom varje skördeområde. Inom varje företag väljs ett fält med aktuell gröda och inom fält slutligen provplatsens läge. I varje steg sker urvalet på ett slumpmässigt sätt. Urvalet av provplatser till vår undersökning är dock inte helt representativt för landets åkerareal eftersom vi av skäl som redovisats ovan styrt provtagningen till olika grödor i de olika undersökningarna. Inom den objektiva skördeuppskattningen är dessutom urvalet inriktat mot företag med spannmålsgrödor och i viss mån slåttervall och antalet uttagna företag begränsas till ett visst högsta antal inom varje skördeområde, oavsett skördeområdets åkerareal. Vidare ingår endast företag med mer än 5,0 ha åkermark i den objektiva skördeuppskattningen.

För att göra det möjligt att undersöka sambandet mellan driftsinriktning hos de jordbruksföretag där proverna togs och markegenskaper tillhandahöll SCB också data från Lantbruksregistret rörande areal av olika grödor och djurhållning på de aktuella företagen. Uppgifterna gällde det år eller året innan jordproverna togs. För provplatserna i 1988 års provtagning (340 st) saknas dessa uppgifter.

Tabell 1. Andel prov från företag inom olika storleksklasser och fördelningen av landets totala åkerareal (ha) på olika företagsstorleksklasser enligt SCB (1996a)

Table 1. Proportion of samples from farms within different size classes and distribution of the country's total arable land among the different farm-size classes according to SCB (1996a)

Företagsstorlek	Antal prov	%	Areal	%
5,1 - 10,0	102	3,7	126 649	4,7
10,1 - 20,0	220	8,0	271 350	10,0
20,1 - 30,0	242	8,8	263 631	9,7
30,1 - 50,0	517	18,9	502 960	18,5
50,1 - 100,0	859	31,3	780 177	28,7
>100,0	802	29,2	772 940	28,4
Totalt	2 742	100	2 717 707	100

Tabell 1 visar att provplatser för vilka vi hade uppgifter om företagets areal, antalsmässigt i stort sett fördelade sig mellan olika företagsstorleksklasser på samma sätt som landets totala åkermarksareal. Små företag är visserligen en aning underrepresenterade i förhållande till större, men siffrorna visar ändå att provtagningen varit någorlunda representativ vad gäller företagsstorlek. Eftersom en stor del av landets åkerareal hör till stora företag har flertalet av våra slumpmässigt fördelade provpunkter hamnat på sådana. Medelföretaget i vår undersökning har därför en åkerareal på 107 ha, vilket kan jämföras med medelarealen 37 ha för alla jordbruksföretag i Sverige större än 5 ha (SCB, 1996a)

Vid provtagningen av matjorden togs 6-20 borrhstick i nivån 0-20 cm ut på varje provplats. Olika borrhstyper med olika dimensioner användes i olika undersökningar, så antalet stick anpassades för att ge tillräcklig representativitet och jordmängd. Alven provtogs med 6 stick i nivån 40-60 cm. Borrhsticken slogs ihop till ett individuellt generalprov för matjord respektive alv per provplats. I provtagningarna 1988 och 1992 togs borrhsticken på en yta av ca 2 m². I de senare togs prov från en yta på 10-20 m².

Provpunkterna har koordinatsatts i rikets nät (RT 90). För att enskilda gårdar ej skall kunna identifieras har koordinaterna avrundats till hela kilometrar. Koordinatsättningen utgår från brukningscentrum på den gård till vilket det provtagna fältet hör och kan därför bli en aning oprecis om gården har mycket spridda ägor. Koordinatsättning utfördes av SCB i Örebro. Provplatsernas geografiska fördelning framgår av Fig. 1.

Proverna preparerades för analys genom torkning vid 25 - 30 °C. Resultaten från torrsubstansbestämningen visade senare att en del mineraljordsprov inte torkats tillräckligt effektivt vid SCB. De var tillräckligt torra för att vara lagringsdugliga, men vattenhalten kan möjligen sjunka vid långvarig lagring. Efter torkning maldes proverna på jordkvarn, varvid eventuellt innehåll av grus och sten siktas ifrån och

större aggregat sönderdelas så att de passerar genom 2 mm sikt. Malningen utfördes vid Provcentralen, SLU.

Analysmetoder

Analys av arsenik (As), bly (Pb), cesium (Cs), kadmium (Cd), kobolt (Co), koppar (Cu), krom (Cr), kvicksilver (Hg), mangan (Mn), molybden (Mo), nickel (Ni), strontium (Sr), vanadin (V) och zink (Zn) i matjords- och alvprover, bor (B) och selen (Se) i matjordsprover samt mätning av pH och bestämning av torrsubstanshalt i alvprover utfördes av Svensk Grundämnesanalys AB, Luleå.

Analys av ammoniumlaktat-acetatlösligt fosfor (P-AL), saltsyralösligt fosfor (P-HCl), utbytbar kalcium (Ca), magnesium (Mg), kalium (K), och natrium (Na), utbytbar aciditet, total kolhalt (tot-C), kolhalt efter syrabehandling (organiskt C), total kväve- och svavelhalt (tot-N och tot-S) samt mätning av pH och bestämning av torrsubstanshalt i matjordsprover utfördes vid AnalyCen Nordic AB, Lidköping.

As, Pb, Cs, Cd, Co, Cu, Cr, Hg, Mn, Mo, Ni, Sr, V och Zn i matjords- och alvprover extraherades i autoklav med 7 M salpetersyra, huvudsakligen enligt metod beskriven i Svensk Standard SS 02 81 83. Avvikelsen från standardmetoden bestod i en ökning av mängden invägt substrat. Av organogena jordar vägdes 1-2 g in och av mineraljordar 5 g.

Se i matjordsprover extraherades enligt metod föreslagen i Application Note 015 från PS Analytical Ltd, Orpington, Kent, Storbritannien. Till 1 g jord tillsattes 16 ml kungsvatten och provet värmdes upp tills en mild återloppskokning erhöles. Efter 10 minuter tillsattes 5 ml vatten varefter provet återloppskokades i ytterligare 10 minuter. Efter kylning späddes provet till 100 ml med avjoniserat vatten och lösningen filtrerades över till en polypropylenflaska. Lösningen späddes ytterligare en gång med 1+1 saltsyra (1 del vatten + 1 del konc. syra) och värmdes på vattenbad vid 70 °C i 30 minuter. 1,2 % natriumtetrahydroborat stabiliserat med 0,1 M natriumhydroxid användes som reduktionsmedel för hydridgenerering.

Bor i matjordsprover extraherades med högre vatten i teflonkär (Berger & Trough, 1940). Vid extraktionen nedsänktes provet i kokande vattenbad. För att öka analys-säkerheten modifierades metoden genom att tiden på vattenbadet utökades till totalt 15 minuter inklusive uppvärmningstid. Vidare skedde extraktionen i ultraljudsbad för att få snabbare genomvättning av provet.

Kvicksilver i salpetersyraextrakten bestämdes med atomfluorescensspektrometri (AFS). Se bestämdes med AFS efter hydridgenerering, B, Co, Sr, V och Zn bestämdes med ICP-AES (optisk emissionsspektrometri med induktivt kopplad plasma). Cs bestämdes med ICP-MS (masspektrometri med induktivt kopplad plasma). As, Pb, Cd, Cu, Cr, Mn, Mo och Ni bestämdes med en kombination av ICP-AES och ICP-MS. Vilken ICP teknik som användes för varje enskilt prov bestämdes av dess haltnivå.

pH i matjords- och alvprover bestämdes enligt Svensk Standard SS-ISO 10390. Till 10 ml jord sattes 50 ml avjoniserat vatten, varefter provet skakades då och då under 4 timmar. Avläsning av pH skedde nästföljande dag.

Torrsubstanshalt i matjords- och alvprover bestämdes enligt Svensk Standard SS-ISO 11465. 10-15 g jord torkades vid 105 °C tills konstant vikt uppnåddes. Som tidigare nämnts var en del prover inte ordentligt torkade då ts-bestämning utfördes. Vid eventuella framtida analyser av proverna bör därför nya torrsubstanshaltsbestämningar göras för att gardera sig mot att jordens vattenhalt minskat under lagring.

Lättlösligt fosfor (P-AL) extraherades enligt Svensk Standard SS 02 83 10. 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) extraherades enligt metod i Kungliga Lantbruksstyrelsens kunngörelse (KLS, 1965). Till 2 g jord tillsattes 50 ml 2 molar saltsyra. Provet nedsänktes i kokande vattenbad i 2 timmar. Därefter kylde provet och jorden filtrerades ifrån. Fosforhalten i AL- och HCl-extrakten bestämdes med ICP-AES.

Utbytbara katjoner extraherades enligt Svensk Standard SS-ISO 11260. 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. Utbytbar aciditet bestämdes genom att 50 ml BaCl₂-extrakt titrerades till pH 7,8 med 0,01 M Na(OH)₂.

Bestämning av kol- och kvävehalt utfördes på finmalt prov genom elementaranalys med en LECO CNS 700. På alla matjordsprov med pH 6,7 eller högre utfördes också kolanalys efter behandling av provet med 2 M HCl för att driva ut eventuell karbonatkol i form av koldioxid. Karbonatkolinnehåll beräknades från skillnaden i kolhalt mellan jordprov med och utan saltsyrabehandling. I resultatredovisningarna anges karbonatkol som ekvivalent mängd CaCO₃.

Prov för svavelanalys (2g) våtuppslöts med konc. HNO₃ + konc. HCl (10 + 10 ml) i värmeblock i 4 timmar vid 110 °C. Efter avsvälning späddes lösningen till 75 ml och svavelhalten bestämdes på ICP-AES.

Redovisade elementanalyser är baserade på torrsubstansen, även P-AL och P-HCl där metodbeskrivningen anger lufttorrt prov.

Kvalitetskontroll

I varje serie med jordprover som sändes till de två laboratorierna för analys ingick ett antal för laboratoriet okända kontrollprover som var delprover av ett jordprov som

även används som kontrollprov vid analyser vid Inst. för markvetenskap. Kontrollprovets position i provserien bestämdes med slumpvalsgenerator. I genomsnitt fanns ett kontrollprov per vart 50:e prov.

Varje laboratorium hade också sin interna kvalitetskontroll. Svensk Grundämnesanalys använde ett blandprov från ett antal av de första 100 proverna i provserien som intern kontroll. Medelvärdet för varje element från 10 delprover av blandprovet användes som "rekommenderat värde" i de fortsatta analyserna. Vid bestämning av Se analyserades 1 blandprov och tre metodblankar per 54 prov och vid bestämning av övriga element 1 blandprov och 10 metodblankar per 85 prov. Därmed erhöles minst 10 blankvärden och ett värde på blandprovet varje dag då analyser utfördes. Dessutom analyserades särskilda kontrolllösningar (av annat ursprung än kalibreringsstandarderna) och driftskontroller enligt normala rutiner för respektive analysmetod.

AnalyCen analyserade kontrollprov och metodblankar enligt följande:

pH - ett kontrollprov per 100 prov

P-AL, P-HCL - två kontrollprov och en metodblank per 100 prov

Svavel - två kontrollprov och en metodblank per 77 prov

Utbytbara katjoner och aciditet - ett kontrollprov och en metodblank per 30 prov

Total kol- och kvävehalt - ett kontrollprov och en metodblank per 20 prov

Tabell 2 och 3 visar statistik över de värden som SLU:s och laboratoriernas egna kontrollprov gav. Den relativa standardavvikelsen (RSD) är generellt låg och antyder bra analyskvalitet. Den något förhöjda RSD för B beror troligen på att extraktionstiden för den använda metoden trots modifieringar var för kort. De höga RSD för utbytbar aciditet och kolhalt efter syrabehandling på SLU:s kontrollprov beror på att provet hade halter nära detektionsgränsen.

Figur 2 visar en jämförelse av analysvärden för Cd och C för SLU:s kontrollprov framtagna dels vid analyser vid Institutionen för markvetenskap dels vid analysen av föreliggande projekts prover vid de kontrakterade laboratorierna. Skillnaderna är små och detta var också fallet för analyser av N, S, Pb, Cu, Zn, Cr och utbytbara katjoner. Fluktuationerna i respektive laboratoriums analysvärden är sådan man får acceptera under normala driftsförhållanden. För kolhaltsbestämningen föreligger en liten nivåskillnad mellan laboratorierna som möjligen kan bero på skillnaden i instrumentering.

P-AL-analysen kan vara lite mer osäker än vad RSD-data antyder. 400 prover mitt i analysserien fick analyseras om eftersom halten i kontrollprovet gradvis ökade till en nivå mer än $1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ högre än den genomsnittliga nivån för detta prov. För 197 st av de prover som provtogs 1992 finns också gamla P-AL-data från analyser utförda av ett annat laboratorium än det här anlitate att tillgå. På dessa prover uppmättes en medelhalt av P-AL på $13,7 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ av AnalyCen, medan medelhalten vid den tidigare analysen var $10,1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$. I en annan analys av prover från Uppsala län, utförd av ett tredje laboratorium, användes samma kontrollprov som i föreliggande undersökning. Den uppmätta P-AL-halten hos kontrollprovets (5 delprov) var i detta fall ca $1 \text{ mg } 100 \text{ g}^{-1}$ lägre än den som anges i Tabell 3. I alla relaterade fall mättes P på ICP. Det är angeläget att de laboratorier som marknadsför

Tabell 2. Statistik för kontrollprover för de variabler som analyserats av Svensk Grundämnesanalys AB. RSD = Relativ standardavvikelse. Avvikare = Antal analysvärden som sorterats bort som statistiska avvikare

Table 2. Results of statistical analyses of control samples for the variables analysed by Svensk Grundämnesanalys. RSD = Relative standard deviation. "Avvikare" = Number of analytical values sorted out as statistical outliers

	As	B	Pb	Cs	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Mo	Ni	Se	Sr	V	Zn
mg kg⁻¹																
<i>SLU:s kontrollprov:</i>																
Antal	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63
Min värde	2,9	0,60	16,3	3,7	0,19	13,2	24,4	44,7	0,048	422	0,96	26,9	0,31	32,4	59,0	105
Max värde	6,3	1,21	28,3	6,9	0,24	16,6	32,5	55,1	0,079	475	1,46	36,1	0,47	36,8	69,8	116
Medelvärde	4,9	0,79	25,4	5,2	0,22	14,5	29,1	49,1	0,058	440	1,17	31,8	0,38	34,5	63,6	108
Stdav.	0,5	0,12	2,1	0,5	0,01	0,7	1,4	1,8	0,005	12	0,08	2,0	0,03	1,1	2,8	2
RSD (%)	11	15	8	10	5	5	5	4	8	3	7	6	9	3	4	2
<i>SGAB:s kontrollprov:</i>																
Antal	41	37	42	42	41	43	43	42	37	42	41	41	43	42	42	42
Min värde	1,9	0,19	14,3	2,3	0,20	5,29	12,6	18,7	0,034	349	0,75	11,5	0,25	27,1	31,3	57,7
Max värde	4,1	0,84	18,4	3,1	0,25	8,22	16,5	22,9	0,042	446	0,99	15,1	0,32	30,9	40,5	71
Medelvärde	3,2	0,49	16,9	2,7	0,22	6,59	14,5	20,6	0,037	387	0,86	12,8	0,28	29	35,6	62
Stdav.	0,5	0,14	0,9	0,2	0,01	0,66	1	0,9	0,002	25	0,06	0,8	0,02	0,9	2,4	2,9
RSD (%)	15	30	5	7	5	10	7	5	5	7	7	6	7	3	7	5
Avvikare	2	0	1	0	2	0	0	1	0	0	1	2	0	0	0	0

Tabell 3. Statistik för kontrollprover för de variabler som analyserats av AnalyCen. RSD = relativ standardavvikelse

Table 3. Results of statistical analyses of control samples for the variables analysed by AnalyCen. RSD = Relative standard deviation

	pH	P-AL	P-HCI	Utbytbart			Utbytbart aciditet	Tot C	Tot N	Tot S	Ts halt	Karbonat-C
				Ca	Mg	Na						
		mg 100 g ⁻¹	mg 100 g ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	mg kg ⁻¹	cmol(+) kg ⁻¹	%	%	%	%	%
SLU:s kontrollprov:												
Antal	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	63	48
Min värde	6,6	5,8	43	2852	284	123	0,00	2,4	0,24	0,020	97,2	0,0
Max värde	7,1	8,3	98	4414	437	244	0,42	2,7	0,37	0,061	97,8	0,8
Medelvärde	6,8	6,7	80	3757	374	198	0,09	2,5	0,29	0,047	97,5	0,1
Stdav.	0,1	0,5	7	265	28	21	0,10	0,1	0,02	0,009	0,1	0,1
RSD (%)	1	7	9	7	7	11	105	2	7	18	0	199
Analysens egna kontrollprov:												
Antal	45	66	60	98	98	98	-	131	131	60	-	27
Min värde	6,5	36,4	123	2476	58	101	-	2,3	0,19	0,024	-	2,4
Max värde	7,0	48,8	177	3750	133	203	-	3,0	0,28	0,041	-	2,8
Medelvärde	6,8	41,3	139	3163	88	160	-	2,5	0,23	0,033	-	2,5
Stdav.	0,1	2,8	9	215	9	18	-	0,2	0,02	0,003	-	0,1
RSD (%)	2	7	7	7	10	11	-	6	8	8	-	5

analyser av P-AL utreder hur man kan öka analyssäkerheten och kalibrerar metoden inbördes.

När det gäller spårelementanalyserna är skillnaden mellan minimum och maximumvärdena för SLU:s referensprov väl stora för As, Pb och Cu. Åtminstone Pb och Cu är relativt lätta att analysera.

Karteringsmetodik

De interpolerade kartorna framställdes med programmet Surfer for Windows, version 6 från Golden Software, Inc. Interpoleringen utfördes med metoden "Inverse distance to a power" (Golden Software, 1996). Vid interpoleringen beräknades värden i 10 × 10 km rutor. Värdet i varje ruta beräknades från värdena i omgivande provpunkter. Sökradien sattes till 25 km och minimi- och maximiantalet punkter för beräkning sattes till 2 respektive 8. Med den använda metoden viktas varje provpunkts bidrag så att dess betydelse avtar med avståndet till den punkt vars värde skall beräknas. För variabler som var log-normalt fördelade användes logaritmerade värden vid interpolationen (gäller företrädesvis elementhalter).

Resultat och diskussion

I det följande presenteras matjordens egenskaper hos Sveriges åkerjordar i form av kartor med statistik över den aktuella variabeln inlagd direkt på kartan. Percentiler kan utläsas ur legenden som visar de haltintervall etc, som färgerna på kartan motsvarar. Länsbeteckningarna i stapeldiagrammet med medianhalter förklaras i Fig. 3a. En samlad och mera fullständig redovisning av statistik för matjordsprov redovisas i Appendix 1. Motsvarande information för varje län finns i Appendix 2.

Också pH och spårelementhalter i alvjordarna presenteras i kartform. För att möjliggöra en direkt jämförelse, redovisas också speciella matjordskartor som endast innefattar de provpunkter där både alv- och matjodsprov tagits. Statistik för de data dessa kartor baseras på presenteras i Tabell 7.

Analyser av cesium (Cs), kobolt (Co), molybden (Mo), nickel (Ni), strontium (Sr) och vanadin (V) i matjords- och alvprover, som egentligen ej ingick i undersökningen, erhöles utan extra kostnad i samband med analys av övriga spårelement. Av utrymmesskäl redovisas data över dessa ämnen endast i form av statistik i tabeller och appendix utan kommentanter i texten. För dessa element är kvalitetskontrollen något sämre än för övriga eftersom värden på referensprovet ej tagits fram vid SLU.

I de fall analysvärdena låg under detektionsgränsen har de i olika databearbetningar schablonmässigt givits ett värde motsvarande halva detektionsgränsen.

Organiskt material, totalsvavel och totalkväve

Humushalt

Humushalten har beräknats från kolhalt, antagande att markens humus innehåller 58 % kol. Matjordens humushalt är i medeltal 6,3 % (Fig. 4a). I denna siffra ingår även organogena jordar med halter högre än 20 %. Merparten av åkerjordarna är dock mineraljordar. Medianvärdet, som är 4,1 %, ger ett bättre mått på halterna i mineraljordar. Jordar med mindre än 2 % humus betecknas av Ekström (1953) som "mullfattiga". Andelen sådana jordar är mindre än 5 %. Om man antar att matjordslagrets tjocklek är 25 cm och att volymvikten är 1,25 ton m⁻³ blir den genomsnittliga mängden humus, beräknad från medianvärdet, 128 ton ha⁻¹, varav 74 ton ha⁻¹ kol.

Figur 4a visar en interpolerad karta baserad på data från alla provpunkter där jordarna delats in enligt Ekströms humushaltsklasser. I Fig. 4b och 4c redovisas mineraljordar med mindre än 12 % humushalt och humusrika jordar-humusjordar var för sig. Mineraljordarnas humushalter tenderar att vara lägst i de mest intensiva jordbruksområdena i slättbygderna (Fig. 4b). Lägst är humushalterna i Skåne där medianvärdet är 3,1 % och där 10 % av jordarna har en humushalt på 2 % eller lägre

(Appendix 2). De högsta humushalterna föreligger i jordar i Götalands och Svealands skogsbygder och längs stora delar av Norrlandskusten. Odlingsbygderna runt Storsjön har den högsta humushaltsnivån i landet.

Variationen i humushalt speglar troligen till en del variation i driftsinriktning mellan olika delar av landet. Mer intensiv djurhållning med stor vallandel bör kunna leda till högre humushalter. Detta diskuteras mer utförligt i avsnittet om driftsinriktningens betydelse för åkermarkens tillstånd. Även klimatiska faktorer har betydelse. De höga humushalterna i Västsverige kan till en del bero på hög nederbörd, som ger fuktigare och tidvis sämre luftade jordar och därigenom långsammare nedbrytning av det organiska materialet. Lägre temperatur i norra Sverige gynnar också ackumulation av organiskt material. Direkt genom att nedbrytningshastigheten minskar med sjunkande temperatur, indirekt genom att lägre temperatur ger mindre avdunstning och därmed fuktigare jord.

Totalkväve, kol/kväve-kvot

Medelhalterna av organiskt kol (C) respektive kväve (N) är 3,6 respektive 0,30 %. Kol/kväve-kvoten beräknad på varje enskilt prov är i medeltal 11,2 och har ett medianvärde på 10,7 (Fig. 5). Kol/kväve-kvoten är lägst i slättbygderna i Skåne och i Mälardalen. De högsta C/N-kvoterna finns i områden med höga humushalter och inslag av organogena jordar. Den genomsnittliga mängden kväve, beräknad från medianvärdet som ovan för kol, uppgår till 6,9 ton ha⁻¹ (= 0,22 %).

Primärt speglar C/N-kvoten det organiska materialets nedbrytningsgrad. Ju lägre kvot desto mer humifierat material. Naturligt väl humifierat material har vanligen en kvot på ca 10. Kvoter lägre än 10, som är vanliga i de mest odlingsintensiva områdena, beror sannolikt på intensiv kvävegödsling och torde indikera en ökad risk för läckage av kväve. Att slättbygderna i Västergötland tenderar att ha högre kvot än andra slättbygder, kan hänga samman med att brukningsenheterna är relativt djurintensiva, vilket innebär en större andel kvävetillförsel via stallgödsel.

Totalsvavel, kol/svavel-kvot, kväve/svavel-kvot

Medelhalten av svavel (S) i matjorden är 0,047 % och medianvärdet är 0,031 % (Fig. 6a.) Eftersom svavlet i matjorden i hög grad föreligger i organiskt bunden form följer svavelhalten i stora drag humushalten. Svavel är en komponent i försurande deposition, som dock genom reningsåtgärder minskat kraftigt under senare år. Svavel är också ett makronäringsämne och gödslingsbehovet är 10-25 kg ha⁻¹ år⁻¹ (Jordbruksverket, 1996a). Detta kan förklara varför mönstret i den geografiska variationen är relativt plottrigt. Kvoten mellan kol och svavel (C/S-kvoten) beräknad på varje enskilt prov är i medeltal 82. Medianvärdet är 74 (Fig. 6b). C/S-kvoten är lägst i slättområdena och längs kusterna.

Det är svårt att dra några slutsatser om grödornas svavelförsörjning från totalhalter eftersom det mesta är organiskt bundet och tillgängligheten därför beror på betingelserna för mineralisering av svavel i form av sulfat. Generellt bör dock möjligheterna

för mobilisering av tillräckliga mängder växttillgängligt svavel öka med humushalten. En låg kol/svavel-kvot (C/S-kvot) bör också innebära bättre betingelser för mineralisering (jfr C/N-kvot). De lägsta C/S-kvoterna föreligger i Skåne, på Öland och Gotland, på Östgötaslätten och runt Mälaren (Fig. 6b).

Man kan också på ett likartat sätt beräkna en N/S-kvot. Denna har ett medelvärde på 7,3 och medianvärde på 7,0 (Fig. 6c) och de högsta värdena återfinns i delar av Svealand och i Västernorrlands län. De lägsta kvoterna föreligger på Gotland och i Övre Norrlands kustområde.

Karbonathalt, pH och kalktillstånd

Karbonathalt

11,5 % av matjordsproven innehöll mätbara mängder karbonat och 5 % hade halter på motsvarande 2 % CaCO_3 eller mer. Knappt 1 % innehöll mer än 10 % (Fig. 7). På grund av den stora andelen nollvärden och förekomsten av enstaka mycket höga värden är det svårt att göra en meningsfull interpolerad karta över matjordarnas karbonathalter. Punktkartan i Fig. 7 ger dock en ungefärlig bild av vilka halter som föreligger i de jordar som innehåller karbonat. Som väntat är höga karbonathalter i marken kopplade till områden som påverkats av kalkhaltig krit- (endast Skåne) eller kambrosilurisk berggrund (Fig. 3b). På Gotland är mer än 50 % av matjordarna karbonathaltiga. Att antalet kalkhaltiga jordar är litet i området runt Storsjön i Jämtland, i jämförelse med andra områden som är påverkade av kalkhaltig berggrund, beror mest på att det totala antalet provpunkter är litet.

Andelen jordar som är påverkade av kalkhaltigt modermaterial är större än den andel där karbonater kan påvisas i matjorden. Naturliga och av människan förorsakade försurande processer har medfört att markens översta skikt, framförallt matjorden kalkats ur. Vanligen är sådana jordar dock fortfarande kalkhaltiga åtminstone i alvens undre delar.

pH

Det genomsnittliga pH-värdet i matjorden är 6,3 (Fig. 8a), vilket kan jämföras med medeltalet 6,4 för Mattssons (1995) fältförsöksjordar. 14 % av jordarna har ett pH på 7,0 eller högre medan 29 % av jordarna har ett pH på 6,0 eller lägre. Knappt 6 % har ett pH på 5,5 eller lägre. Dessa siffror förändras endast marginellt om karbonathaltiga jordar och organogena jordar räknas ifrån. De högsta pH-värdena har de jordar som är påverkade av kalkhaltigt modermaterial. Lerjordsdominerade områden har generellt också pH-värden över genomsnittsvärdet. De lägsta pH-nivåerna förekommer framförallt längs Västkusten, på Sydsvenska höglandet, i Bergslagen och längs Norrlands-kusten. Låga pH-nivåer är generellt kopplade till grovkornigare jordar, hög nederbörd (Västsverige) och hög humushalt. Eftersom försurningen i de flesta jordar i första hand påverkar matjorden är pH generellt högre i alven än i matjorden (Fig. 8b). Låga

Tabell 4. Medelvärde \pm standardavvikelse för pH i jordar inom olika humushaltsklasser

Table 4. Mean value \pm standard deviation for pH of soils within various organic matter content classes

Humushaltsintervall, %	Antal	pH
< 3,1	740	6,6 \pm 0,6
3,1 - 6,0	1 781	6,3 \pm 0,6
6,1 - 12,0	372	6,1 \pm 0,6
12,1 - 20,0	87	6,0 \pm 0,6
20,1 - 40,0	62	5,9 \pm 0,8
> 40,0	64	5,6 \pm 0,8

pH-värden i alven förekommer företrädesvis i gyttj jordar där sulfider som oxideras till svavelsyra ofta förekommer. Den relativt låga pH-nivån i alvjordarna längs norra delen av Norrlandskusten kan bero på förekomsten av gyttj jordar. Sura gyttj jordar finns också i Mälardalen och i Östergötland, men de framträder ej på kartan över alvjordarnas pH. Lågt alv-pH i västra Götaland sammanhänger med svagt buffrande grovkorniga jordar och hög nederbörds mängd som medför hög deposition av försurande luftföroreningar och intensivare naturlig försurning på grund av nederbördsvattnets lakande effekt.

Tabell 4 visar att pH i de humusrikaste jordarna i genomsnitt är upp till en enhet lägre än i de humusfattigaste. Den individuella variationen mellan jordar med samma humushalt är dock stor och även bland de organogena jordarna finns kalkhaltiga sådana med högt pH, t ex på Gotland.

Kalkningen kan ha både gynnsamma och ogynnsamma effekter på marken och kalkbehovet bestäms dessutom inte enbart av förhållandena i marken utan också av vilka grödor man önskar odla. Generellt sett har dock mineraljordar med pH 5,5 eller lägre, dvs några få procent av jordarna, behov av grundkalkning. För ytterligare ca 20 % av jordarna kan det, beroende på vilka grödor man vill odla, finnas behov av grundkalkning. Mineraljordar med pH 6,5 eller lägre dvs knappt 70 % av jordarna bör underhållskalkas.

Organogena jordar bör särbehandlas när det gäller behovet av kalkning. Skälet är att kalkningen kan öka mineraliseringen och därmed bortodling och kväveförluster. Även sådana med pH < 5,5 bör inte kalkas utan särskild utredning av behovet.

Effektiv katjonbyteskapacitet, utbytbara katjoner och effektiv basmättnadsgrad

Katjonbyteskapaciteten (CEC) utgör ett mått på jordmaterialets negativa nettoladdning som balanseras av de utbytbara kationerna (Ca, Mg, K, Na) och den utbytbara aciditeten (Al, H).

Den effektiva katjonbyteskapaciteten (CEC-eff) är i medeltal 15,7 cmol (+) kg⁻¹ (Fig. 9). CEC-eff anger den faktiska katjonbyteskapacitet som föreligger vid markens aktuella pH-värde. Katjonbyteskapaciteten kan också bestämmas genom titrering av jorden till pH 7 (CEC-pH 7). En jords katjonbyteskapacitet ökar generellt med ökande ler- och humushalt. Den är också beroende av mineralogi och humustyp. CEC-eff är dessutom, eftersom pH ej justeras vid analysen, pH-beroende. Vid en given ler och humushalt minskar CEC-eff med sjunkande pH på grund av att ett ökande antal jonbytesplatser på markpartiklarna blockeras av hårt bundna vätejoner. Fig. 9 visar att CEC-eff är högre än genomsnittet i lerjordsområden t ex i Östergötland och östra Svealand. Höga CEC-eff i sydöstra Småland, norra Uppland och i Jämtland är troligen kopplade till hög frekvens av humusrika jordar. Relativt låga CEC-eff i skogsbygder beror på lerfattigare jordar och lägre pH-nivåer.

Kalcium (Ca) är den dominerande utbytbara katjonen i marken. I genomsnitt är matjordarnas kalciummättnadsgrad 81 % av CEC-eff (Fig. 10). Motsvarande siffror för utbytbart magnesium (Mg) och kalium (K) är 9 respektive 3 % (Fig. 11a och 12a). Den genomsnittliga effektiva basmättnadsgraden (natrium inräknat) är 94 % (Fig. 13). Observera att mättnadsgraderna är angivna i förhållande till markens effektiva katjonbyteskapacitet (CEC-eff). Om man använder CEC-pH7 blir mättnadsgraderna lägre, eftersom CEC-eff vanligen är lägre än CEC-pH 7 (gäller när jordens naturliga pH är lägre än 7). I jordbruket eftersträvar man en basmättnadsgrad, beräknat på CEC-pH 7, på 70 %, vilket ungefär motsvarar det optimala pH-intervallet 6,0-6,5 (Simán, 1985).

Kalciummättnadsgrad, basmättnadsgrad och pH är starkt korrelerade med varandra (Tabell 5a). Att basmättnadsgrad och pH är korrelerade beror på att basmättnadsgraden är en av de markfaktorer som direkt bestämmer pH, ju högre basmättnadsgrad desto mindre utbyttbar aciditet och därmed högre pH. Jordens basmättnadsgrad bestäms i vårt humida, lakande klimat, framförallt av hur väl försurande processer, naturliga eller inducerade av människan, motverkas av vittring och jonbyte eller tillförsel av kalk och andra medel med kalkverkan. Jordar med naturligt kalkinnehåll har hög basmättnadsgrad (Fig. 3b och 13) eftersom kalk vittrar snabbt och därför effektivt neutraliserar försurande substanser. Även finkorniga jordar (t ex lerjordar) och jordar som innehåller sk mafiska ("basiska") mörka mineral vittrar relativt snabbt och har generellt hög basmättnadsgrad. Vittringsprocesserna förbrukar H-joner och vittringsintensiteten bestämmer därför vilken basmättnadsgrad och vilket pH som kan upprätthållas i jordar som inte kalkas. Lerjordar har också hög CEC och buffrar därigenom mot försurning genom jonbyte.

Tabell 5a. Korrelationer mellan olika undersökta variabler. Antal observationer är 3 093. En korrelationskoefficient större än 0,04 är signifikant på 5 %-nivå

Table 5a. Correlations between the various variables analysed. A total of 3093 observations were made. A correlation coefficient larger than 0.04 is significant at the 5 % level

	Humus	pH	Karb-C	tot N	tot S	Ca	Mg	K	CEC _{eff}	BS _{eff}	P-AL	P-HCI	C/N	Ca/Mg	K/Mg	P-AL/ P-HCI	
Humushalt, %	1																
pH	-0,23	1															
Karbonat-C, %	0,07	0,36	1														
tot N, %	0,96	-0,18	0,12	1													
tot S, %	0,81	-0,12	0,13	0,85	1												
utb. Ca, %	0,06	0,68	0,22	0,10	0,11	1											
utb. Mg, %	-0,14	-0,22	-0,17	-0,13	-0,14	-0,53	1										
utb. K, %	-0,24	-0,24	-0,14	-0,25	-0,22	-0,41	0,15	1									
CEC _{eff} , cmol(+) kg ⁻¹	0,70	0,22	0,26	0,78	0,73	0,33	-0,10	-0,35	1								
BS _{eff} , %	-0,07	0,65	0,12	-0,03	0,00	0,81	0,04	-0,21	0,27	-1							
P-AL	-0,01	0,29	0,11	0,01	0,02	0,19	-0,21	0,18	0,06	0,14	1						
P-HCI	0,31	-0,10	0,03	0,31	0,27	0,03	-0,09	0,08	0,18	-0,01	0,48	1					
C/N-kvot	0,53	-0,36	-0,07	0,36	0,31	-0,15	-0,14	-0,08	0,13	-0,29	-0,06	0,08	1				
Ca/Mg-kvot	0,20	0,47	0,40	0,24	0,28	0,57	-0,65	-0,32	0,39	0,22	0,17	0,05	0,03	1			
K/Mg-kvot	-0,15	0,11	0,07	-0,17	-0,13	0,08	-0,50	0,55	-0,19	-0,13	0,29	0,07	-0,03	0,37	1		
P-AL/P-HCI-kvot	-0,14	0,42	0,11	-0,15	-0,09	0,27	-0,27	0,14	-0,02	0,18	0,76	-0,04	-0,07	0,24	0,35	1	

Tabell 5b. Fortsättning. Korrelationer mellan olika undersökta variabler. Antal observationer är 3 058. En korrelationskoefficient större än 0,04 är signifikant på 5 %-nivå

Table 5b. Correlations between the various variables analysed. A total of 3093 observations were made. A correlation coefficient larger than 0.04 is significant at the 5 % level

	Humus	pH	Karb-C	CEC _{eff}	C/N	P-AL/ P-HCl	As	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
Humushalt, %	1															
pH	-0,23	1														
Karbonat-C, %	0,07	0,36	1													
CEC _{eff} , cmol(+)kg ⁻¹	0,70	0,23	0,27	1												
C/N-kvot	0,53	-0,36	-0,07	0,12	1											
P-AL/P-HCl-kvot	-0,14	0,42	0,11	-0,01	-0,07	1										
As, mg kg ⁻¹	0,17	0,08	0,10	0,24	-0,04	-0,15	1									
B, mg kg ⁻¹	0,38	0,30	0,25	0,62	-0,09	0,17	0,14	1								
Pb, mg kg ⁻¹	0,21	-0,01	-0,04	0,25	-0,06	-0,13	0,21	0,15	1							
Cd, mg kg ⁻¹	0,44	0,09	0,11	0,47	0,03	-0,02	0,52	0,38	0,41	1						
Cu, mg kg ⁻¹	0,33	0,04	-0,01	0,45	-0,07	-0,16	0,44	0,29	0,46	0,57	1					
Cr, mg kg ⁻¹	0,01	0,10	-0,06	0,24	-0,27	-0,22	0,24	0,08	0,43	0,21	0,68	1				
Hg, mg kg ⁻¹	0,58	-0,13	-0,02	0,43	0,29	-0,09	0,24	0,24	0,42	0,49	0,43	0,11	1			
Mn, mg kg ⁻¹	-0,03	0,07	0,04	0,09	-0,24	-0,20	0,30	0,02	0,20	0,25	0,28	0,20	0,05	1		
Se, mg kg ⁻¹	0,62	-0,08	0,06	0,63	0,23	-0,13	0,25	0,36	0,17	0,44	0,37	0,10	0,46	0,05	1	
Zn, mg kg ⁻¹	-0,10	0,13	-0,05	0,14	-0,38	-0,13	0,28	0,10	0,49	0,41	0,63	0,72	0,12	0,49	0,02	1

Att kalciummättnadsgraden i åkerjordar är hög beror till en del på att kalcium är en beståndsdel i kalk och därför tillförs i stora mängder när naturlig kalk eller tillförd kalk löses upp i marken. Sambandet mellan naturlig kalkförekomst och Ca-mättnadsgrad framgår tydligt om kartorna Fig. 3b och 10 jämförs. Kalciumrika fältspater bidrar också med Ca i många jordar. En annan viktig bidragande orsak till hög Ca-mättnadsgrad är att Ca binds starkare i utbytbar form än de andra baskationerna. Kalium- och Na-jonerna har envärd positiv laddning och binds svagare än den tvåvärd Ca-jonen till de negativt laddade markpartiklarna. Magnesiumjonen är också tvåvärd men binds svagare på grund av att den är starkare hydratiserad.

Kalciums dominans över Mg i marken medför att Mg-mättnadsgraden är negativt korrelerad till Ca-mättnadsgraden (Tabell 5a). Magnesiummättnadsgraden är också relativt oberoende av basmättnadsgraden. Den negativa korrelationen med Ca är speciellt tydlig i områden med karbonathaltiga jordar (jämför Fig. 3b och 11a). Den högsta Mg-mättnadsgraden har jordarna längs Västkusten, vilket troligen beror på influens från havssalt, och i ett bälte över de delar av Svealand som ej är påverkade av kalkhaltigt modermaterial från kambrosiluravlagringarna i Gävlebukten. Den höga Mg-mättnadsgraden i delar av Svealand kan bero på influens av dolomitsten som enligt Eklund (1957) fläckvis förekommer i Värmland och Västmanland.

Även K-mättnadsgraden tenderar att vara lägst där jordarna har ett kalkhaltigt modermaterial (Fig. 12a). I övrigt är mönstret i den geografiska variationen svårtolkat. Den generellt högsta K-mättnadsgraden föreligger i östra Götaland. De kaliumrika lerjordarna i Östergötland och östra Svealand har de högsta absoluta halterna av utbytbar kalium (Fig. 12b), men detta slår ej igenom i K-mättnadsgraden. Kanske beror detta på att de ej kaliumgödslas så intensivt. Medelvärdet för utbytbar kalium är 13,7 mg 100 g⁻¹ jord, vilket kan jämföras med Mattssons (1995) K-AL-värde, 14,7 mg 100 g⁻¹, för fältförsöksjordar.

Kalcium/magnesium- och kalium/magnesium-kvoter

Konkurrensen mellan Ca och Mg om markpartiklarnas utbytesplatser illustreras också av Ca/Mg-kvoten (Fig. 14). Denna är störst i områden med kalkhaltigt modermaterial och lägst längs Västkusten och i områden med magnesiumrikt modermaterial.

Kalium och magnesium är antagonistiska vid växternas upptag. Hög halt utbytbar kalium i förhållande till halten utbytbar magnesium innebär risk för magnesiumbrist hos grödorna. Wiklander (1976) anger att en kvot mellan utbytbar K och Mg större än 2 innebär att växtens upptag av Mg försvåras. Jordbruksverket anger på samma sätt kritiska kvoter av samma storleksordning för AL-lösligt K och Mg (Jordbruksverket, 1996a). Högre kvot kan dock accepteras om K-AL-nivån är låg.

De största områdena med höga K/Mg-kvoter finns i Skåne, sydöstra Götaland, på Öland och Gotland, i centrala Götaland och längs norra delen av Norrlandskusten (Fig. 15). Låga K/Mg-kvoter sammanfaller generellt med höga halter utbytbar Mg (Fig. 11b).

Fosfortillstånd

Fosfortillståndet i de undersökta jordarna är relativt gott. Endast 13,5 % av jordarna hade halter av lättlösligt fosfor (P-AL) motsvarande de lägsta markkarteringsklasserna I och II (Fig. 16a). För förrådsfosfor (P-HCl) hade endast 3,3 % halter motsvarande klass I (endast 1 provplats) och II (Fig. 17a). 41 % av jordarna tillhörde förrådsfosforklass V. Medeltalet för P-AL och P-HCl är 10,6 respektive 82 mg 100 g⁻¹ jord, vilket kan jämföras med Mattssons (1995) 10,3 respektive 59 för fältförsöksjordar.

Figur 16b visar tydligare än Fig. 16a hur P-halterna varierar geografiskt. P-AL-talen är generellt höga i södra halvan av Götaland medan resten av Sverige har relativt sett lägre tal. Slättbygderna i östra Sverige har dock högre nivåer än inlandet. P-HCl uppvisar till en del samma bild (Fig. 17b). Halterna i mellersta Norrland är dock i nivå med dem i östra Sverige, medan bl a sydvästra Skåne och Gotland framträder som områden med halter lägre än genomsnittet.

P-AL är positivt korrelerat till pH men saknar korrelation till humushalten. P-HCl däremot är negativt korrelerat till pH och positivt korrelerat till humushalten (Tabell 5a). Orsakerna är förmodligen att den starkare HCl-extraktionen löser ut en hel del P ur markens organiska material som i sin tur är negativt korrelerad till pH, medan det svagare AL-extraktet löser ut lättlösligare fraktioner, bl a Ca-fosfater.

Kvoten mellan P-AL och P-HCl som kan sägas vara ett mått på hur stor andel av totalfosfor som är lättlöslig visar i stort sett samma geografiska variationsmönster som P-AL (Fig. 18). Dessa variabler har också en hög korrelationskoefficient (Tabell 5a). P-AL/P-HCl-kvoten är liksom P-AL positivt korrelerad till pH, vilket förklarar varför andelen lättlöslig fosfor är relativt hög i sydvästra Skåne och på Gotland trots att förråden här är mindre än genomsnittet.

Fosfor finns naturligt i apatithaltiga bergarter, men matjordarnas halter är också starkt påverkade av grödornas upptag och av gödsling. Under 1960-talet och början av 1970-talet skedde en kraftig fosforgödsling framförallt av sockerbeter och potatis som ledde till en uppgödsling av marken (Ulén, 1997). På senare år har gödslingen med handelsgödsel återigen minskat betydligt. På djurhållande gårdar tillförs signifikanta mängder P via stallgödseln. Detta P härrör bl a från foderkoncentrat som i hög grad köps in utifrån. Enligt data från Claesson & Steineck (1991) och Granstedt & Westberg (1993) tillförs mer fosfor via stallgödseln till djurhållande gårdar än vad som tillförs rena växtodlingsgårdar via handelsgödsel (se vidare avsnittet om drifts-inriktningens betydelse för åkermarkens tillstånd).

Spårelement i matjord och alv

Arsenik

Matjorden innehåller i medeltal $4,0 \text{ mg kg}^{-1}$ arsenik (As) (Fig. 19a). Medianvärdet är $3,2 \text{ mg kg}^{-1}$. Att medeltalet är högre än medianvärdet beror på att ett 20-tal provtagna jordar har halter på $15 - 40 \text{ mg kg}^{-1}$ och enstaka prover har ännu högre halter, vilket slår igenom på medelvärdet. Fenomenet beror på att praktiskt taget alla elementkoncentrationer i marken är log-normalt fördelade. Halten kan inte vara lägre än noll, men mycket höga halter är möjliga, vilket medför att fördelningen blir skev. Orsaken till höga halter kan vara geologisk/mineralogisk eller antropogen.

Jämtlands län uppvisar de högsta halterna i landet. Även de nordligaste länen har medelhalter över genomsnittet. I södra Sverige finns de högsta arsenikhalterna i delar av Skåne, på södra Öland, i Västergötland och i östra Sverige. Låga medelhalter förekommer främst i de inre delarna av Götaland och Svealand. Arsenikhalterna i matjorden samvarierar starkt med arsenikhalterna i alven (Fig. 19b). Arsenik förekommer geokemiskt i sulfidform (Hägg 1979), vilket kan förklara varför de högsta halterna i många fall är kopplade till förekomst av alunskiffer i berggrunden (se Fig. 3c), t ex på Österlen, på södra Öland, söder om Billingen, i västra Östergötland, på västra Närkeslätten och i Jämtland. Även i nordligaste Sverige kan de höga halterna härröra från sulfidmalmer i berggrunden eller sulfidhaltiga sediment och kanske också i någon eller några punkter från utsläpp från Rönnskårsverken.

Bor

Halten vattenlösligt bor (B) i matjorden är i genomsnitt $0,41 \text{ mg kg}^{-1}$ (Fig. 20). Detta är lägre än de vattenlösliga halter som vanligen erhålles vid analys av markkarteringsprover (Leif Brohede, AnalyCen Nordic AB, muntligt). Troligen beror det på att utbytet med den metod som användes i vår undersökning blir något mindre. Här värmdes proverna i kokande vattenbad ($100 \text{ }^\circ\text{C}$), medan man vid analys av markkarteringsprover vanligen upphettar provet till kokning i ett värmeblock vid $140 \text{ }^\circ\text{C}$.

De interpolerade kartorna bör dock, även om nivån är lägre, spegla den geografiska variationen i matjordarnas borhalter. De högsta borhalterna förekommer i Skåne, på Öland och Gotland, i Uppland och i Jämtland, dvs i områden med karbonathaltiga jordar. Dessutom förekommer relativt höga halter längs Västkusten, vilket kan bero på deposition av B härrörande från havssalter. Halter under genomsnittet förekommer framförallt i delar av inre Götaland, i inre Svealand och längs Norrlandskusten. Vattenlösligt B är relativt starkt korrelerat till matjordens humushalt (Tabell 5b, Tabell 6).

Bor är ett mikronäringsämne. I ett relativt humitt klimat med lakade jordar som i Sverige är bornivån generellt låg (IVA, 1970). I områden med låga halter kan därför borbrist förekomma.

Tabell 6. Spårelementhalter i jordar inom olika humushaltsklasser. Medelhalter (ts) och standardavvikelser

Table 6. Trace element concentrations in different organic matter content classes. Mean values (dw) \pm standard deviations

Humus-halt	Antal	As	B	Pb	Cd	Cu
		mg kg ⁻¹				
< 3,1	735	3,2 \pm 2,0	0,37 \pm 0,23	15 \pm 6	0,20 \pm 0,09	12 \pm 7
3,1 - 6,0	1 765	3,9 \pm 3,7	0,37 \pm 0,27	17 \pm 7	0,21 \pm 0,12	14 \pm 9
6,1 - 12,0	364	4,9 \pm 6,4	0,46 \pm 0,47	19 \pm 10	0,28 \pm 0,24	16 \pm 12
12,1 - 20,0	84	6,2 \pm 7,3	0,56 \pm 0,49	20 \pm 7	0,37 \pm 0,22	25 \pm 16
20,1 - 40,0	57	5,6 \pm 2,8	0,93 \pm 1,37	21 \pm 11	0,51 \pm 0,37	29 \pm 18
> 40,0	64	7,6 \pm 6,1	1,33 \pm 1,35	30 \pm 48	0,64 \pm 0,30	32 \pm 18

Humus-halt	Antal	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
		mg kg ⁻¹				
< 3,1	735	17 \pm 11	0,032 \pm 0,025	407 \pm 347	0,19 \pm 0,07	54 \pm 24
3,1 - 6,0	1 765	21 \pm 14	0,040 \pm 0,022	439 \pm 328	0,26 \pm 0,11	62 \pm 30
6,1 - 12,0	364	23 \pm 15	0,049 \pm 0,019	412 \pm 447	0,41 \pm 0,19	61 \pm 36
12,1 - 20,0	84	24 \pm 14	0,073 \pm 0,042	324 \pm 231	0,71 \pm 0,39	55 \pm 31
20,1 - 40,0	57	24 \pm 14	0,089 \pm 0,043	309 \pm 272	0,86 \pm 0,46	53 \pm 28
> 40,0	64	17 \pm 11	0,146 \pm 0,062	419 \pm 642	1,64 \pm 1,68	40 \pm 22

Bly

Medelhalten av bly (Pb) i matjorden är 17,1 mg kg⁻¹ (Fig. 21a). De högsta halterna föreligger i ett område norr om och runt västra delen av Mälaren. Fläckvis höga halter finns också runt Göteborg och i Jämtland. De lägsta nivåerna uppmättes i det inre av Götaland och i Västerbottens och Norrbottens kustland.

I västra och södra Sverige är områdena med höga blyhalter i alven färre och mindre omfattande än i Mellansverige (Fig. 21b). Att halterna i matjordarna i västra och södra Sverige ändå är relativt höga beror förmodligen på att depositionen av bly varit högre än genomsnittet i detta område (Monitor, 1987; Nord, 1992). Enligt beräkningar av Andersson (1992) har blyhalterna i åkermarkens matjord ökat med i genomsnitt 14 % under 1900-talet. Denna ökning härrör nästan helt från deposition. Jämförelse mellan halterna i matjord och alv antyder en total ökning med 24 % under den tid mänsklig verksamhet emitterat bly till atmosfären (Tabell 7).

I området nordväst om Mälaren har även alvjordarna höga halter vilket antyder att matjordarnas höga halter där i första hand kan härledas till modermaterialet. Även den geokemiska karteringen av jordar i skogsmark (Melkerud m fl, 1992) som generellt är grovkornigare än åkerjordarna antyder högre blyhalter i modermaterialet runt Mälaren. I den nordvästra delen av området kan även depositionen ha påverkat matjordarnas halter eftersom det skett utsläpp från stora punktkällor i form av

Domnarvets, Smedjebackens och Degerfors järnverk (Nord, 1992). Stockholmsområdet är naturligtvis påverkat av deposition av bly från biltrafiken.

Även blyhalter i matjorden över genomsnittet i Jämtland och kustområdet i Ångermanland är korrelerade till alvens halter, och därför troligen i hög grad betingade av modernmaterialens halter.

Gränsvärdet för tillåten Pb-halt i åkermark vid användning av avloppsslam är 40 mg kg^{-1} (SNFS, 1994). På riksnivå har 0,8 % av jordarna halter över detta gränsvärde.

Kadmium

Matjordens genomsnittliga halt av kadmium (Cd) uppmättes till $0,23 \text{ mg kg}^{-1}$ (Fig. 22a). I den kadmiumkartering som redovisades i Eriksson m fl (1995) var medelhalten $0,26 \text{ mg kg}^{-1}$. Denna skillnad har troligen flera orsaker. Urvalet av provpunkter skiljer sig delvis mellan undersökningarna. Analysen av proverna i den tidigare undersökningen skedde vid andra laboratorier än den nuvarande och med delvis annorlunda analysmetoder. Även om den tillämpade analysmetoden är densamma är det vanligt att mätnivån skiljer sig en aning mellan olika laboratorier vid denna typ av analys.

Det geografiska mönstret i kadmiumhaltens variation är detsamma som i den förra undersökningen. De högsta halterna förekommer där det finns modernmaterial påverkat av alunskiffer (se arsenikavsnittet). Högre halter än genomsnittet förekommer också generellt i södra Skåne och i lerjordsområdena i östra Sverige. De högsta halterna i matjorden är oftast korrelerade till förhöjda halter i alven (Fig. 22b), vilket indikerar att det geografiska mönstret i matjordens halter i grunden bestäms av modernmaterialens halter. Kadmiumhalten är också korrelerad till humushalten (Tabell 5b) och organogena jordar har högre halter än mineraljordar (Tabell 6). Hög frekvens av organogena jordar kan vara förklaringen till fläckar med höga Cd-halter i södra Småland och norra Uppland (jfr Fig. 4c och Fig. 22a). Matjordens Cd-halter är relativt starkt korrelerade till motsvarande Cu-, As- respektive Hg-halter (Tabell 5b).

Jämförelsen med alvkartan visar också att halterna i matjorden generellt är högre än i alven, vilket troligen beror på antropogent bidrag till markens halter. Andersson (1992) har beräknat att matjordens halter ökat med i genomsnitt 33 % under 1900-talet främst på grund av tillförsel via deposition och fosforgödslning. Jämförelsen mellan halterna i matjord och alv i denna undersökning indikerar en total ökning med motsvarande 61 % (Tabell 7) genom antropogena och eventuellt genom naturliga processer sedan istiden eller sedan landet höjde sig över havet.

8,5 % av jordarna har Cd-halter över gränsvärdet, $0,4 \text{ mg kg}^{-1}$, för tillåten halt vid användning av röttslam.

Tabell 7. pH och spårelementhalter (ts) i matjord och alv samt korrelationer mellan halter i respektive markskikt för varje variabel. Antalet observationer är 1 720. En korrelationskoefficient större än 0,04 är signifikant på 5 %-nivå

Table 7. pH and trace element concentrations (dw) in the plough layer and subsoil and correlations between concentrations in the plough layer and subsoil for each variable. The number of observations is 1 720. A correlation coefficient larger than 0.04 is significant at the 5 % level

		pH	As	Pb	Cs	Cd	Co	Cu	Cr
		mg kg ⁻¹							
Matjord	Medelvärde	6,3	4,0	16,7	2,5	0,22	6,1	14,2	19,4
Alv	Medelvärde	6,6	4,1	13,5	3,0	0,14	7,8	14,9	23,8
Matj./Alv	%	—	98	123	83	161	79	96	82
Matjord	Medianvärde	6,2	3,1	15,7	2,1	0,18	5,3	11,1	16,3
Alv	Medianvärde	6,5	2,9	12,5	2,4	0,10	6,9	12,1	20,3
Matjord	Min.värde	4,6	< 0,1	3,6	< 0,1	0,02	< 1,0	1,1	1,3
	Max.värde	8,7	78,9	100,1	13,8	2,20	28,5	102,1	67,9
	Stdav.	0,6	4,4	7,3	1,7	0,16	4,2	10,4	12,8
Alv	Min.värde	2,6	< 0,1	1,0	< 0,1	0,01	< 1,0	0,5	1,5
	Max.värde	8,9	295,2	77,4	16,3	3,58	26,9	97,0	84,6
	Stdav.	0,8	8,6	7,5	2,3	0,19	5,1	11,0	15,9
<i>Korrelation (r), matjord-alv</i>		<i>0,72</i>	<i>0,47</i>	<i>0,70</i>	<i>0,89</i>	<i>0,75</i>	<i>0,80</i>	<i>0,76</i>	<i>0,89</i>

		Hg	Mn	Mo	Ni	Sr	V	Zn
		mg kg ⁻¹						
Matjord	Medelvärde	0,042	432	1,4	11,8	25	35	56
Alv	Medelvärde	0,017	433	1,5	16,5	27	39	53
matj./alv	%	252	100	94	72	93	90	105
Matjord	Medianvärde	0,035	349	0,7	9,7	23	32	52
Alv	Medianvärde	0,012	355	0,6	14,1	24	36	48
Matjord	Min.värde	< 0,01	18	0,1	0,7	4	2	5
	Max.värde	0,591	4695	96,7	110,1	225	202	185
	Stdav.	0,032	383	4,2	8,8	16	20	29
Alv	Min.värde	< 0,01	2	< 0,04	0,7	< 1	< 1	< 1
	Max.värde	0,239	6566	230,5	107,1	277	306	246
	Stdav.	0,019	412	7,1	11,6	20	23	32
<i>Korrelation (r), matjord-alv</i>		<i>0,46</i>	<i>0,72</i>	<i>0,77</i>	<i>0,86</i>	<i>0,81</i>	<i>0,82</i>	<i>0,82</i>

Koppar

Matjordens halt av koppar (Cu) är i genomsnitt 14,6 mg kg⁻¹ (Fig. 23a). De högsta kopparhalterna föreligger i områdena kring Mälaren, i Östergötland och i ett stråk från Storsjöområdet ut mot södra Norrlandskusten. Med undantag för området intill Billingen och Ålleberg (Falköping) har västra och södra Sverige generellt sett halter lägre än genomsnittet. Halterna i matjord är i de flesta fall korrelerade till halterna i alven (Fig. 23b). Nordväst om Väneren tycks dock halterna i alven, liksom för Pb, vara högre än de i matjorden. I södra Götaland finns stora områden där det omvända gäller. Höga kopparhalter tycks framförallt vara kopplade till de sedimentära styva lerjordarna i östra Sverige. De förekommer också i modermaterial påverkade av kambrosiluriska bergarter. Detta gäller i Västergötland, Jämtland och kanske också i Uppland men ej på andra håll. I dessa områden sammanfaller dock höga kopparhalter också med förekomst av organogena jordar som har dubbelt så höga halter som mineraljordar (Tabell 6). Matjordens Cu-halter är starkt korrelerade till motsvarande Cr-, Zn-, Cd- respektive Pb-halter (Tabell 5b).

Koppar är ett mikronäringsämne och för låga halter i marken kan ge kopparbrist. I lantbruksrådgivningen anges ett värde på 7 mg Cu per kg torr jord eller 15 kg ha⁻¹ extraherat med 2M HCl som ett gränsvärde för kopparbrist (Jordbruksverket, 1996a). Kopparbristsymptom på grödorna är vanligast på organogena jordar och lätta jordar med högt pH-värde. Knappt 25 % av jordarna har halter på 7 mg kg⁻¹ eller lägre av salpetersyralösligt Cu. Kopparhalter bestämda efter extraktion med 7M salpetersyra är troligen något högre än HCl-värdena, men torde ändå ge en god uppfattning om andelen jordar med risk för kopparbrist.

För koppar är gränsvärdet för tillåten halt i åkermark vid användning av avloppsslam 40 mg kg⁻¹ (SNFS, 1994). I hela landet har ungefär 3 % av jordarna högre halter. I Uppsala län som är det län som har högst halter är andelen drygt 10 %.

Krom

Medelhalten av krom (Cr) i matjorden är 20,5 mg kg⁻¹ (Fig. 24a). Geografiskt visar krom en bild som påminner om den för koppar. De högsta halterna föreligger i lerjordsområdena runt Mälaren. Kromhalterna är också höga i Västernorrlands län. I större delen av södra Sverige är halterna lägre än genomsnittet. Krom binds ej till sulfider i samma utsträckning som många andra spårämnen (Bjørlykke, 1974) och har därför ej någon koppling till alunskifferförekomst. Kromhalten i matjord är starkt kopplad till halten i alven (Fig. 24b), vilket visar att höga halter i de flesta fall härrör från modermaterial. Depositionens tillförsel av Cr är liten i förhållande till matjordens generella halt. Därför går det ej att se någon effekt av de stora punktkällorna i t ex Vargön, Avesta och Sandviken (Monitor, 1987; Nord, 1992).

Gränsvärdet för tillåten Cr-halt i åkermark vid användning av avloppsslam är 30 mg kg⁻¹. På riksnivå har 12 % av jordarna halter över detta gränsvärde. I Uppsala län är motsvarande siffra 77 % (Klang & Eriksson, 1997).

Kvicksilver

Halten av kvicksilver (Hg) i matjorden är i genomsnitt $0,043 \text{ mg kg}^{-1}$ (Fig. 25a). Det geografiska mönstret i Hg-haltens variation är relativt plottrigt. Ett stråk med höga halter sträcker sig från norra Skåne genom Kronobergs län till Östergötland. Även på västsidan av sydsvenska höglandet tenderar halterna att vara högre än i andra områden. Höga halter föreligger också runt Stockholm och i Jämtland. Låga halter uppvisar östligaste Skåne, Öland och Gotland, ett inlandsstråk från Bohuslän till Sundsvallstrakten och Norrbottens kustland. En jämförelse mellan halter i matjord och alv visar att halterna i matjorden är betydligt högre än i alven (Fig. 25b). Halterna i alven varierar, med undantag för några få begränsade områden, relativt lite. Områden med starkt förhöjda halter i alven finns på gränsen mellan Skåne och Småland, i södra Östergötland, vid Ålleberg i Västergötland och i Jämtland. De höga halterna i modermaterialet återspeglas i dessa områden också i höga halter i matjorden. Hg binds hårt till organiskt material och visar därför stark korrelation till humushalten (Tabell 5b). Kvicksilverhalten är betydligt högre i organogena jordar än i mineraljordar (Tabell 6).

Kvicksilver är den tungmetall för vilken det antropogena bidraget till åkermarkens halter relativt sett är störst. Andersson (1992) beräknade den genomsnittliga ökningen av matjordens halter under 1900-talet till 46 %. Detta är troligen förklaringen till den oregelbundna variationen i matjordens halter och varför matjordens halter är högre än alvens. Matjordens halter och mönstret i dess variation bestäms i högre grad än för de andra tungmetallerna av tillförseln utifrån. Tyvärr analyseras ej Hg i mosskarteringen och därför finns det inget kartmaterial som direkt visar spridningsbilden med samma upplösning som i våra markkartor. Vissa områden med sannolika effekter av hög deposition kan dock urskiljas om matjords- och alvkartorna jämförs. De höga halterna i matjordarna i Stockholmsområdet har ingen motsvarighet i höga halter i alven. Detsamma gäller kring den stora utsläppskällan Rönnskärsverken. De högre halterna längre söderut längs Norrlandskusten kan eventuellt härröra från kloralkalifabriker.

För kvicksilver är gränsvärdet för tillåten halt i åkermark vid användning av avloppsslam $0,3 \text{ mg kg}^{-1}$ (SNFS, 1994). Endast 0,2 % av jordarna har högre halter.

Mangan

Halten av mangan (Mn) i matjorden uppgår i genomsnitt till 422 mg kg^{-1} (Fig. 26a). De manganrikaste jordarna förekommer i Jämtland. Halterna är också högre än genomsnittet i stora delar av östra Sverige norr om Värnamo-Växjö, vid Billingen-Ålleberg, i Värmland och Västernorrland. De lägsta halterna förekommer i södra Götaland och på Gotland. Det geografiska mönstret i matjordens halter speglar i stort det i alven (Fig. 26b).

Mangans löslighet och därmed växttillgänglighet styrs både av pH och redox tillstånd i marken. Totalhalterna är därför inte direkt avgörande för löslighet och växttillgänglighet. Lågt pH och syrebrist gynnar bildning av lösligt Mn^{2+} . Toxiska halter av lösligt Mn kan uppträda på sura gyttjejordar (Wiklander, 1976). På andra jordar är

dock manganbrist vanligen ett större problem än toxicitet. Risken för brist är störst på lätta jordar med pH över 6 eller på humusrika jordar (Jordbruksverket, 1996a).

Selen

Matjorden innehåller i genomsnitt 0,31 mg kg⁻¹ selen (Se) (Fig. 27). I en tidigare undersökning, där en annan extraktionsmetod dock användes, bestämdes medelhalten till 0,28 mg kg⁻¹ (Johnsson, 1992). De högsta halterna uppmättes i Jämtland och längs Västkusten. Lägre halter än genomsnittet förekommer framförallt på östra delen av Sydsvenska höglandet, i Svealands inland och längs större delen av Norrlandskusten. Markens selenhalt är starkt korrelerad till humushalten (Tabell 5b). Av övriga spår-element är Se korrelerat till Hg och Cd (Tabell 5b).

Johnsson (1989) fann höga halter i skogsmarkens mårager längs Västkusten och menade att detta beror på högre deposition av Se härrörande från havet och industriella utsläpp nere på kontinenten. Johnsson (1992) fann liksom vi höga halter i Jämtland, och härledde detta till alunskifferinslaget i modernmaterial. Även i området runt Billingen och i västra Östergötland kan påverkan av alunskifferhaltigt modernmaterial påvisas både i Johnssons och vårt material. Inslaget av humusrika jordar är också relativt stort i dessa områden (Fig. 4c), vilket också kan bidra till förhöjda Se-halter på den interpolerade kartan eftersom Se-halten generellt är hög i organogena jordar (Tabell 6).

I en undersökning på Nya Zeeland fann man att minst 0,45 mg kg⁻¹ Se i matjorden krävs för att fodergrödor skall förse husdjuren med tillräckligt med Se (Whatkinson, 1963). Om detta gränsvärde är tillämpligt har nära 90 % av jordarna i Sverige för låga halter. Bisbjerg (1972) anger 2 000 mg kg⁻¹ som gränsvärde över vilket fodergrödor kan innehålla för husdjur toxiska halter. Ett fåtal provplatser, 15 st, med organogen jordart uppvisade så höga värden. Enligt Johnsson (1991) binder organiskt material Se hårt i marken och upptaget i grödorna minskar ofta med ökande humushalt. Risken för toxiska effekter är därför troligen inte så stor på de här aktuella organogena jordarna även om halterna är relativt höga.

Zink

Halten zink (Zn) i matjorden är i medeltal 59 mg kg⁻¹ (Fig. 28a). Den geografiska variationen i matjordens halter påminner i hög grad om den för krom. Den största skillnaden är att Zn-halterna är höga i Jämtland, vilket ej är fallet för Cr. I övrigt är zinkhalterna också högre än genomsnittet runt Mälaren och framförallt norr om Mälaren. Även i delar av Östergötland och i Västernorrland är halterna över genomsnittet. I södra Götaland och i Västergötland är halterna vanligen under genomsnittet. En jämförelse med alvkartan (Fig. 28b) visar att matjordens zinkhalter i hög grad är korrelerade med alvens och att zinkhalterna i matjorden därför till stor del bestäms av modernmaterialens innehåll. Den geografiska variationen i alvens Zn-halter liknar motsvarande mönster för såväl Cr som Cu. Matjordens Zn-halter är relativt starkt korrelerade till motsvarande Cr-, Cu-, Mn- respektive Pb-halter (Tabell 5b).

Gränsvärdet för tillåten Zn-halt i åkermark vid användning av avloppsslam är 75 mg kg⁻¹. På riksnivå har 27 % av jordarna halter över detta gränsvärde. I Uppsala län är motsvarande siffra 75 % (Klang & Eriksson, 1997).

Koppar/molybden-kvot

Den genomsnittliga Cu/Mo-kvoten i matjorden är 23 (Fig. 29). Lägst är kvoterna i ett område runt Vättern och i Norrland, Höga kvoter förekommer fläckvis i södra Götaland, på Gotland och i Svealand.

Cu/Mo-kvoten är framförallt av intresse i husdjursskötseln. Ämnena har en ömsesidigt antagonistisk effekt i djurens metabolism, och störningar är vanliga hos idisslare (Suttle, 1991). För hög Cu/Mo-kvot i fodret kan ge kopparförgiftning, medan för låga kvoter kan ge kopparbrist. Låg kvot kan också ge molybdenförgiftning (Rinne m fl, 1977; Suttle, 1991).

Eftersom det är Cu/Mo-kvoten i fodret som är avgörande spelar kvoten i marken bara en indirekt roll. Koppar i marken ökar i löslighet med sjunkande pH medan det omvända gäller för molybden (Rinne m fl, 1977). De lägsta Cu/Mo-kvoterna i fodergrödor bör därför förekomma vid högt pH i kombination med låg Cu/Mo-kvot i marken. Omvänt ger lågt pH och hög kvot i marken de högsta kvoterna i fodergrödor.

Kadmium/zink-kvot

Kadmium/zink-kvoten är högre än genomsnittet i större delen av Götaland och i Jämtland (Fig. 30). Även runt Rönnskärsverken är den lokalt förhöjd. Kadmium och zink är åtminstone när det gäller vissa grödor ömsesidigt antagonistiska när de tas upp i växten. Detta innebär att vid en och samma kadmiumnivå i marken tar växterna upp mindre Cd om Zn-nivån är hög. Minskande Cd-halter i höstvetekärna med ökande Zn-halt har konstaterats av Bingham m fl (1979), Hornburg & Brümmer (1986) och Eriksson (1990).

Chaney & Ryan (1994) anger 70 mg Cd kg⁻¹ ts i sallad som ett slags riktvärde för bedömning av risken för höga Cd-halter i maten ("food-chain protection perspective"). Enligt författarna kan denna Cd-halt i sallad ej erhållas oavsett Cd-halt i jorden om Cd/Zn-kvoten är lägre än 0,015. Även om en låg kvot bibehålls ökar visserligen Cd-upptaget i grödan generellt med Cd-halten i marken, men i och med att markens Zn-halt ökar i motsvarande mån omöjliggörs riktigt höga Cd-halter av att zinkhalten når växttoxiska nivåer. Enligt detta sätt att se skulle risken för höga Cd-halter i svenska jordbruksgrödor vara minimal eftersom få jordar har en Cd/Zn-kvot större än 0,015. I Sverige tillämpar vi dock försiktighetsprincipen och kvarnarna accepterar t ex inte brödspannmål med mer än 100 µg Cd per kg. Det finns undersökningar som antyder att 5-10 % av veteskörden åtminstone vissa år har halter vid eller över denna nivå (Eriksson m fl, 1996). Frekvensen höga halter i vete tycks vara högre i Skåne än i Mälardalen trots att Cd-halterna i marken ej skiljer sig nämnvärt.

Kanske kan detta till en del bero på att Cd/Zn-kvoten är högre i Skåne än i Mälardalen.

Sambandet mellan matjordens och alvens halter av spårämnen

Kartmaterialet visar att halterna av spårämnen i matjorden till stor del är en funktion av halterna i alven. De höga korrelationskoefficienterna i Tabell 7 visar också att det finns en hög korrelation mellan halterna i matjord och alv. Eftersom man kan anta att alvens halter är mindre påverkade av jordmånsprocesser och antropogen tillförsel, tyder detta på att matjordens halter i första hand bestäms av modermaterialets halter. Ovanpå detta grundmönster lagras sedan eventuella tillskott utifrån av antropogent eller annat ursprung. Korrelationen mellan halterna i matjord och alv minskar enligt ordningsföljden Cr > Zn > Cu > Cd > Mn > Pb > As > Hg (Tabell 7).

Den största skillnaden i halt mellan matjord och alv uppvisar Hg (Tabell 7). Av denna metall är halterna i matjorden i genomsnitt ca 2,5 ggr högre än i alven. För Cd, Pb är halterna i matjorden 61 respektive 24 % högre i matjorden än i alven. Även för Zn uppmättes en skillnad. Detta kan jämföras med den beräknade, huvudsakligen antropogent betingade ökningen av metallhalterna i åkermarkens matjord under 1900-talet. Enligt Andersson (1992) har halterna av Hg, Cd, Pb och Zn ökat med i genomsnitt 46, 33, 14 respektive 10 %. Som synes är rangordningen densamma vare sig metallerna rangordnas efter skillnad i halt matjord-alv eller efter beräknat nettotillskott under 1900-talet.

Om man antar att matjordslagrets tjocklek är 25 cm och att volymvikten är 1,25 ton m⁻³ samt att halterna i matjord och alv ursprungligen var lika, kan förändringen av halterna sedan istiden beroende på tillskott utifrån från antropogena och naturliga källor grovt kvantifieras från skillnaderna i halter mellan matjord och alv enligt Tabell 7. Dessa uppgår till 12,5, 9,4, 0,25 och 0,078 kg ha⁻¹ för respektive Zn, Pb, Cd och Hg, och ger en skattning av nettotillskottet av respektive metall sedan inlandsisen drog sig undan eller landet höjde sig ur havet. Av detta utgör den kvantifierade tillförseln under 1900-talet (Andersson, 1992) ca 106, 50, 60 och 59 % för respektive element.

Tolkningen av skillnader i halter mellan matjord och alv är dock vanskelig. Lättast är den för Pb och Hg där undersökningar visat att grödornas upptag från marken är närmast försumbart (Tjell m fl, 1979; Mosbaek m fl, 1982), vilket innebär att upptransporten från alv till matjord via växten är försumbar. Därmed kan, vid lika ursprungshalter, högre halter i matjorden än i alven i allt väsentligt tillskrivas tillförsel ovanifrån från naturliga eller antropogena källor. Att skillnaden speciellt i Hg-halt är mycket större mellan matjord och alv än den beräknade antropogena tillförseln under 1900-talet, beror troligen på att tillförsel av Hg via deposition varit relativt stor även före detta århundrade. Kvicksilver tillförs luften bland annat från vulkanisk aktivitet och Lindqvist m fl (1991) anger utifrån litteraturuppgifter en naturlig global

emission av Hg motsvarande 6 g km⁻² som rimlig. Som jämförelse anger Aastrup m fl (1991) den totala depositionen i södra Sverige, inklusive antropogent bidrag, till 20 g km⁻². Siffrorna är osäkra och det är troligt att en del av det Hg som historiskt tillförts marken åter förflyktigats, men de antyder ändå att en stark ackumulation under lång tid inte är osannolik.

För bly har antropogena tillskott via depositionen ända tillbaka till romarikets dagar påvisats genom analys av sedimentproppar (Renberg m fl, 1994). Även Hg och Cd kan historiskt ha tillförts atmosfären i samband med aktiviteter där metaller utvunnits ur sulfidmalmer, eftersom dessa ämnen föreligger som sulfider och liksom bly är relativt flyktiga (Hg får betraktas som mycket flyktigt).

Att kvantifiera tillskotten utifrån med hjälp av haltskillnader mellan matjord och alv är praktiskt taget omöjligt när det gäller mikronäringsämnen som Zn och Cu. I såväl skogs- som jordbruksekosystem är det för dessa element den interna cirkulationen, dvs upptagningen mark-rot-ovanjordiska delar och återföring till marken via förna-/skörderester och stallgödsel som dominerar över tillskotten via depositionen (Tyler m fl, 1983; Anderson, 1992). Vill man kvantifiera tillskotten utifrån av dessa element måste man gå på källorna, där speciellt tillskotten via foder- och gödselmedlen dominerat under senare decennier.

Kadmium intar en mellanställning mellan Pb/Hg och Zn/Cu. Kadmium binds svagare än samtliga dessa element i marken och är därför något rörligare. Det är därför troligt att en relativt sett något större andel av tillfört Cd transporteras nedåt i profilen och höjer halterna i alven. Å andra sidan är Cd mer växttillgängligt än Pb och Hg och det är därför också rimligt att upptransporten från alv till matjord genom rotupptaget blir relativt sett större än för dessa.

Arsenik, Cu, Cr, Mn och Ni uppvisar ungefär samma eller i några fall lägre halter i matjorden än i alven. Av dessa ämnen har nettotillskottet till åkermarken under 1900-talet i genomsnitt bara varit några procent (Andersson, 1992). En bidragande orsak till att halterna tenderar att vara högre i alven än i matjorden kan vara att svenska jordar av geologiska och/eller kolloidkemiska skäl i många fall har högre lerhalt i alven än i matjorden. Högre lerhalt innebär oftast, delvis betingat av extraktionsförfarandet, högre metallhalt. Detta gäller speciellt de element (Co, Cr, Cu, Ni, Mn och Zn) med jonradier som passar in i lermineralens och seskvioxidernas (Fe-, Al- och Mn-oxider) struktur (Andersson, 1979). En annan faktor som inverkar är att matjorden utsatts för vittring sedan istiden eller sedan landet torrlades av landhöjningen. Vittringen frigör metaller i löslig form vilket innebär att de kan ha lakas ned i alven eller ut ur profilen. I motsatt riktning verkar å andra sidan att många jordar har organogen jordart i matjorden och mineraljordart i alven. Räknet på viktsbasis är spårelementhalterna i organogena jordar ofta högre än i mineraljordar.

Om man utgår ifrån att halterna i genomsnitt var lika i alla delar av profilen då jordmånsprocesserna började verka blir de skillnader mellan matjord och alv som nu registreras nettoresultatet av ett antal processer - naturliga eller antropogena - som påverkat fördelningen i profilen. Detta gäller oavsett om matjordens halter är förhöjda i förhållande till alvens, som för Hg, Cd och Pb, ungefär lika som för Cu, Mn och Zn eller lägre som för Ni, Co och Cr (Tabell 7). Den kvantifierade ackumu-

lationen i matjorden av Hg, Cd och Pb är därför bara en del av vad som totalt kan ha tillförts. Under de senaste årtusendena kan utsläppen och depositionen av dessa element förmodas ha ökat i takt med befolkningsökning och teknologitveckling samt med energiförbrukningen. Först genom införandet av rökgasrening under sen tid kan den trenden ha brutits, detta dock först efter det att man under en period effektiviserat spridningen genom att bygga högre skorstenar.

Kvantifiering av tillskotten utifrån, baserade på haltskillnader mellan matjord och alv, ger ett minimumvärde eftersom utlakningen som sker i ett humitt klimat inte kan beaktas då den inte kan kvantifieras. Dessutom fastläggs en del av sådant som lakats ut på vägen ner genom profilen, bl a på grund av att pH oftast är högre i alven än i matjorden (Tabell 7), och höjer halten i alven. De halter som uppmätts i alvproverna är följaktligen inte de ursprungliga utan även dessa är förmodligen något förhöjda. För Hg tillkommer dessutom felkällan att elementet dels kan tillföras profilens övre delar i ångform från underliggande markskikt, dels kan avgå till atmosfären i ångform.

Att förutsätta att det som nu definieras som matjord respektive alv från början haft lika halter kan kanske anses vågat och behöver naturligtvis inte gälla för enskilda fält. Det är emellertid svårt att se något skäl till att det från början skulle ha funnits någon systematisk skillnad åt ena eller andra hållet. Med ett så omfattande provmaterial som i föreliggande undersökning har vi därför funnit det berättigat att grunda kvantifieringarna på den förutsättningen.

Driftsinriktningens betydelse för åkermarkens tillstånd

Det är relativt svårt att i tillgängliga data se några säkra samband mellan olika markegenskaper och driftsinriktning. Orsaken är att driftsinriktningen ofta är betingad av t ex klimat och jordart. De nötkreatursinriktade företagen är företrädesvis lokaliserade till mellan- och skogsbygder medan företag inriktade på svinproduktion eller växtodling oftast finns i slättbygderna (data redovisas ej). En viss geografisk separation förelåg också för de senare. Det är därför svårt att avgöra om t ex generellt högre humushalt på företag med en viss driftsinriktning beror på odlingsåtgärder eller på att den driftsinriktningen är vanligast i områden där jordart och klimatiska betingelser naturligt ger högre humushalter. Möjligheterna att utvärdera detta blir bättre när analyserna kompletterats med data över jordarnas kornstorleksfördelning (analyser färdiga våren 1998).

Man bör också komma ihåg att uppgifterna om driftsinriktning härrör från det år då jordproverna togs. Marken är ett trögt system och effekterna av driftsinriktningen uppstår långsiktigt. Om driftsinriktningen nyligen ändrats på många företag minskar möjligheten att få fram säkra samband mellan driftsinriktning och markegenskaper.

För att ge en grov uppfattning om skillnader i markegenskaper mellan olika driftsinriktningar redovisas i Tabell 8 data från Skånes, Hallands och Skaraborgs län. Vi valde att jämföra inom län för att i någon mån minska variationen i jordart och klimatiska betingelser.

pH tenderar att vara något lägre på företag inriktade på nötkreatursdrift än på företag med huvudsakligen växtodling eller svinuppfödning. Om detta beror på olikheter i kalkning, på skillnader i jordart eller något annat är svårt att säga. Enligt Beck-Friis & Bäckman (1988) försurar klöver marken mer än andra jordbruksväxter. Vallar med klöverinslag skulle alltså kunna vara en bidragande orsak till lägre pH i matjorden på företag med nötkreatursdrift.

Humushalten tenderade genomgående att vara högst på nötkreatursinriktade företag, vilket kan bero på att man där både har stor vallandel och tillför organiskt material via stallgödsel. Hög vallandel verkar höjande på humushalten på grund av att bearbetning och genomluftning, som sätter fart på mineraliseringen, sker mera sällan än på enheter med större andel av arealen i öppen drift. Det kan emellertid också vara så att företag med vallodling har en större andel naturligt humusrika jordar. Humushalten var i alla de tre redovisade länen korrelerad till företagets vallandel (Tabell 9), men i inget fall till djurtäthet.

P-AL-talet är generellt högst på företag inriktade på svinproduktion och lägst på nötkreatursdominerade företag. P-HCl-talet däremot är högst på nötkreatursinriktade företag och lägst på växtodlingsinriktade. Andelen AL-löslig fosfor i förhållande till HCl-löslig var genomgående högst på gårdar med svinproduktion och lägst på sådana med nötkreatur. Lika stor som vid svinproduktion var den dock på gårdar med produktion av sockerbetor och potatis i Skåne län (Tabell 8). P-AL var signifikant korrelerat till djurtätheten endast i ett av de tre länen. Resultaten är motsägande och svårtolkade utan uppgifter om jordart eller naturligt fosforinnehåll.

Beräkningar av fosforbalanser på några gårdar visar att företag inriktade på svinproduktion hade en nettotillförsel av P på 20-25 kg ha⁻¹ år⁻¹ (Claesson & Steineck, 1991; Granstedt & Westberg, 1993). För spannmålsinriktade företag var motsvarande siffror 5-7 kg ha⁻¹ år⁻¹ och för företag inriktade på nötkreatursproduktion, beroende på typ av gödselhantering, 0-13 kg ha⁻¹ år⁻¹. Det stora nettotillskottet av P hos företag inriktade på svinproduktion beror på stor tillförsel via import av foder (39-43 kg ha⁻¹ år⁻¹) som tillförs marken i form av stallgödsel. Djurtätheten är också genomsnittligt större på företag inriktade på svinproduktion. För driftsinriktning nötkreatur är djurtätheten på de här provtagna gårdarna i genomsnitt av sådan storlek att den minsta areal som krävs för att sprida den producerade stallgödseln (Jordbruksverket, 1996b) utgör 63 % av företagets totala areal i Skåne och Hallands län och 50 % i Skaraborgs län. För svin är motsvarande siffror 110, 99 respektive 64 %. I Skåne räcker den egna arealen med andra ord inte till för att sprida stallgödseln, ens för det genomsnittliga företaget.

Matjordens kadmiumhalter visade inget entydigt samband med driftsinriktningen, men Zn- och i viss grad Cu-halterna tenderade att vara högre på företag inriktade på svinproduktion. Det senare kan bero på att Zn och Cu är viktiga komponenter i mineralfoder till svin. Speciellt under 1990-talet har avsevärda mängder Zn tillsatts

Tabell 8. Markegenskaper hos jordar från gårdar med olika driftsinriktning. Sifferkoden är den som används i Lantbruksregistret (SCB, 1996b). Alla halter är angivna per jordens torrsbstans

•Table 8. Properties of soils from farms of different types. The numerical code used is the same as that used in the Agricultural Register (SCB, 1996b). All concentrations are given per unit soil dry matter

	Antal	pH	Humus- halt %	C/N- kvot	PAL mg 100 g ⁻¹	PHCl	Cd mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	Zn	PAL/ PHCl- kvot
<i>Skåne län:</i>										
11 Jordbruksväxter	174	6,9	3,4	9,4	14,2	72	0,26	10,3	50	0,19
111 Spannmål	70	6,9	3,9	9,4	13,4	74	0,29	11,5	55	0,18
113 Potatis	21	6,9	2,9	9,5	15,7	89	0,20	7,8	41	0,20
114 Sockerbetor	42	7,0	3,0	9,3	13,4	61	0,26	9,9	45	0,21
21 Nötkreatur	91	6,3	5,6	10,8	14,0	101	0,30	10,0	52	0,14
23 Svin	47	6,6	5,4	10,2	18,4	91	0,30	12,0	58	0,21
231 Smågrisar	16	6,7	3,2	9,3	20,3	97	0,28	12,0	58	0,22
232 Slaktsvin	10	6,5	3,7	10,1	17,1	97	0,25	11,0	62	0,21
233 Blandat	21	6,6	7,9	11,0	17,6	84	0,33	12,5	57	0,21
<i>Hallands län:</i>										
11 Jordbruksväxter	11	6,2	6,2	14,3	11,6	78	0,17	8,4	42	0,15
21 Nötkreatur	48	6,0	6,8	12,6	11,5	106	0,21	9,8	40	0,11
23 Svin	23	6,1	6,1	12,1	16,0	98	0,19	11,0	47	0,17
<i>Skaraborgs län:</i>										
11 Jordbruksväxter	72	6,6	5,4	11,4	6,8	67	0,19	13,3	50	0,10
21 Nötkreatur	91	6,3	7,1	11,3	6,6	80	0,22	11,8	45	0,09
23 Svin	22	6,7	3,7	10,5	9,5	76	0,22	16,2	58	0,13

till smågrisfoder. Troligen har detta dock ännu ej hunnit mätbart påverka halterna i marken, vilket också data för olika typer av svinskötsel från Skåne antyder.

Om man jämför driftsformer med avsalugrödor respektive svinproduktion som är lokaliserade till likartade jordbruksområden i Skåne och Skaraborgs län verkar svinproduktionen ha höjt markens Zn-halter med 8 mg kg⁻¹ (Tabell 8). I absoluta tal innebär detta en tillförsel av ca 25 kg Zn ha⁻¹ med fodermedlen i svinproduktionen. Eftersom dessa tillsatser i huvudsak tillkommit efter andra världskriget innebär detta i genomsnitt ett tillskott på 0,5 kg Zn ha⁻¹ år⁻¹ under efterkrigstiden, vilket är 5-10 ggr mer än depositionens bidrag. Motsvarande kvantifiering av Cu-tillsatserna ger ett totalt tillskott på 5-9 kg ha⁻¹, också huvudsakligen under efterkrigstiden. Utslaget per år innebär detta i runda tal 10-50 ggr mer än depositionens bidrag.

Tabell 9. Korrelationer (r) mellan humushalt och vallandel respektive djurtäthet och mellan P-AL-värde och djurtäthet. Endast provpunkter med humushalt < 10 % och vallandel och djurtäthet > 0 ingår

Table 9. Correlations (r) between organic matter content and proportion ley and animal density respectively, and between P-AL level and animal density. Only sampling points with an organic matter content < 10 % and a ley proportion and animal density > 0 are included

	Vallandel		Djurtäthet	
	Antal	r	Antal	r
<i>Skåne län:</i>				
Humushalt	297	0,36 ^{***}	332	< 0,01
P-AL	—	—	332	0,14 ^{**}
<i>Hallands län:</i>				
Humushalt	100	0,34 ^{***}	111	0,08
P-AL	—	—	111	0,12
<i>Skaraborgs län:</i>				
Humushalt	155	0,21 ^{***}	163	0,06
P-AL	—	—	163	0,07

** signifikant på 1 %-nivån

*** " - 0,1 %-nivån

Sammanfattade synpunkter

Regionala mönster och deras orsak

Berggrundens och jordartens betydelse

Sverige har i ett internationellt perspektiv, på grund av inlandsisarna, unga och ej särskilt starkt vittrade jordmåner. Matjordarnas egenskaper är därför generellt starkt präglade av modermaterialets mineralogi och textur. Detta visar sig t ex i att halterna av olika spårämnen i hög grad samvarierar mellan matjord och alv. Alven är mindre påverkad av jordmånsprocesser och ger därför en bild av det ursprungliga tillståndet också i matjorden. Modermaterialets betydelse visar sig också genom att den geografiska variationen i ämneshalter i stor utsträckning samvarierar med berggrund och jordart, också för ämnen där det externa bidraget t ex via luftföroreningar är stort.

En tydlig koppling mellan berggrundens egenskaper och markegenskaper har man i områden med kalkrika kambrosilur- och kritavlagringar. Berggrundens kalkinnehåll återspeglas direkt i höga pH-värden och hög andel utbytbara Ca-joner, indirekt i låga nivåer av utbytbar Mg och i vissa fall utbytbar K. En del områden i Mellansverige har stor andel utbytbar Mg, vilket kan vara en påverkan av förekomst av dolomitkalksten i detta område. Det kan också vara frågan om stort inslag av mörka Mg-rika mineral.

Markens spårelementhalter är, framförallt för de ämnen som binds i sulfider, starkt betingade av förekomsten av sulfidrika bergarter. Ett sådant sulfidrikt modermaterial är alunskiffer som förekommer i kambrosiluriska avlagringar. Höga halter av Cd, Cu, Ni och Zn i alunskifferrika norska jordar har påvisats av Jeng & Bergseth (1992).

Ett område som tycks starkt påverkat av intilliggande alunskifferavlagringar i berggrunden är Storsjöbygden i Jämtland. Jämtlands län har högst genomsnittshalter av As, Cd, Hg, Mn, Se och Zn. Även Pb- och Cu-halterna är relativt höga, medan Cr som binds relativt svagt till sulfider föreligger i halter nära genomsnittet för landet. Även andra alunskifferpåverkade områden uppvisar i varierande grad förhöjda halter av de aktuella spårämnena.

De höga halterna i Jämtland kan också till en del bero på att jordarna är humusrika. Inte bara de genomsnittliga halterna av flera spårelement utan också humushalterna är högst i detta län (Fig. 4a, b och c). Som framgår av Tabell 6 tenderar många spårämnen att föreligga i högre halter i humusjordar än i mineraljordar. Även på andra håll i landet är troligen områden som på kartorna framträder med höga spårelementhalter i många fall betingade av hög frekvens av humusjordar. Ett sådant område är den fläck i södra Småland som har höga halter av Cd, Hg och några andra ämnen. Även de höga Cd och Hg-halterna i ett område i norra Uppland förklaras troligen av förekomst av humusrika jordar. Trots att halterna är höga i humusjordar är det ofta ingen stor skillnad jämfört med mineraljordar när det gäller mängderna i t ex

matjorden. Förklaringen är att humusjordarna har betydligt lägre volymvikt än mineraljordarna.

Korrelationen till humushalten minskar i följande ordning för spårelementen: Se > Hg > Cd > Cu > Pb > As (Tabell 5b). Zinkhalten i matjorden är svagt negativt korrelerad medan Cr- och Mn-halten inte uppvisar någon signifikant korrelation till humushalten. Även B-halten är signifikant korrelerad till humushalten, men har inte rangordnats med övriga spårelement eftersom en annan typ av extraktion användes för detta ämne.

Ett annat område med relativt höga halter av flera tungmetaller, speciellt Cd, Cr, Cu, Pb och Zn, är Mälarenregionen. Detta kan delvis hänga samman med ett stort inslag av styva lerjordar. Andersson (1979) påvisade, i en studie av fem alvjordar i finkornig morän från åkerjordar i södra Sverige, en skillnad i tungmetallhalter mellan olika kornstorleksfraktioner. Av Cu, Cr, Ni och Zn var halterna betydligt högre i lerfraktionen än i grövre fraktioner. För Cd och Pb var bilden mindre entydig.

En annan orsak till att styva lerjordar tycks innehålla högre metallhalter än grovkornigare jordar är att den här använda extraktionsmetoden (7 M salpetersyra vid 120 °C) ej är en totaluppslutningsmetod. Den är effektivare på finkorniga jordar med stora angreppsytor för syran än på grovkorniga jordar, och tar därför ut en större andel av totalinnehållet på de förra. Det bör i detta sammanhang påpekas att den fraktion av jordens metallinnehåll som ej tas ut med salpetersyraextraktionen är så hårt bunden att den är ekologisk ointressant. Den frigörs endast på mycket lång sikt genom vittring. Vittring är en långsam process och dess hastighet bestäms bl a av mineralogi och partikelstorlek. Grövre markpartiklar vittrar generellt mycket långsamt. Ur denna synvinkel är det relevant att metoden är mest effektiv på lerjordar som är betydligt mer lättvittrade än grovkornigare jordar.

Även i Östergötland och delar av Västergötland är frekvensen av styva lerjordar relativt hög (Ekström, 1953; Mattsson, 1996). Dessa områden uppvisar i de flesta fall dock inte lika höga tungmetallhalter som Mälarenregionen, vilket tyder på att de höga halterna i Mälarenregionen förutom på höga lerhalter också kan bero på mer tungmetallrikt modermaterial. Även de grovkorniga moränjordarna i skogsmark i detta område har högre halter av Cr, Cu, Ni och Pb än omkringliggande områden (Melkerud m fl, 1992). Vilket ursprung detta förmodade tungmetallrika modermaterial har vet vi ej.

Ytterligare ett område som uppvisar halter över genomsnittet av många spårämnen är Norrlandskusten i och omkring Västernorrlands län. Här har metallerna troligen sitt ursprung i de delar av fjällkedjan i norra Jämtlands och södra Västerbottens län som också påverkat odlingsbygderna i Jämtland. Påverkan är dock mindre eftersom transportsträckan (inlandsisen) är längre. Att metallhalterna i fjällkedjan norr om Storsjöområdet är höga framgår av Melkeruds m fl (1992) geokemiska atlas över skogsjordar. En skillnad mellan Storsjöbygden och kustområdet är att Cr-halten är förhöjd endast i det senare. Melkeruds m fl geokemiska karta visar på höga Cr-halter i skogsjordarna intill fjällkedjan i Västerbottens län. Eftersom Cr-halterna ej är så höga i alunskiffer antyder detta att Cr i kustlandet ej har sitt ursprung i dessa.

Ett annat ämne som är tydligt korrelerat till lerhalten är kalium. Mängden utbytbart kalium är högre än genomsnittet i lerjordsområdena runt Mälaren och i Östergötland. Kalium ingår i illit som är det dominerande lermineralet i de flesta svenska lerjordar (Wiklander & Lotse, 1966).

Andra faktorer

Regionala variationer som beror på andra än geologiska faktorer är svårare att urskilja. En orsak är att påverkan på markegenskaperna för varje enskild faktor oftast är liten i förhållande till den geologiskt betingade variationen. Vidare uppvisar varje faktor olika variationsmönster som överlappar varandra och därför är svåra att urskilja. Vissa mönster finns dock.

Kvicksilver, Cd och Pb är de tungmetaller där det antropogena tillskottet till åkermarken relativt sett varit störst (Andersson, 1992). Detta framgår tydligt vid jämförelsen av matjords- och alvkartor och där går det också att urskilja en del regionala effekter, som t ex tendens till större haltskillnad i sydvästra Sverige och förhöjda kvicksilver- och blyhalter i matjordarna runt Stockholm.

De låga pH-värdena på västra delen av sydsvenska höglandet beror troligen på en kombination av hög nederbörd och relativt humusrika jordar. Hög nederbörd är i sig försurande genom att baskatjoner lakas ut, men innebär också hög deposition av försurande substanser.

Närheten till havet gör att jordar på Västkusten påverkats av inflödet av vinddrivna havssalter vid västliga stormar. Detta har resulterat i något förhöjda halter av Se, Mg och B.

Den relativt höga humushalten i sydvästra Sverige är också betingad av den höga nederbörden som ger fuktigare förhållanden och långsammare nedbrytning. Teoretiskt borde humushalten generellt kunna öka från söder mot norr på grund av successivt kallare klimat och indirekt därmed också ökande humiditet. Någon sådan humushaltsgradient över landet är dock ej särskilt påtaglig.

Det positiva sambandet mellan humushalt och vallandel antyder också, även om det är svårt att skilja ut klimat- och jordartseffekter, att driftsinriktningen har betydelse.

Åkermarkens tillstånd ur miljö- och jordbrukssynpunkt

Risk för skadliga effekter av spårelement

När det gäller skadliga effekter av tungmetaller är inte halterna i sig direkt avgörande utan dessa beror av hur hårt metallerna binds i marken och hur biotillgängliga de är. Naturligtvis ökar risken generellt för skadliga nivåer med totalhalten, men också många andra faktorer spelar roll som t ex pH, humushalt och lerhalt. Speciellt för Cd, Mn, Ni och Zn ökar växttillgängligheten med sjunkande pH (Öborn m fl, 1995).

Den tungmetall som är mest kritisk i jordbrukssammanhang är Cd, eftersom den lätt tas upp i grödorna och för hög exponering via födan utgör en hälsorisk. När det gäller kadmium vet vi sedan tidigare undersökningar (Eriksson m fl, 1996) att en del områden, i Skåne (främst Österlen) och östra delarna av Götaland och Svealand har sådana halter och sådan tillgänglighet av Cd i marken att halterna i framförallt vete kan bli för höga. Av den totala årsskörden har 5-10 %, åtminstone vissa år, halter över det gränsvärde på 100 µg kg⁻¹ som tillämpas av kvarnindustrin.

När det gäller övriga metaller anses risken för skadliga halter i grödorna liten vid de halter som normalt förekommer i åkermark i Sverige. Cr, Pb och Hg binds hårt i marken och tas upp i små mängder i grödorna. För Pb har man numera också genom övergången till blyfri bensin eliminerat den risk för höga halter som direktdeposition av utsläpp från trafiken tidigare innebar.

När det gäller Cu, Ni och Zn anses den största risken med höga halter gälla effekter på markbiologin (Witter, 1992). De halter där skadliga effekter på markbiologin konstaterats är utgångspunkt för de gränsvärden för halten av dessa metaller i åkermark som gäller vid användning av avloppsslam (SNFS, 1994). Gränsvärdena är satta med en säkerhetsmarginal och är därför 2-3 gånger lägre än det lägsta värdet där skadliga effekter kunnat konstaterats. Gränsvärdena för Cu, Ni och Zn är 40, 30 respektive 75 mg kg⁻¹. Andelen jordar med värden över denna nivå är låg för Cu och Ni, 3 respektive 4,5 %. För mikronäringsämnet Cu kan för låga halter vara ett större problem än för höga, eftersom nära 25 % av jordarna har halter under den nivå som anses indikera kopparbrist. När det gäller Zn är andelen jordar över gränsvärdet för halter i marken vid användande av avloppsslam 27 %. I området runt Mälaren har merparten av jordarna halter över gränsvärdet. I en utökad provtagning av Uppsala län fann Klang & Eriksson (1997) att 75 % av jordarna hade Zn-halter över gränsvärdet. I Enköpings kommun var motsvarande siffra 97 %.

Även för Cr är andelen jordar med halter över gränsvärdet hög, 22 % för landet som helhet. Också för detta ämne är frekvensen höga halter hög i Mälardalen. I Uppsala län utgör jordar med halter över gränsvärdet 77 % (Klang & Eriksson, 1997). I Enköpings och Håbo kommuner hade praktiskt taget alla jordar Cr-halter över gränsvärdet.

Andelen jordar med Cd-halter över gränsvärdet är 8,5 %. Gränsvärdet på 0,40 mg kg⁻¹ är satt så att jordar där risken för höga halter i grödor är stor skall undantas från slamtillförsel. För Pb och Hg har bara 0,8 respektive 0,2 % halter över gränsvärdena.

För att användning av avloppsslam skall vara tillåten måste alla de aktuella metallerna föreligga i halter under gränsvärdet. Den sammanlagda andelen jordar med halter över gränsvärdet för någon av metallerna är 37 %.

Eftersom halterna av både Cr och Zn i Mälardalen, som antyds av de likaledes höga halterna i alven, är naturligt höga, har det ifrågasatts om inte gällande gränsvärden för dessa ämnen är för snävt satta, och man har därför startat en översyn av dem på Naturvårdsverket (Henrik Tideström, personligt meddelande). När dessa gränsvärden infördes fanns ingen detaljerad kunskap om markens naturliga halter av dessa element.

Det är inte säkert att de naturligt höga Cr- och Zn-halterna i Mälardalen automatiskt innebär att man måste vara speciellt restriktiv med ytterligare tillförsel. Den markbiologiska forskningen indikerar nämligen att mikroorganismer i marken reagerar på den relativa haltökningen, snarare än på det absoluta tillskottet (Tyler, 1992; Witter, 1992). Om dessa teorier stämmer skulle konsekvensen bli att områden med naturligt höga halter tål betydligt större ytterligare tillskott än områden med låga halter.

Enligt Witter (1992) skulle det för jordbruksjordar innebära att det krävs en förhöjning av halten över den naturliga bakgrundsnivån med en faktor tre för Zn innan negativa effekter uppstår på markekosystemet. För jordarna i Mälardalen blir innebörden att dessa skulle tåla en haltökning motsvarande ca 200 mg Zn kg⁻¹ utan att markekosystemet skulle skadas. Detta motsvarar ett tillskott på mer än 600 kg Zn per ha. Här behövs emellertid mera forskning för verifiering av dessa samband innan deras tillämpning och konsekvenser kan accepteras fullt ut. Därutöver måste också hänsyn tas till eventuella effekter i vattenmiljön och på foder- och livsmedlens kvalitet och inte enbart till markekosystemet. Bestäms en kritisk belastningsnivå får denna dessutom inte uppfattas som att det är fritt fram att höja halterna dit.

Bördighet, risk för växtnäringsläckage

Andelen humusfattiga jordar är liten varför fastmarksjordarnas humustillstånd på de flesta håll kan betraktas som relativt gott. Låga halter föreligger framförallt i sydligaste Sverige, vilket troligen till stor del har klimatiska orsaker, men också kan bero på stort inslag av sk hackrensade grödor som sockerbetor och potatis kombinerat med låg andel vall.

Det hävdas ibland att det moderna jordbruket med separering av växtodling och djurhållning till olika enheter och regioner skulle leda till en utarmning av markens humusförråd jämfört med t ex 1930-talsjordbruket. Detta är inte säkert av följande skäl:

- Den moderna gödslingen har ökat skördarna vilket leder till mer skörderester. Man tar inte heller tillvara halmen på samma sätt som förr utan mycket brukas

ner och blir humusråämne. Avsaknaden av vallar i växtföljden gör dock att en viss nedgång i humushalter är trolig på gårdar specialicerade på avsalugrödor.

- På djurhållande enheter är djurtätheten större än förr. Tidvis har den t o m varit för stor. Detta leder till mer stallgödsel per arealenhet vilket bidrar till att hålla humustillståndet uppe.
- Gemensamt för driftsformerna är att bl a den ökade tillgången på dragkraft gjort att plöjningsdjupet sannolikt ökat. Därmed har också matjordsdjupet ökat från ca 20 cm till numera omkring 25 cm. Denna ökning har skett successivt genom inblandning av alvjord. Vid en och samma humushalt innebär det ökade matjordsdjupet en ökning av humusförrådet med ca 25 %.

En kvantifiering av humusinnehållet i matjorden baserad på medianvärdet 4,1 % för svenska jordar, matjordsdjupet 25 cm och volymvikten 1,25 ton m⁻³ ger ca 128 ton per hektar vilket motsvarar ungefär 74 ton kol per hektar. Samma humus- och kolmängd i ett matjordsskikt på 20 cm skulle motsvara en humushalt på 5,1 %.

pH-kartan visar att kalktillståndet är gott i lerjordsområdena i Skåne, Väster- och Östergötland och östra Svealand. Sämre kalktillstånd tycks föreligga i skogsbygderna i Götaland och Svealand och längs Norrlandskusten. I dessa områden dominerar grovkornigare (lättare jordarter) och i viss mån organogena jordar (Ekström, 1953). Generellt sett har några få procent av jordarna (mineraljordar med pH 5,5 eller lägre) behov av grundkalkning. För ytterligare ca 20 % av jordarna kan det, beroende på vilka grödor man vill odla, finnas behov av grundkalkning. Mineraljordar med pH 6,5 eller lägre, dvs knappt 70 % av jordarna bör underhållskalkas.

Om man antar att den försurande effekten av grödor och deposition m m uppgår till 150 kg CaO ha⁻¹ år⁻¹ (Siman m fl, 1993), kan behovet av underhållskalkning för att behålla pH-nivån beräknas till ca 300 000 ton totalt per år. Totalt såldes 212 000 ton CaO som jordbrukskalk under 1996 (SCB, 1997a). Medelförbrukningen sedan 1965 är ca 215 000 ton CaO per år (SCB, 1985; 1990; 1997a). Endast under ett par år i mitten av 1970-talet och fyra år i början av 1980-talet har förbrukningen uppgått till 300 000 ton CaO eller mer under den perioden. Detta verkar emellertid inte ha medfört någon generell sänkning av åkermarkens pH-värden (SLV, 1989; Mattson, 1996). Förklaringen är förmodligen den att på två tredjedelar av åkerarealen med kalkningsbehov har man växtföljder som kräver regelbunden underhållskalkning, vilket innebär att man kalkar och bibehåller pH på lämplig nivå. På den återstående tredjedelen är driftsformer och klimatförhållanden sådana att det där bedrivs en växtodling med mindre krävande grödor som ger ett acceptabelt utbyte utan regelbunden kalkning. Här blir pH-nivån lägre och bestäms av vittring och/eller mineralisering av organiskt material. Båda alternativen leder till tämligen stabila pH-nivåer.

Svenska jordbruksjordar har under de senaste decennierna gödslats upp med fosfor och nivån är därför generellt hög, vilket är en fördel ur växtnäringssynpunkt, men samtidigt innebär det en ökad risk för fosforförluster genom urlakning och erosion. Det finns en gradient från söder till norr när det gäller lättlösligt fosfor (P-AL) med högre halter i områden i söder med ett intensivt jordbruk (Fig. 16b). I medeltal för landet uppgår andelen lättlösligt fosfor till 13 % av förrådet (P-HCl) men för vissa

driftsformer i Sydsverige till ca 20 % (Tabell 8). På senare år har man generellt minskat de rekommenderade fosforgödslingsgivorna till olika grödor och genomsnittsgivorna för landet av fosfor i form av handelsgödsel är nu nere på det sena 1940-talets nivå (Gunnarsson, 1980; SCB, 1997b). Förluster av fosfor varierar enligt data från de svenska observationsfälten med jordart (Ulén, 1997). Störst tycks förlusterna vara från de grovkornigaste (mojordarna) och de finkornigaste (mellanleror, styva leror). En vidare utvärdering av vad våra data innebär ur fosforförlustsynpunkt får anstå tills texturanalyserna av jordarna är klara.

Även om man dragit ner på fosforgödslingen kommer det på grund av systemets tröghet att ta många år innan detta ger utslag i minskande fosforförluster. Kvar finns fortfarande de genom tidigare gödsling förhöjda fosforhalterna i åkermarken. Dessa bestämmer förlusterna snarare än den aktuella gödslingen. I relation till förråden är fosforförlusterna i form av utlakning och erosion från marken små även om effekterna i ytvattensystemen blir stora. Med utgångspunkt från medianvärdet för halten förrådsfosfor (P-HCl) i svenska jordar, ett matjordsdjup på 25 cm och volymvikten $1,25 \text{ g cm}^3$ kan fosforförrådet kvantifieras till ca $2\,300 \text{ kg ha}^{-1}$ (ca 300 kg P-AL per hektar). Detta skall jämföras med förlusterna på oftast mindre än $1 \text{ kg ha}^{-1} \text{ år}^{-1}$ (Ulén, 1997).

Också för kväveutlakningen spelar jordarten stor roll. Problemen med kväveläckage från sandiga-moiga jordar i Halland är väl kända. Kol/kväve-kvoter under 10 som förekommer i ca 25 % av jordarna torde också innebära en risk för kväveläckage. Låga C/N-kvoter är vanligast i södra och sydvästra Skåne samt i Mälardalen.

När det gäller kvävetillförseln med handelsgödsel sker den i form av nitrat eller ammonium som relativt snabbt överförs till nitrat. Nitratjonen binds inte i marken utan restkvantiteter som finns kvar eller bildas genom mineraliseringen av organiska gödselmedel, växtrester eller humus efter vegetationsperioden lakas i princip ut under vinterhalvåret om det faller tillräckligt med nederbörd.

Förlusterna av såväl kväve som fosfor försöker man stoppa med s k fånggrödor, dvs grödor som växer till sedan huvudgrödan skördats. Den håller marken täckt, vilket motverkar erosion, samt tar upp de eventuella restposter av växtnäring som finns kvar eller bildas genom mineralisering efter skörden av huvudgrödan. Förhoppningen är att den växtnäring som fånggrödans upptagning skyddat mot utlakning skall hållas kvar över vintern och frigöras genom mineraliseringen nästkommande vegetationsperiod. Utlakningen skulle då minska genom att detta kväve tas upp av detta års gröda och/eller binds in i humus.

Detta kan fungera under en tid men ett problem är att fånggrödor knappast är användbara efter huvudgrödor som sockerbetor och potatis. Ett annat problem är att marken är ett öppet system och efter ett antal år inträder på nytt någon form av stationärt tillstånd (jämvikt) karakteriserat av att arealtillskotten balanseras av arealförlusterna, dvs har man inte dragit ner också på kvävegödslingen eller ökat bortförseln av kväve på andra vägar (skördeprodukter, denitrifikation) så ökar åter utlakningen.

Någon minskning av kvävegödslingen synes inte ha skett. Försäljningsstatistiken (SCB, 1995; 1997b) för handelsgödsel ger vid handen att kväveförbrukningen per arealenhet legat på ungefär samma nivå sedan början på 1970-talet. För riket som helhet betyder detta en genomsnittlig tillförsel av 65 - 89 kg N ha⁻¹ år⁻¹ och för Skåne 104 - 127 kg N ha⁻¹ år⁻¹, dvs förbrukningen av handelsgödselkväve har legat på en medelnivå med mellanårsfluktuationer på ungefär ± 10 kg N. Tar man också hänsyn till stallgödseltillskotten har den genomsnittliga kvävetillförseln per arealenhet definitivt inte minskat de senaste decennierna.

När det gäller stallgödseln från mjölkkor har förändringarna i utfodringen medfört att dess innehåll av N ökat med ca 70 % och av P med ca 50 % under efterkrigstiden (SCB, 1995). I Blekinge-, Hallands-, Jönköpings-, Kronobergs-, Kalmar- och f d Kristianstads län har kvävetillförseln med stallgödseln de första åren på 1990-talet legat på nivån 60 - 75 kg N ha⁻¹ år⁻¹ och P-tillförseln på 11 - 14 kg P ha⁻¹ år⁻¹ (SCB, 1995). Detta innebär att för fosfor merparten och för kväve ca hälften eller något mindre tillförts i form av stallgödsel, där mineraliseringen och frigöringen är svår att styra och anpassa efter grödornas behov. Till detta kommer att man oftast saknar detaljkännedom om stallgödselns växtnäringsinnehåll och definitivt inte kan förutsäga väderleksbetingelserna, som också har betydelse för växtnäringsutbudet i marken och växtnäringsbalansen i systemet mark-växt.

Medräknas också den del av naturgödseln som faller direkt på marken under betesperioden var den totala kvävetillförseln de tre första åren på 1990-talet i de ovan nämnda länen ca 150 - 200 kg N ha⁻¹ år⁻¹ (SCB, 1995). En stor del av det område som dessa län representerar består också av relativt lätta och genomsläppliga jordar. Förutsättningarna för att hålla kväveläckaget på en låg nivå förefaller därför dåliga. Vill vi emellertid ha ett effektivt och högproducerande jordbruk måste också ett visst läckage från åkermarken accepteras, bl a som en följd av klimat- och årsmånsfluktuationerna. Vad man nog hittills varit relativt lyckosam med att eliminera är onödigt läckage från djurhållningen och stallgödselhanteringen. När det gäller kväveflödena i odlingsystemen är mellan- och skogsbygds länen i södra Götaland fullt i nivå med det intensiva jordbruket i f d Malmöhus län. När det gäller fosforflödena ligger man inte oväsentligt över (SCB, 1995). Dock har Malmöhus län en större andel av sin areal odlad.

Ökade N-givor behöver inte nödvändigtvis leda till ökad utlakning om bortförseln i grödorna ökar samtidigt. Modellberäkningar av N-utlakningens förändring mellan 1985 och 1994 visar på en nedgång på 29 % (Johnsson & Hoffmann, 1996). Huvuddelen av minskningen tillskrivs förändrad grödareal och ökad N-bortförsel med skördeprodukterna. För flertalet grödor sker också en uppbyggnad av markens N-förråd, vilket måste innebära ökande humushalter och/eller sjunkande C/N-kvoter.

Jordbruksmarkens kalium- och magnesiumtillstånd tycks generellt vara gott i slättbygderna i norra Götaland och Svealand. I södra Sverige och delar av Norrland är nivåerna lägre. En del av områdena med låga magnesiumnivåer har också en hög K/Mg-kvot vilket kan försvåra grödornas magnesiumförsörjning. När det gäller tillförseln av kalium med handelsgödseln har en kraftig minskning skett (SCB, 1995; 1997b), vilket förefaller mindre välbetänt utanför lerjordsområdena.

Halterna av mikronäringsämnet koppar är lägre än den nivå som anses innebära risk för kopparbrist i ca 25 % av de provtagna jordarna. De största områdena med låga kopparhalter förekommer i västra Götaland och Svealand samt på Öland och Gotland. Enligt Eriksson m fl (1970) är kopparbrist vanligast i ett område i och omkring Kronobergs län där också kopparhalterna är låga (Fig. 23a). Kopparbrist är också vanligt på södra Gotland. Koppars växttillgänglighet ökar med sjunkande pH, vilket kanske kan förklara varför problem med kopparbrist inte tycks föreligga t ex i området med låga halter på gränsen mellan Småland och Västergötland respektive Halland.

Även manganbrist är vanlig i vissa områden. Enligt Eriksson m fl (1970) har man framförallt problem med manganbrist i områden där pH är högt p g a påverkan av kambrosiluriskt modermaterial. Endast på Gotland och andra smärre områden sammanfaller manganbrist och låga manganhalter, vilket visar att pH är en viktigare faktor för växttillgänglighet än totalhalten. Zinkhalterna är låga i stora delar av Götaland och i övre Norrland. Zinkbrist är dock ovanligt i Sverige. För både Cu och Zn motverkar också tillskotten via fodertillsatserna att brist uppstår i driftsformer med djurhållning. Slaktsvinsuppfödningen verkar t o m öka Zn-halten i marken.

Erkännande

Vi vill tacka dem som på olika sätt bidragit till att denna rapport blivit möjlig:

- Gerda Ländell och Lars Hagblad med medarbetare vid Statistiska Centralbyrån, för deras ovärderliga insatser vid urval av provplatser, koordinatsättningen, organisation av provtagningarna och för deras bidrag med statistiska uppgifter.
- Ulf Johansson vid Tekniska byrån, SLU, för hans sakkunniga hjälp vid upphandling av analyserna.
- Leif Brohede vid AnalyCen Nordic AB, och Kent Utterström vid Svensk Grundämnesanalys AB, liksom deras för oss anonyma medarbetare vid respektive företag, för gott samarbete vid analys av det stora provmaterialet.
- Mats Söderström vid Naturgeografiska institutionen vid Göteborgs Universitet för värdefulla synpunkter vid kartframställningen.
- Maj-Britt Brolin för professionell redigering av manuskriptet.
- SCB:s entusiastiska provtagare som med kort varsel lyckades genomföra provtagningarna på ett utmärkt sätt.
- Miklos Simon och medarbetarna vid Provcentralen, SLU, samt Berth Mårtensson och Etana Ararso vid Institutionen för markvetenskap, SLU, för deras ansvarsfulla omhändertagande, preparering, registrering, uppdelning och märkning av provmaterialet inför analys.
- David Tilles som översatte/granskade de engelska texterna.
- De lantbrukare som ställde sin mark till förfogande för provtagningarna och därmed bidrog med underlagsmaterialet för denna rapport.

Litteraturförteckning

Aastrup M, Johnsson J, Bringmark E, Bringmark L och Iverfeldt Å (1991): **Occurrence and transport of mercury within a small catchment area.** — Water, Air and Soil Pollution 56, 155-167.

Andersson A (1977): **Heavy metals in Swedish soils: On their retention, distribution and amounts.** — Swedish J. agric. Res. 7, 7-20.

Andersson A (1979): **On the distribution of heavy metals as compared to some other elements between grain size fractions in soils.** — Swedish J. agric. Res. 9, 7-13.

Andersson A, Dahlman B, Gee D G & Snäll S (1985): **The Scandinavian alum shales.** — SGU, Ser Ca 56.

Andersson A (1992): **Trace elements in agricultural soils — fluxes, balances and background values** — Swedish Environmental Protection Agency, report 4077.

Beck-Friis B G & Bäckman C (1988): **Grödans bidrag till markens försurning.** — Examensarbete. Sveriges Lantbruksuniversitet. Inst f markvetenskap.

Berger K C & Trough E (1940): **Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests.** — J. Amer. Soc. Agron. 32, 297-301.

Bingham F T, Page A L, Mitchell G A & Strong J E (1979): **Effect of liming an acid soil amended with sewage sludge enriched with Cd, Cu, Ni and Zn on yield and Cd content of wheat grain.** — J. Environ. Qual. 8, 202-207.

Bisbjerg B (1972): **Studies of selenium in plants and soils.** — Risø report. Danish Atomic Energy Commission, Research Establishment, Risø, Roskilde, 8-29.

Bjørlykke K (1974): **Depositional history and geochemical composition of Lower Palaeozoic epicontinental sediments from the Oslo region.** — Norges Geol. Unders. 305, 1-81.

Cahlin G (1988): **En studie av den markkarterade arealens representativitet vad beträffar pH, P-AL och K-AL. Delprojekt i försöksverksamhet med ökad markkartering.** — Lantbruksstyrelsen, september 1988.

Chaney R L & Ryan J A (1994): **Risk based standards for arsenic, lead and cadmium in urban soils. Summary of methods developed to estimate standards for Cd, Pb and As in urban soils.** — DECHEMA. Frankfurt am Main.

Claesson S & Steineck S (1991): **Växtnäring, hushållning - miljö.** — Sveriges Lantbruksuniversitet, speciella skrifter 41.

- Eklund J (1957): **Kalksten, dolomit och alunskiffer**. — I: Atlas över Sverige, nr 13-14. Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Stockholm.
- Ekström G (1953): **Åkermarkens matjordstyper**. — I: Atlas över Sverige, nr 63-64. Svenska sällskapet för antropologi och geografi. Stockholm.
- Eriksson J, Hammar O, Högborg E, Jansson S, Vahtras K & Wallén C H (1970): **Växtodlingslära. Del 1 - Marken**. — LTs förlag.
- Eriksson J E (1990): **A field study on factors influencing Cd levels in soils and in grains of oats and winter wheat**. — Water, Air and Soil Pollution 53, 69-81.
- Eriksson J, Söderström M & Andersson A (1995): **Kadmiumhalter i matjorden i svensk åkermark**. — Naturvårdsverket, rapport 4450.
- Eriksson J & Söderström M (1996): **Cadmium in wheat and agricultural soil in southern Sweden. I. Factors influencing levels in soil and grain**. — Acta Agric. Scand., Sect B, Soil and Plant Science 46, 240-248.
- Eriksson J, Öborn I, Jansson G & Andersson A (1996): **Factors influencing Cd content in crops - Results from Swedish field investigations**. — Swedish J. agric. Res. 26, 125-133.
- Golden Software (1996): **Surfer for Windows, version 6. Contouring and 3D surface mapping. Users guide**. — Golden Software, Inc. Golden, CO, USA.
- Granstedt A & Westberg L (1993): **Flöden av växtnäring i jordbruk och samhälle**. — Aktuellt från Lantbruksuniversitetet 416. mark-växter.
- Gunnarsson O (1980): **Kadmium i odlingsmiljön**. — Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien, Rapporter, Nr 4, 4-47.
- Hornburg V & Brümmer G W (1986): **Cadmium availability in soils and content of wheat grain**. — I: Congress contributions of a trace element congress in Jena 1986, KMU Leipzig, FSU Jena, DDR, 916-922.
- Hägg G (1979): **Allmän och oorganisk kemi**. Sjunde upplagan. — Almqvist & Wiksell, Stockholm
- IVA (1970): **Bor från miljösynpunkt**. — Rapport från Ingenjörsvetenskapsakademiens kommitté. Bor-Miljö 33.
- Jeng A S & Bergseth H (1992): **Chemical and mineralogical properties of Norwegian alum shale soils, with special emphasis on heavy metal content and availability**. — Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil and Plant Sci. 42, 88-93.
- Johnsson H & Hoffmann M (1996): **Normalutlakning av kväve från svensk åkermark 1985 och 1994**. — Ekohydrologi 39, Avdelningen för vattenvårdslära, SLU, Uppsala.

Johnsson L (1989): **Se-levels in the mor layer of Swedish forest soils.** — Swedish J. agric. Res. 19, 21-28.

Johnsson (1991): **Selenium uptake as a function of soil type, organic matter content and pH.** — Plant and soil 133, 57-64.

Johnsson L (1992): **Selenium in Swedish soils. Factors influencing soil content and plant uptake.** — Reports and Dissertations 10, Swedish University of Agricultural Sciences. Department of Soil Sciences. Paper V.

Jordbruksverket (1996a). **Riktlinjer för gödsling och kalkning 1997.** — Jordbruksverket, rapport 1996:15

Jordbruksverket (1996b). **Regler för stallgödsel och grön mark.** — Jordbruksinformation 4-1996, Jordbruksverket.

Karlton E (1994): **Ståndortskarteringen - ett miljökänsligt instrument för miljöövervakning och forskning.** — I: Markdagen 1994. Forskningsnytt om mark. Sveriges Lantbruksuniversitet, Skogsfakta konferens, nr 19, s 61-66.

Klang E & Eriksson J (1997): **Tungmetaller i åkermark i Uppsala län.** — Godkänd för publicering i Länsstyrelsens i Uppsala rapportserie.

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.

Lindqvist O, Johansson K, Aastrup M, Andersson A, Bringmark L, Hovsenius G, Håkansson L, Iverfeldt Å, Meili M och Timm B (1991): **Mercury in the Swedish Environment - Recent research on causes, consequences and corrective methods.** — Water, Air and Soil Pollution 55, 1-262.

Mattsson L (1996): **Markbördighet och jordart i svensk åkermark. En undersökning baserad på fältförsöksdata.** — Naturvårdsverket, rapport 4533.

Melkerud P-A, Olsson M T & Rosén K (1992): **Geochemical atlas of Swedish forest soils.** — Rapporter i skogsekologi och skoglig marklära. Inst f skoglig marklära, Sveriges Lantbruksuniversitet.

Monitor (1987): **Tungmetaller förekomst och omsättning i naturen.** — Naturvårdsverket.

Mosbaek H, Tjell J C & Hovmand M F (1982): **Atmospheric deposition of trace elements on agricultural soils and plants.** — In: Newsletter from the FAO European Cooperative Network on Trace Elements, First Issue, State University Gent, Belgium.

Nord (1992): **Atmospheric Heavy Metal Deposition in Northern Europe 1990.** — Nord 1992:12, Nordic Council of Ministers, Copenhagen.

- Renberg I, Wik S, Persson M & Emteryd O (1994): **Pre-industrial atmospheric lead contamination detected in Swedish lake sediments.** — Nature 368, 323-326.
- Rinne S-L, Sillanpää M, Huokuna E & Hiivola S-L (1977): **The effect of nitrogen fertilization on the copper/molybdenum ratio of grass herbage.** — Annales Agriculturae Fenniae 16, 192-198.
- SCB (1985): **Handelsgödsel, stallgödsel och kalk i jordbruket - långa tidsserier.** — Statistiska meddelanden Na 15 SM 8501. Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1990): **Jordbruksstatistisk årsbok 1990** — Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1995): **Handelsgödsel, stallgödsel och kalk i jordbruket. Kväve, fosfor, kalium och CaO i långa regionala tidsserier** — Statistiska meddelanden Na 30 SM 9503. Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1996a). **Jordbruksstatistisk årsbok 1996** — Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1996b). **Rapporter från lantbrukets företagsregister 1995. Jordbruksföretagens driftsinriktning den 8 juni 1995. typologidata** — Statistiska meddelanden J 30 SM 9603, Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1997a): **Försäljning av kalk för jord- och trädgårdsbruk, för kalkning av sjöar och vattendrag samt för skogskalkning under 1996** — Statistiska meddelanden Na 30 SM 9702. Statistiska Centralbyrån.
- SCB (1997b): **Försäljning av handelsgödsel för jord- och trädgårdsbruk under 1995/96** — Statistiska meddelanden Na 30 SM 9701. Statistiska Centralbyrån.
- Siman G (1985): **Mark- och skördeeffekter i de permanenta kalkningsförsöken under en 20-årsperiod, 1962-1982.** — Sveriges lantbruksuniversitet, Inst. för markvetenskap, Avd. för växtningslära, Uppsala, Rapport 165.
- Simán G, Haak E & Mattsson L (1993): **Erfarenheter från de långliggande kalkförsöken.** — I: Har markens långsiktiga produktionsförmåga förändrats? Kungl. Skogs- och Lantbruksakademien. Rapport nr 66. Stockholm.
- SLV (1989): **Försurningens påverkan på kadmiumupptag i grödan - hälsorisker och behov av kalkning.** — Statens livsmedelsverk, Rapport 1989:15.
- SNFS (1994): **Kungörelse med föreskrifter om skydd för miljön, särskilt marken, när avloppsslam används i jordbruket.** — Statens naturvårdsverks författningssamling, SNFS 1994:2, MS 72.
- Suttle N F (1991): **The interaction between copper, molybdenum and sulphur in ruminant nutrition.** — Annu. Rev. Nutr. 11. 121-140.
- Sveriges Nationalatlas (1994): **Sveriges Nationalatlas/Berg och jord** — SNA Förlag, Stockholm.

Söderström M & Eriksson J (1996): Cadmium in wheat and agricultural soil in southern Sweden. II. Geographical distribution and its relation to substratum. — Acta Agric. Scand., Sect B, Soil and Plant Science 46, 249-257.

Tjell J C, Hovmand M F & Mosbaek H (1979): **Atmospheric lead pollution of grass grown in a background area in Denmark.** — Nature 280, 425-426.

Tyler G, Bergkvist B, Rühling Å & Wiman B (1983): **Metaller i skogsmark - deposition och omsättning.** — Statens Naturvårdsverk PM 1692.

Tyler G (1992): **Critical concentrations of heavy metals in the mor horizon of Swedish forests.** — Swedish Environmental Protection Agency, Report 4078.

Ulén B (1997): **Förluster av fosfor från jordbruksmark.** — Naturvårdsverket, rapport 4731.

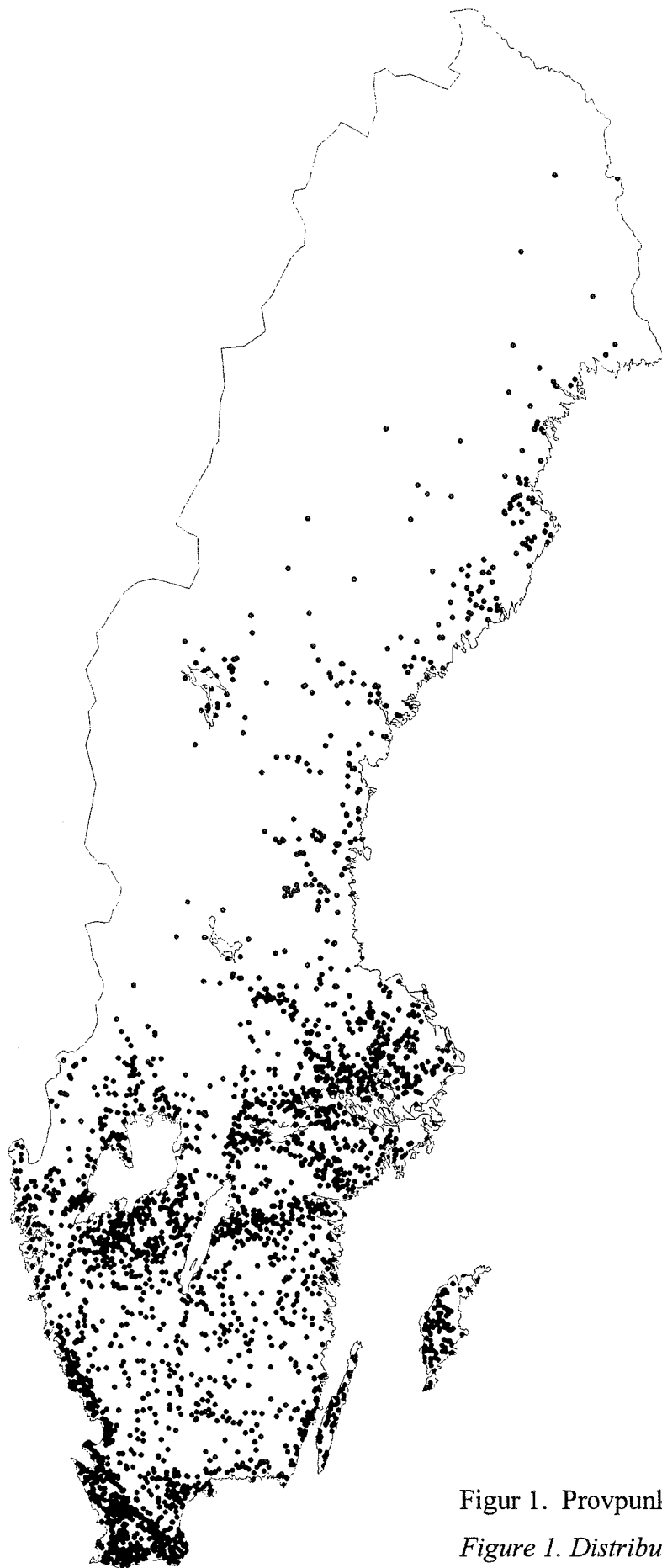
Wiklander L & Lotse E (1966): **Minerological and physico-chemical studies on clay fractions of Swedish cultivated soils.** — Lantbrukshögskolans Annaler 32, 439-475.

Wiklander L (1977): **Marklära.** — Inst f markvetenskap, Lantbrukshögskolan

Whatkinson J H (1963): **Soil selenium and animal health.** — I: Transactions of the joint meeting of commissions 4 and 5. International Society of Soil Science (ed. G J Neale). International Soil Conference, Lower Hutt N.Z. 1963, 149-154.

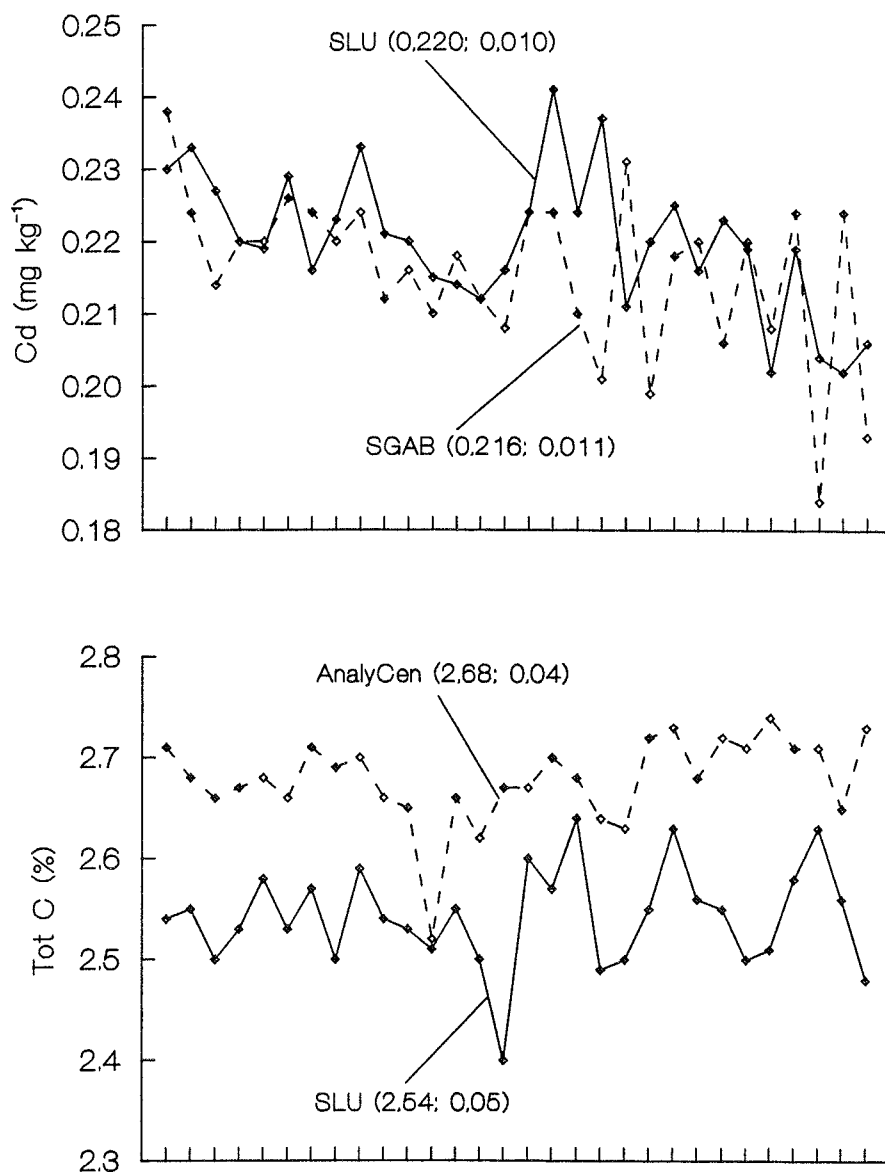
Witter E (1992): **Heavy metal concentrations in agricultural soils critical to microorganisms.** — Swedish Environmental Protection Agency, Report 4079.

Öborn I, Jansson G & Johnsson L (1995): **A field study on the influence of soil pH on trace element levels in spring wheat (*Triticum aestivum*), potatoes (*Solanum tuberosum*) and carrots (*Daucus carota*).** — Water, Air and Soil Pollution 85, 835-840.



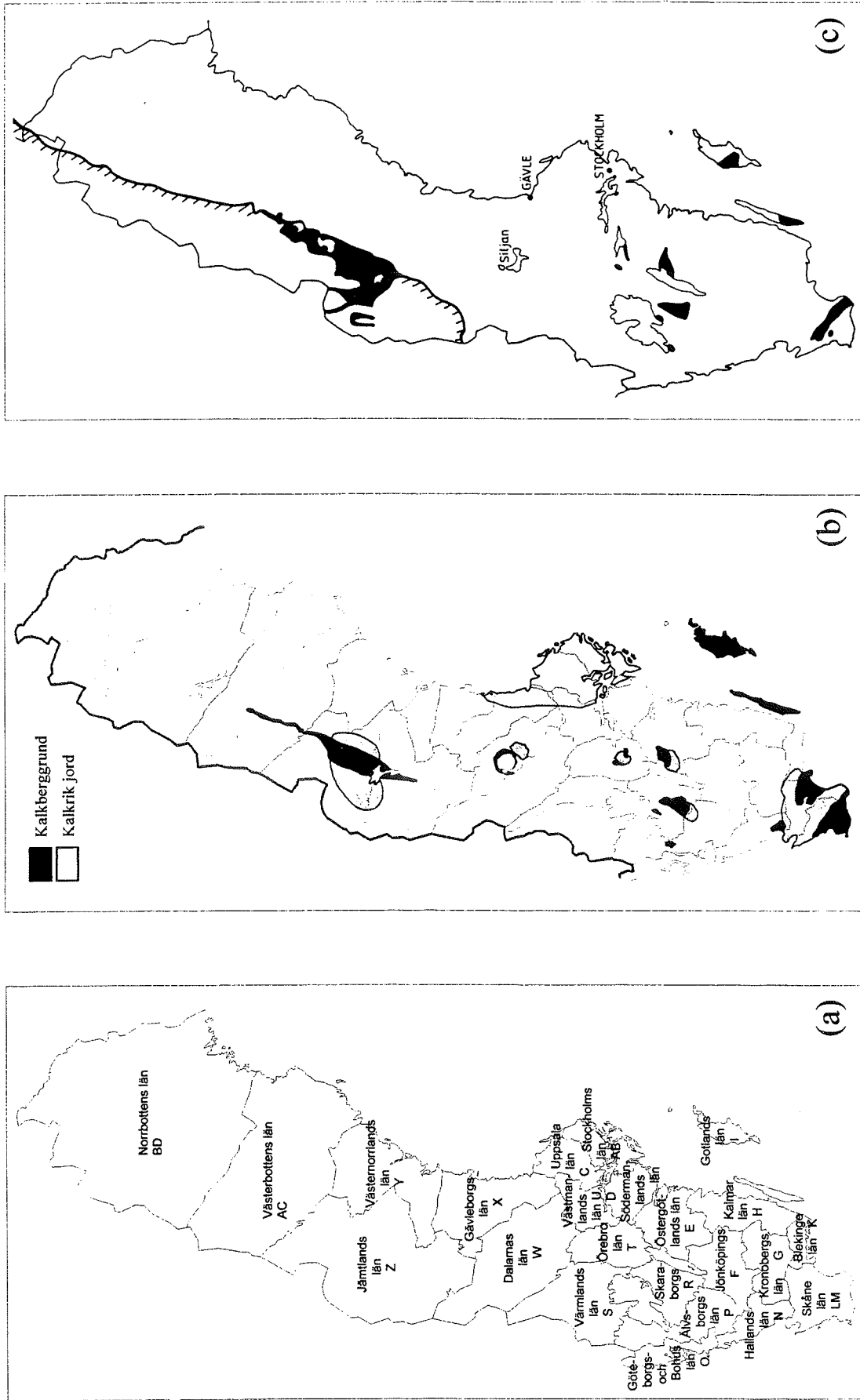
Figur 1. Provpunkternas fördelning.

Figure 1. Distribution of the sampling sites.



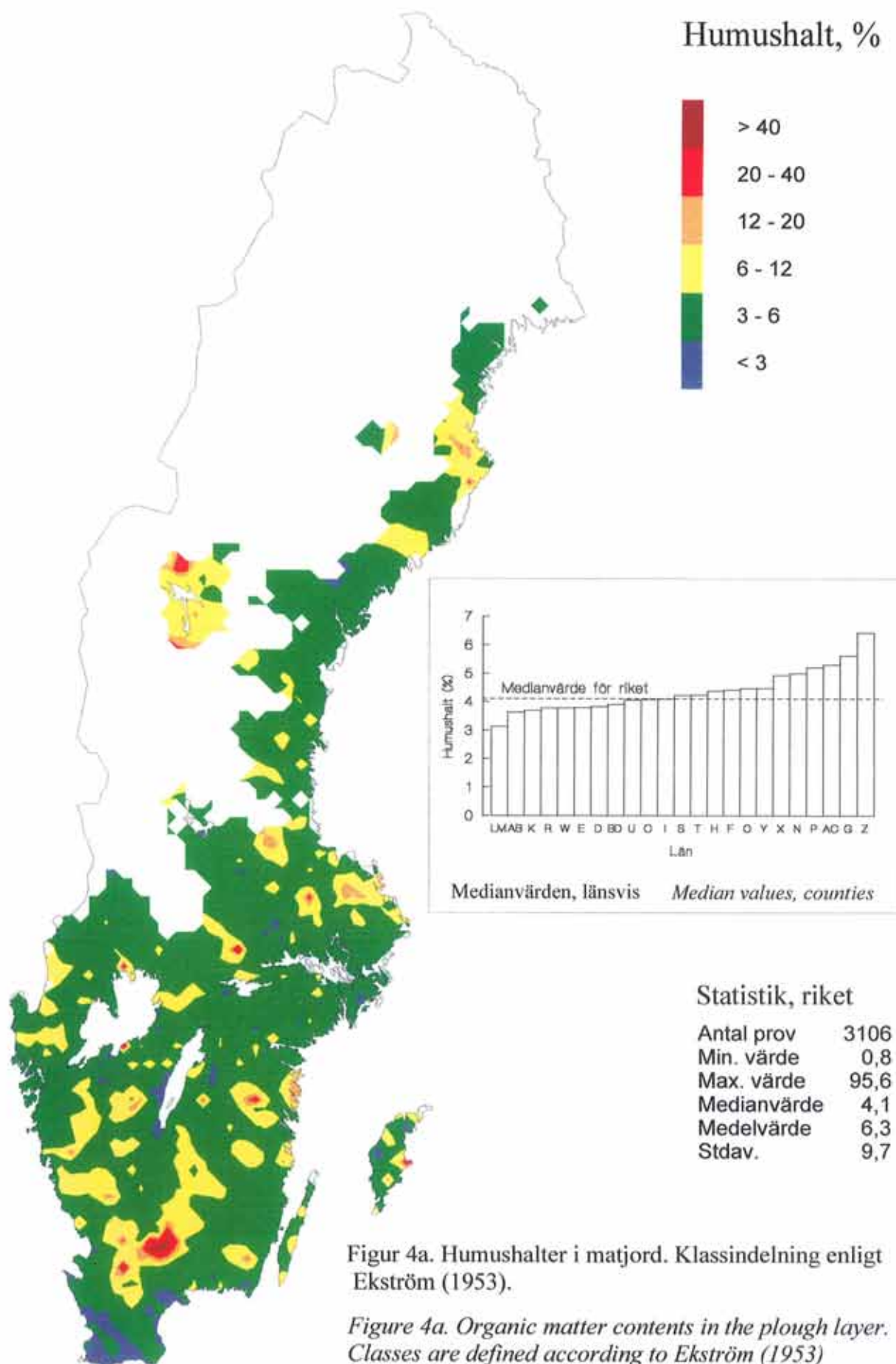
Figur 2. Analysvärden för SLU:s kontrollprov. De 30 första värdena från analysen av matjordprover vid Svensk Grundämnesanalys (SGAB) och AnalyCen för kadmium respektive totalt kol jämförs med 30 värden från olika analystillfällen vid SLU. Siffror inom parentes är medelvärden och standardavvikelser.

Figure 2. Values from analysis of the control sample. The first 30 values obtained for cadmium and total carbon by SGAB and AnalyCen, respectively, when analyzing plough-layer samples, are compared with 30 values obtained on different occasions at the Swedish University of Agricultural Sciences. Figures within parenthesis denote mean values and standard deviations.



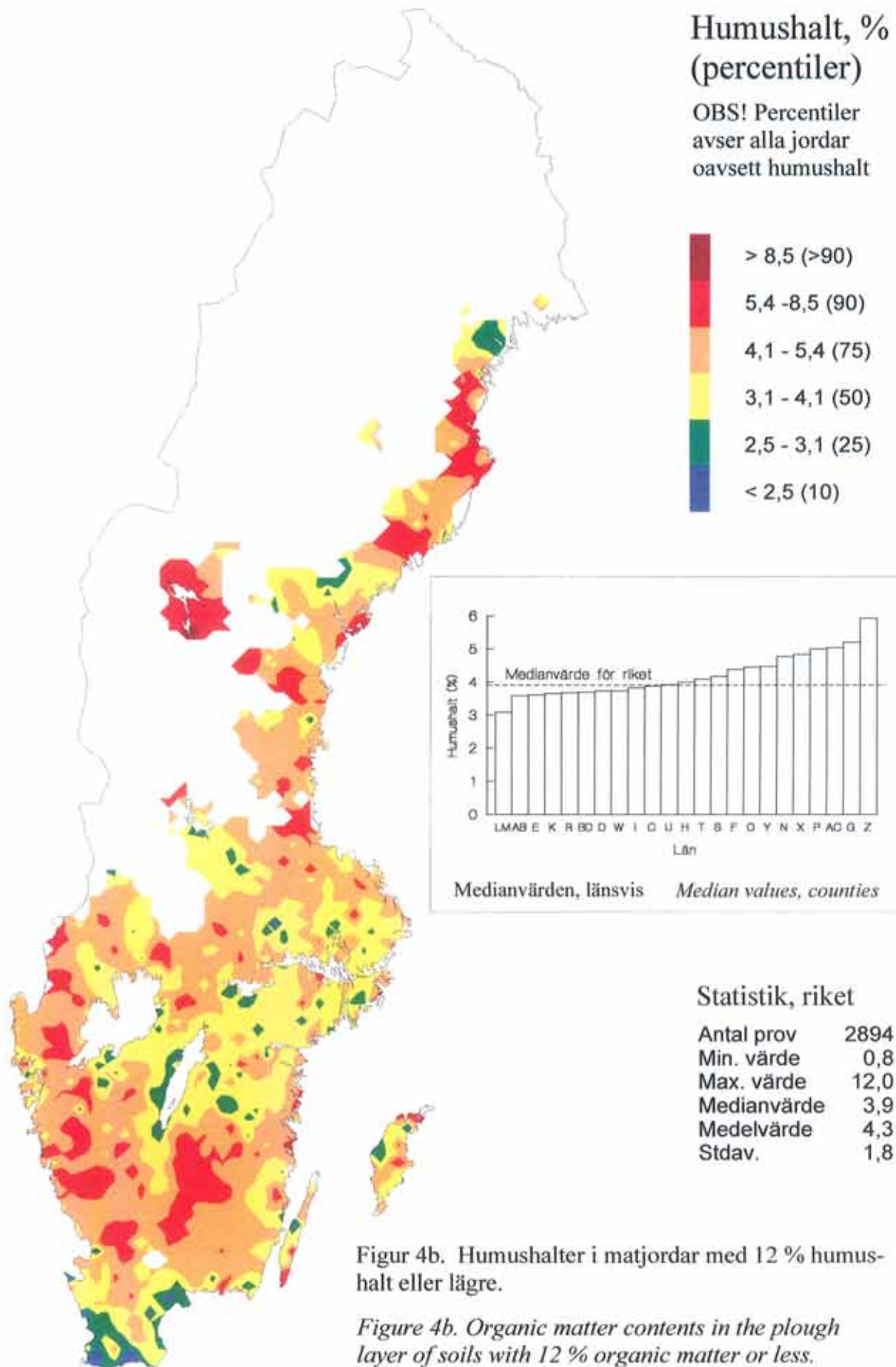
Figur 3. (a) Sveriges län 1997 med länsbokstäver. (b) Förekomst av kalkberggrund och kalkrik jord (Sveriges Nationalatlas, 1994). (c) Förekomst av alunskiffer (Andersson m fl, 1985).

Figure 3. (a) Swedish counties and their letter designations. (b) Occurrence of limestone bedrocks and calcareous soils (Sveriges Nationalatlas, 1994). (c) Occurrence of alun shale (Andersson et al, 1985).



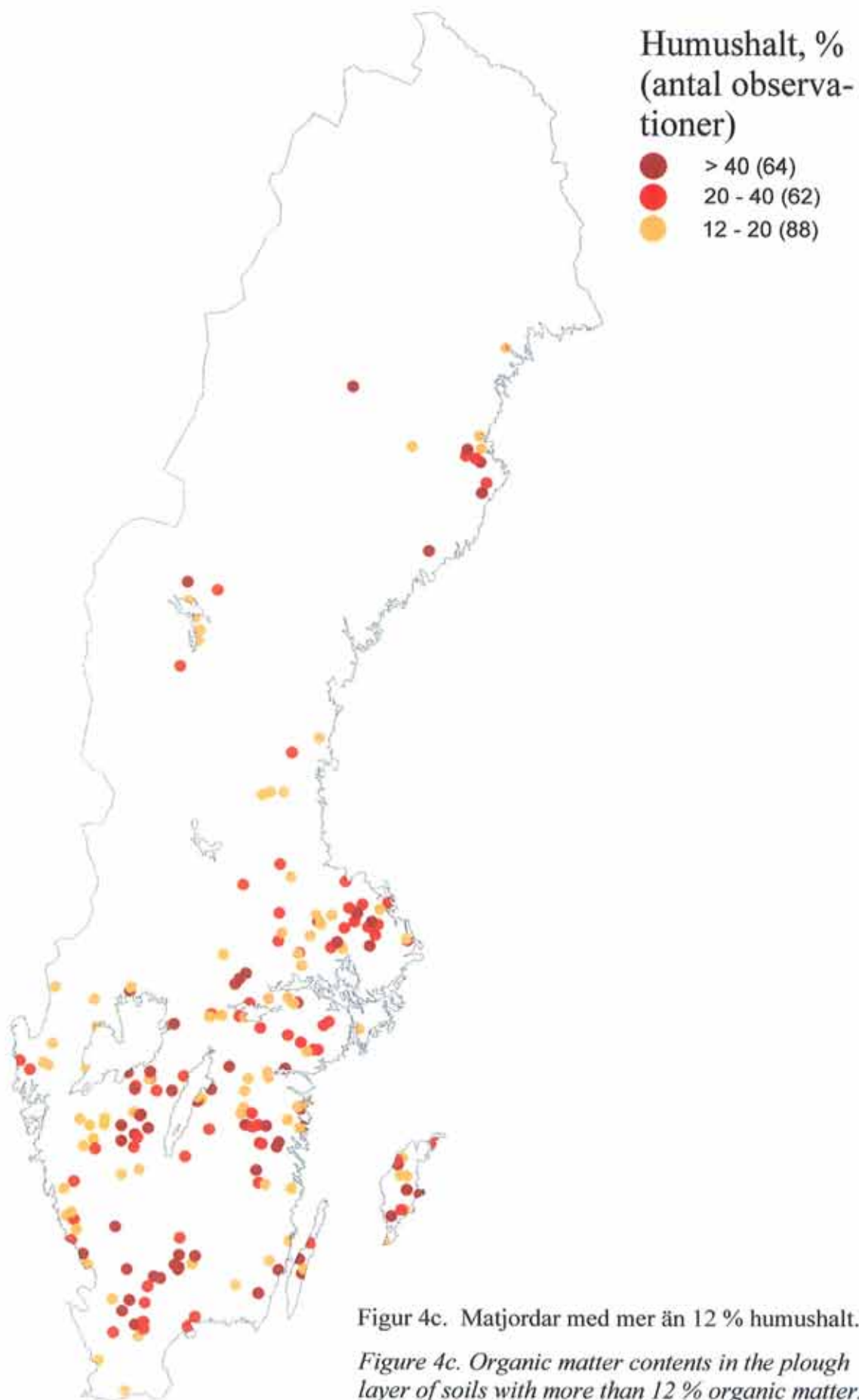
Figur 4a. Humushalter i matjord. Klassindelning enligt Ekström (1953).

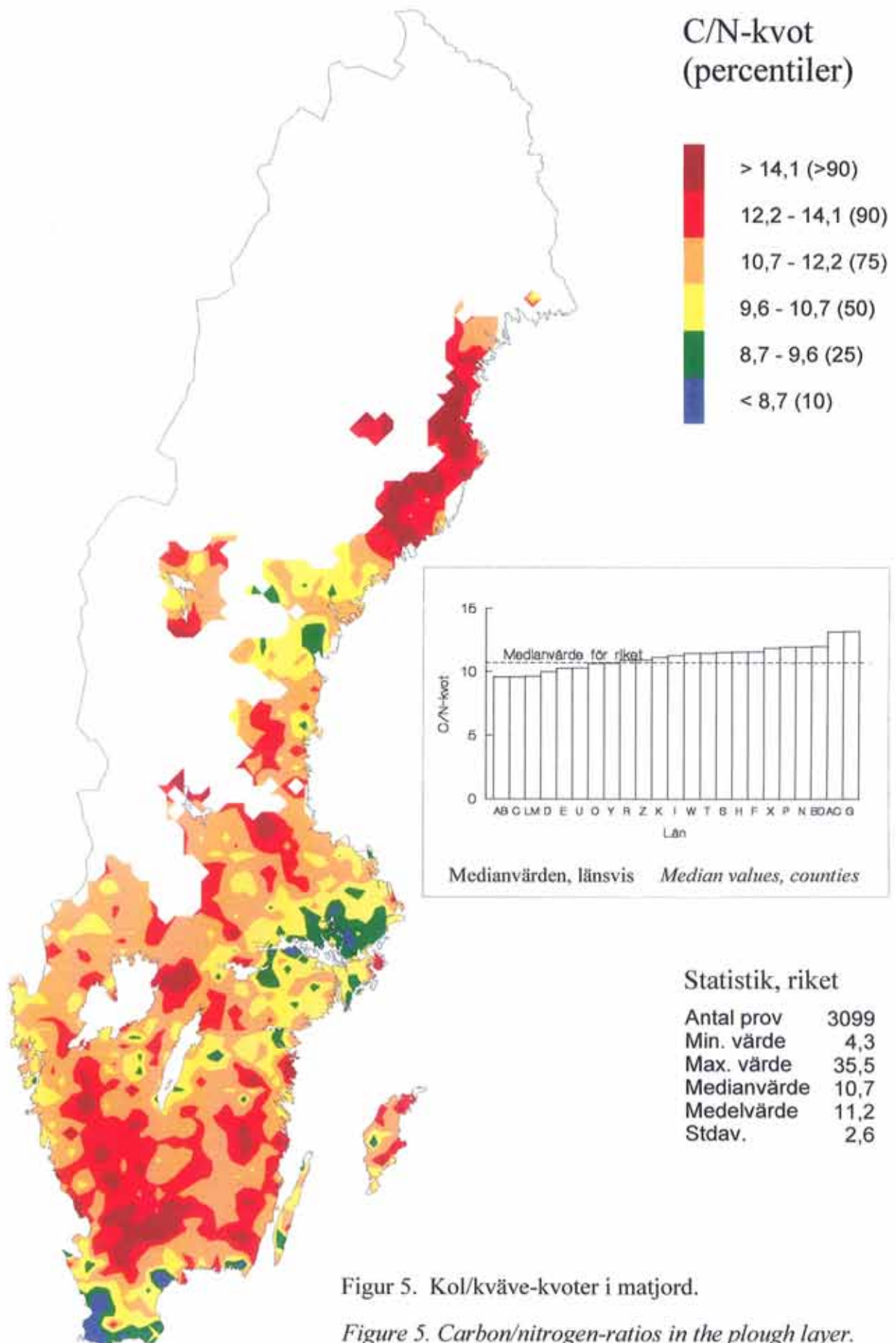
Figure 4a. Organic matter contents in the plough layer. Classes are defined according to Ekström (1953)



Figur 4b. Humushalter i matjordar med 12 % humushalt eller lägre.

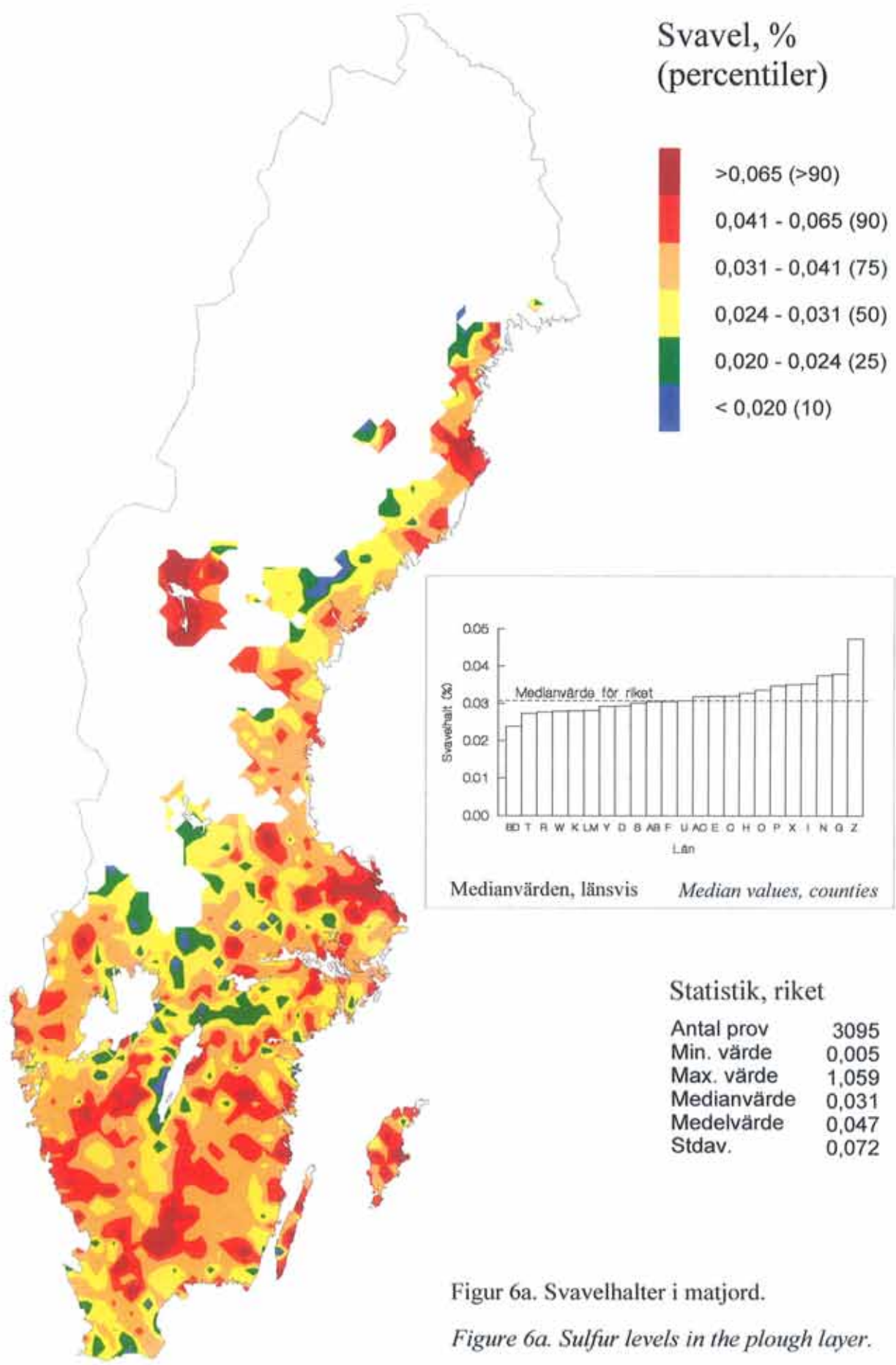
Figure 4b. Organic matter contents in the plough layer of soils with 12 % organic matter or less.





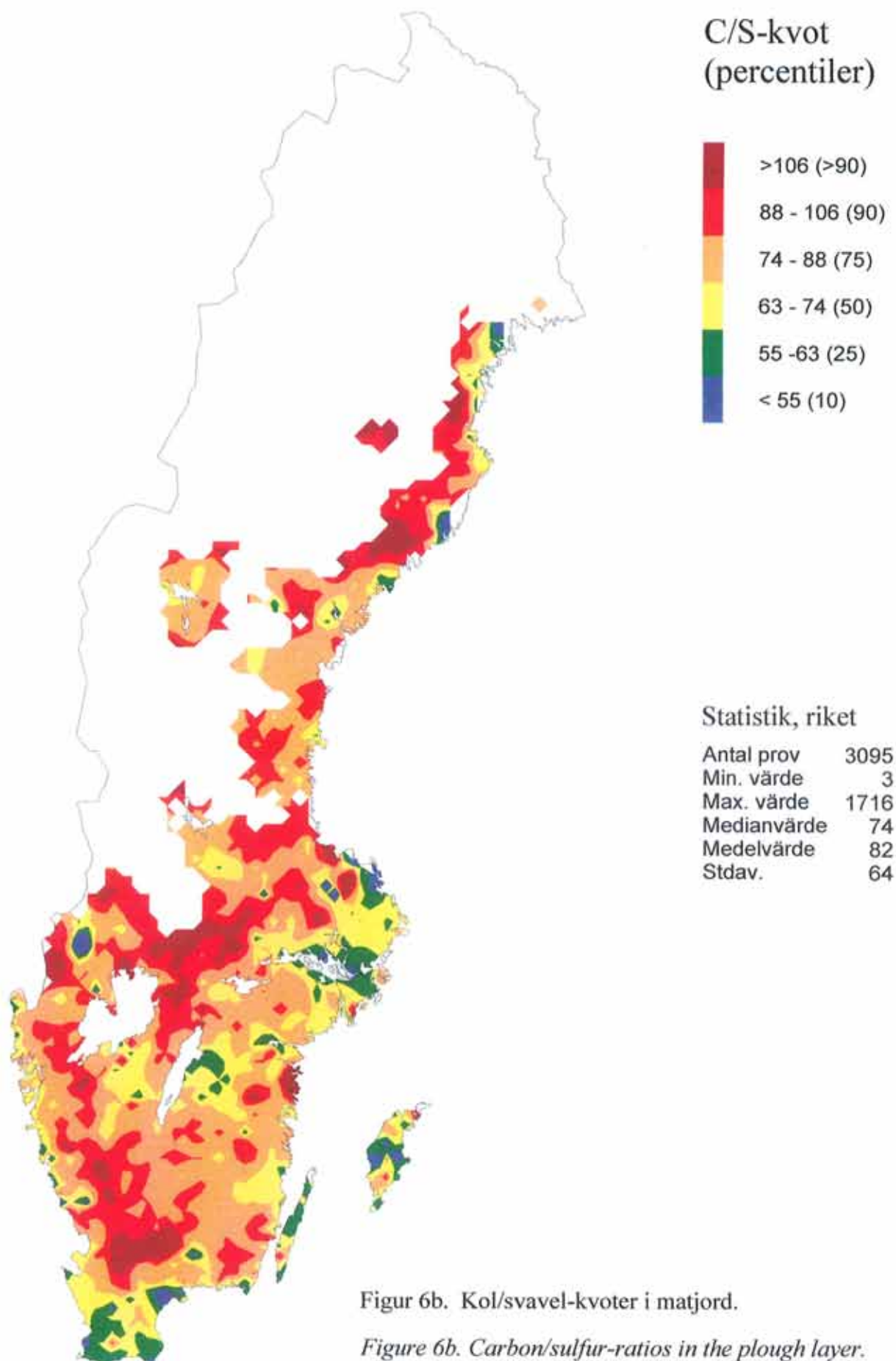
Figur 5. Kol/kväve-kvoter i matjord.

Figure 5. Carbon/nitrogen-ratios in the plough layer.



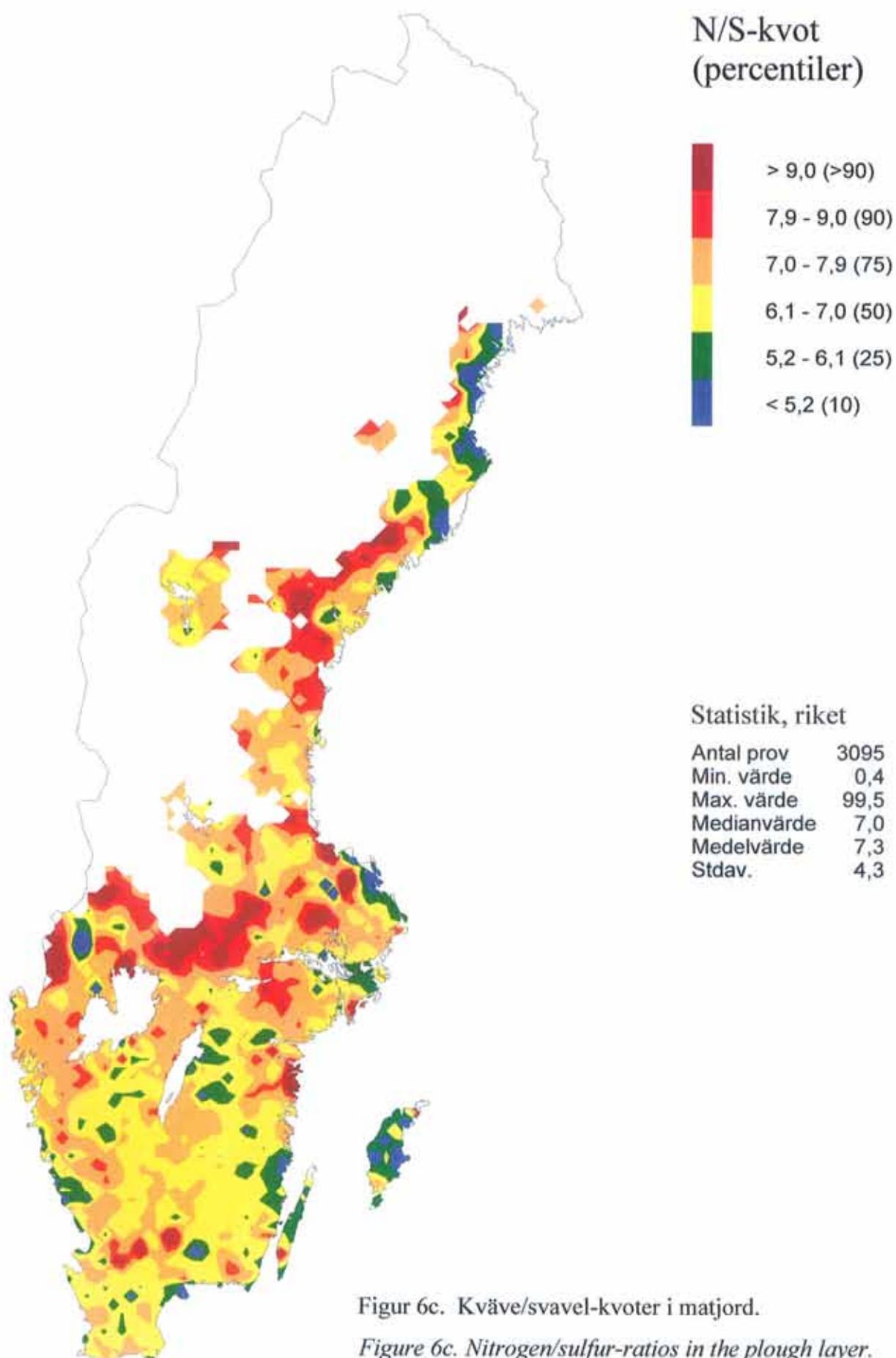
Figur 6a. Svavelhalter i matjord.

Figure 6a. Sulfur levels in the plough layer.



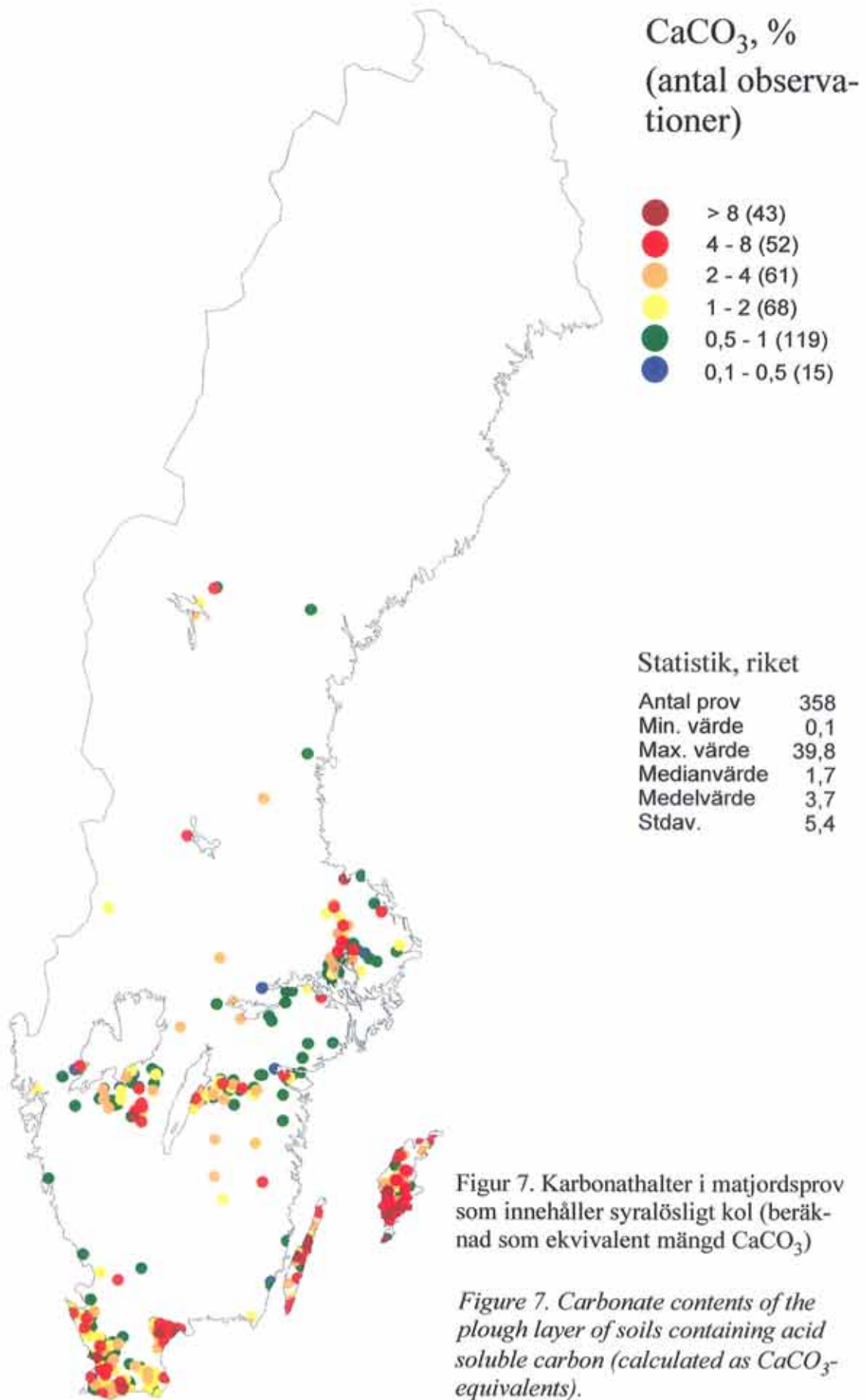
Figur 6b. Kol/svavel-kvoter i matjord.

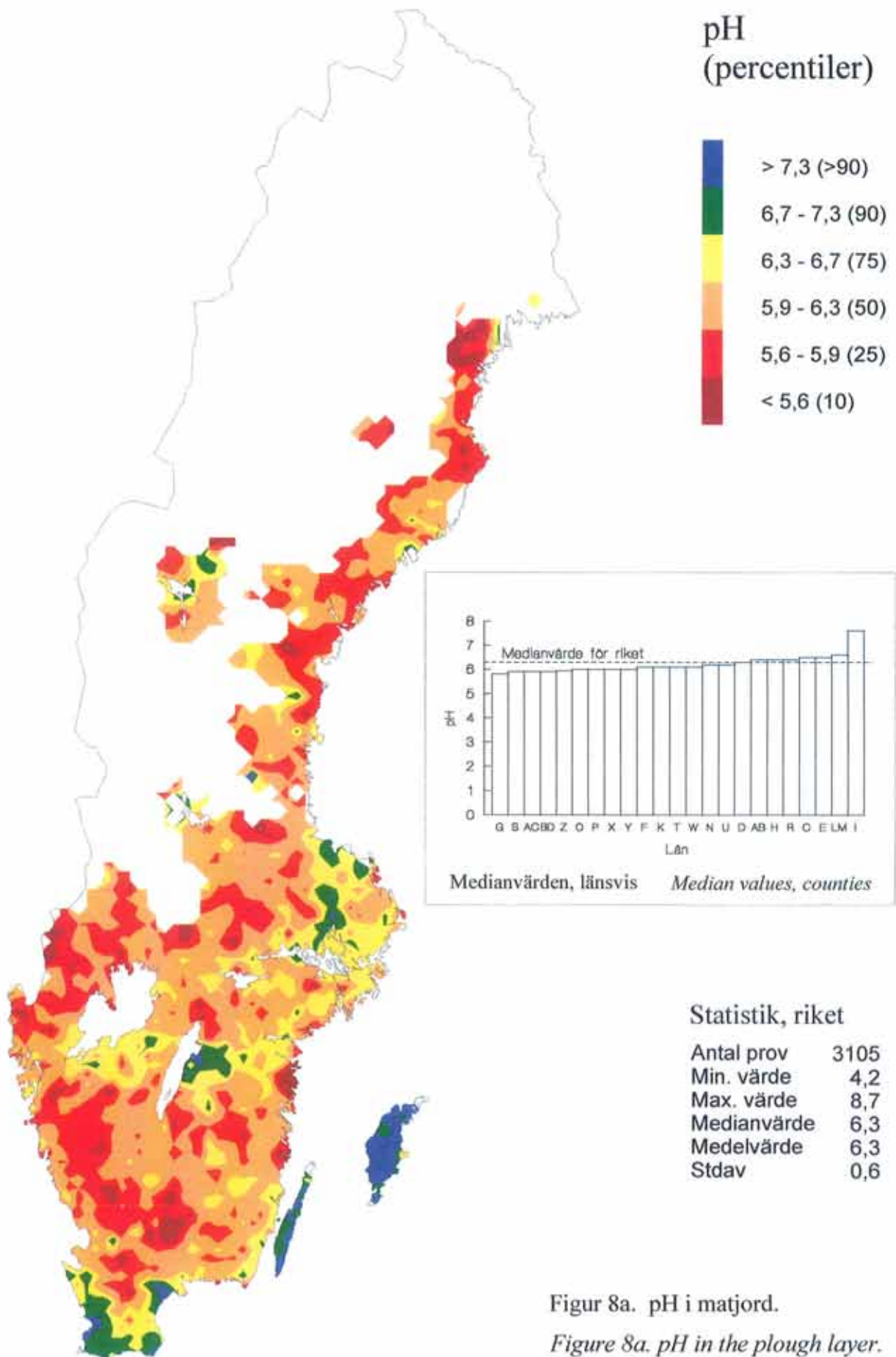
Figure 6b. Carbon/sulfur-ratios in the plough layer.



Figur 6c. Kväve/svavel-kvoter i matjord.

Figure 6c. Nitrogen/sulfur-ratios in the plough layer.

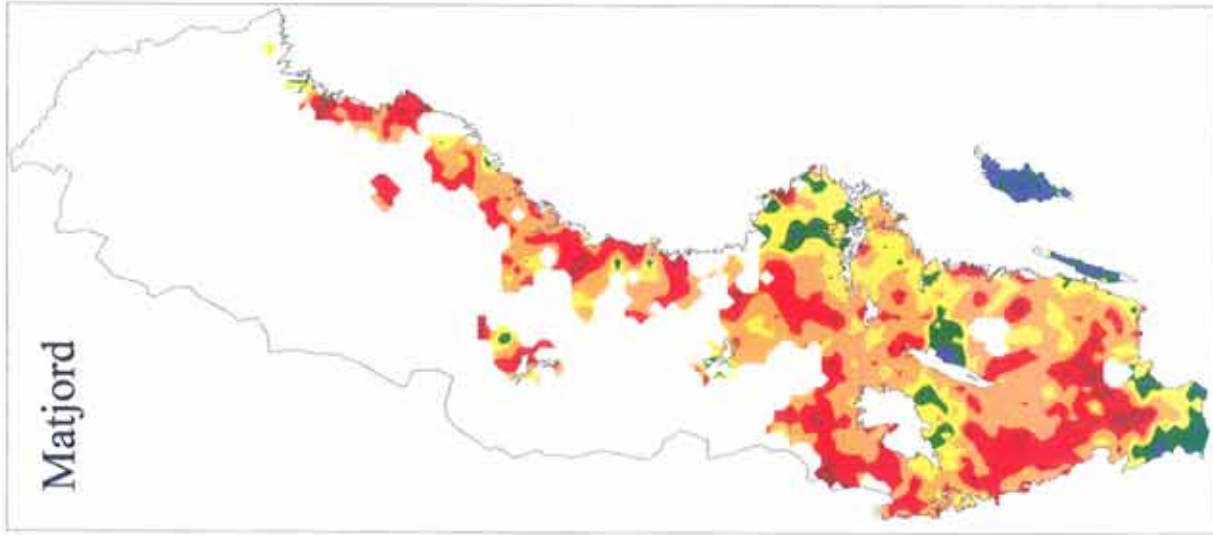
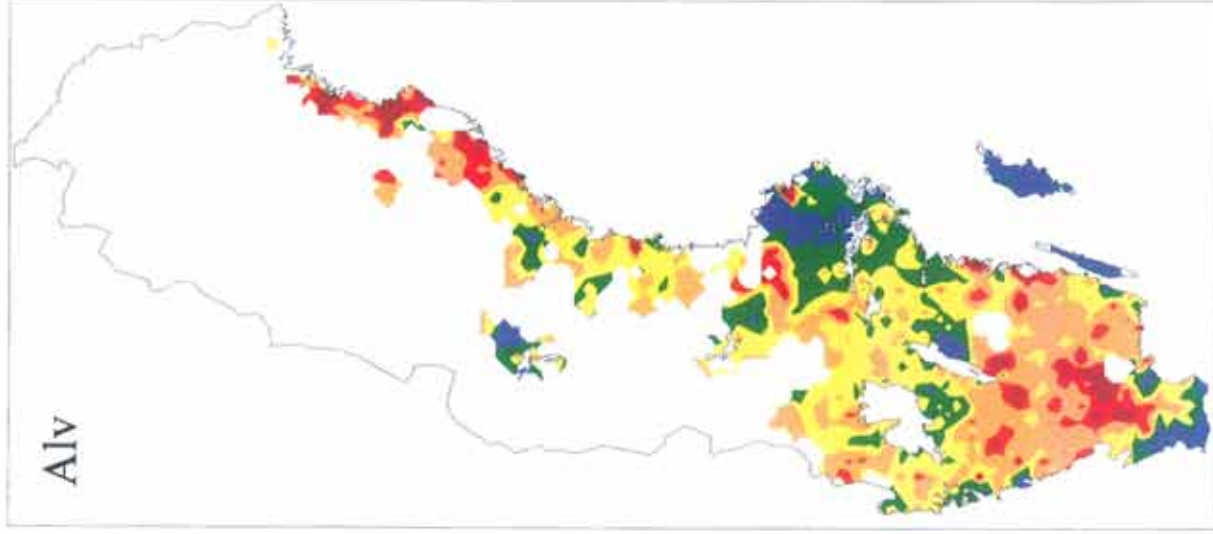
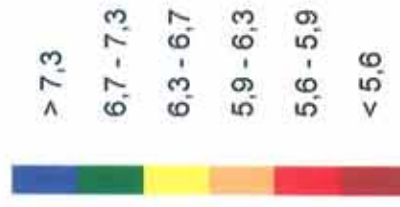




Figur 8a. pH i matjord.

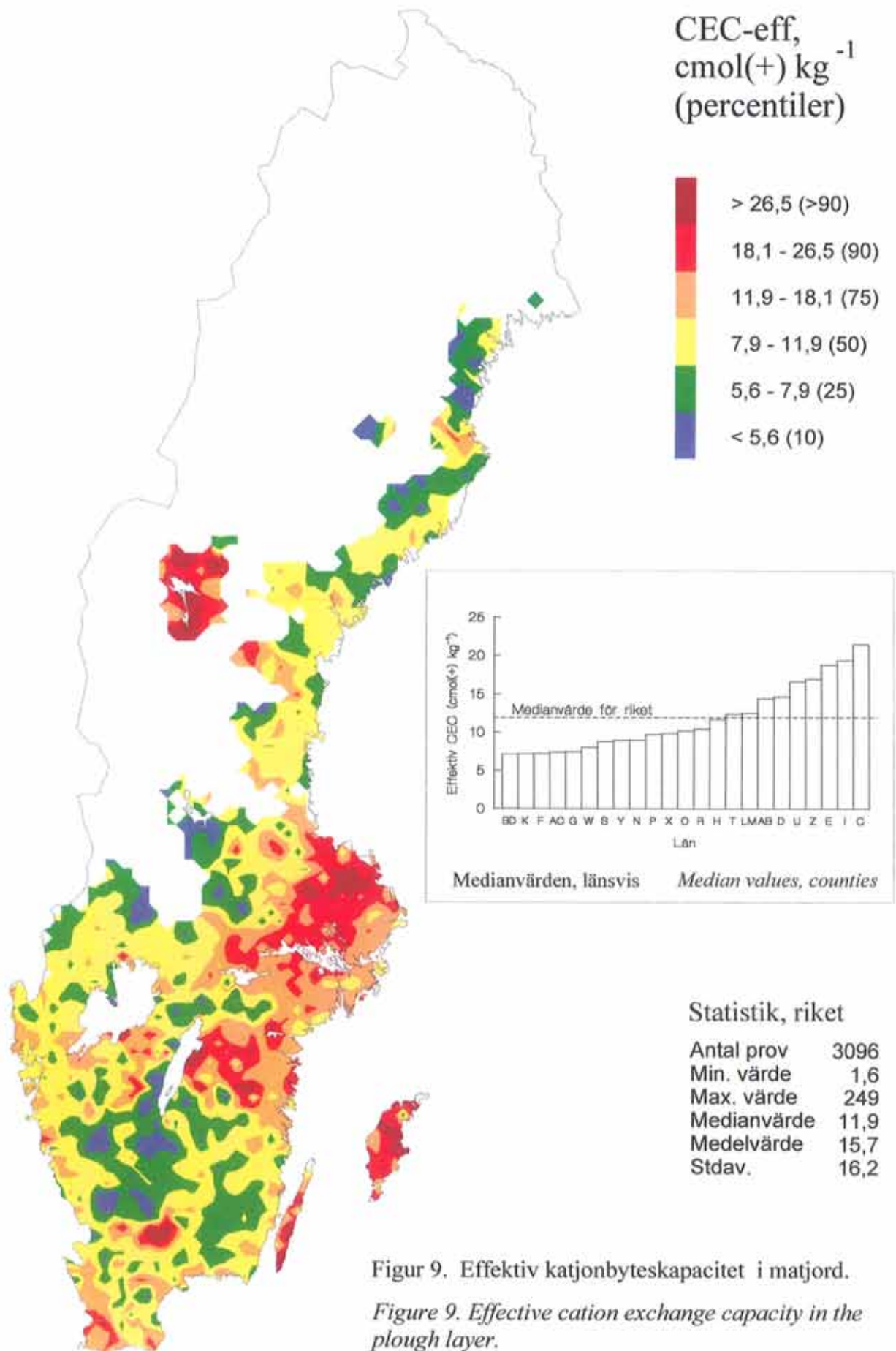
Figure 8a. pH in the plough layer.

pH



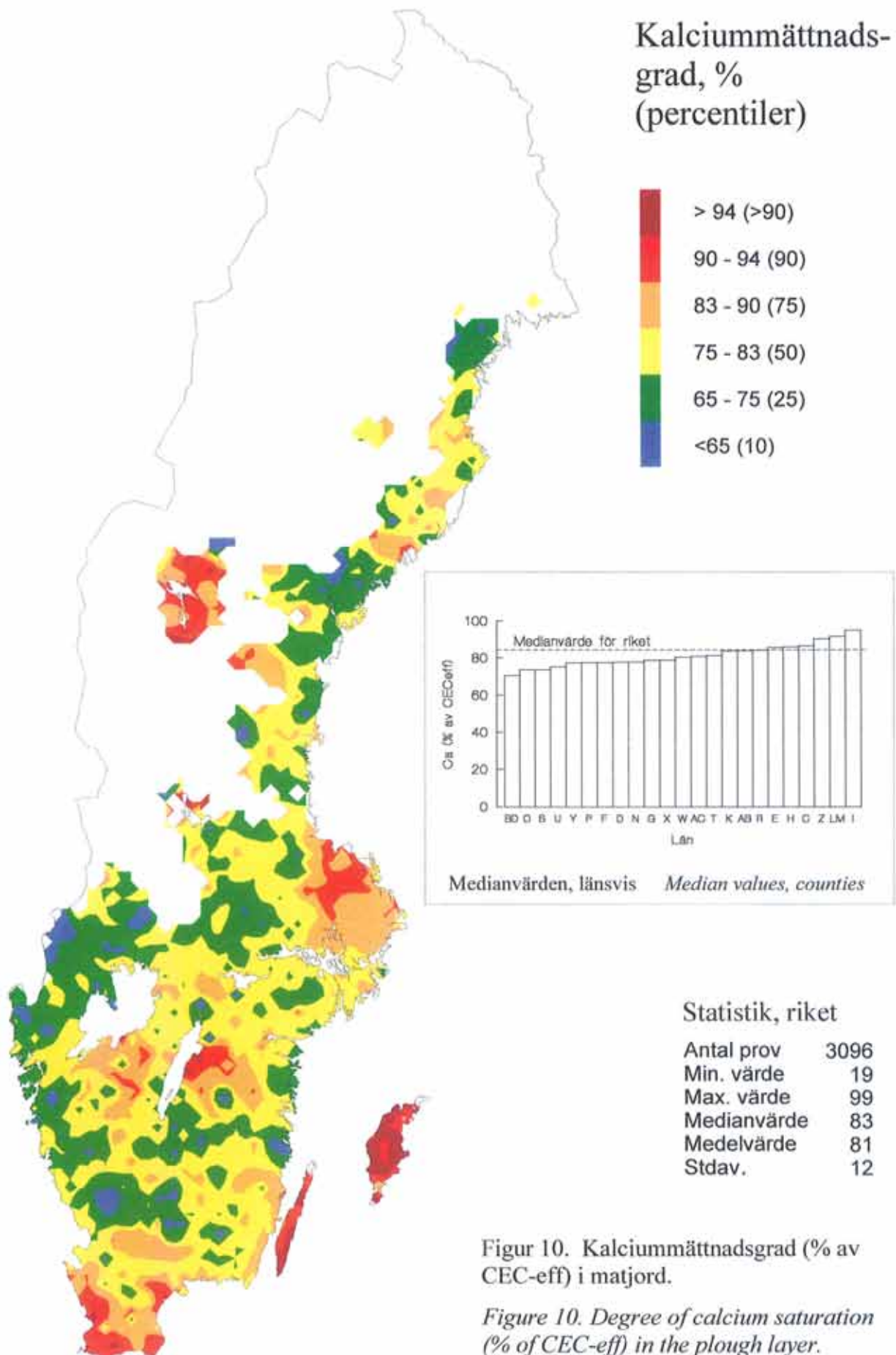
Figur 8b. pH i matjord och alv (n=1716). Kartan över pH i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

Figure 8b. pH levels in the plough layer and the subsoil (n=1716). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer pH map.



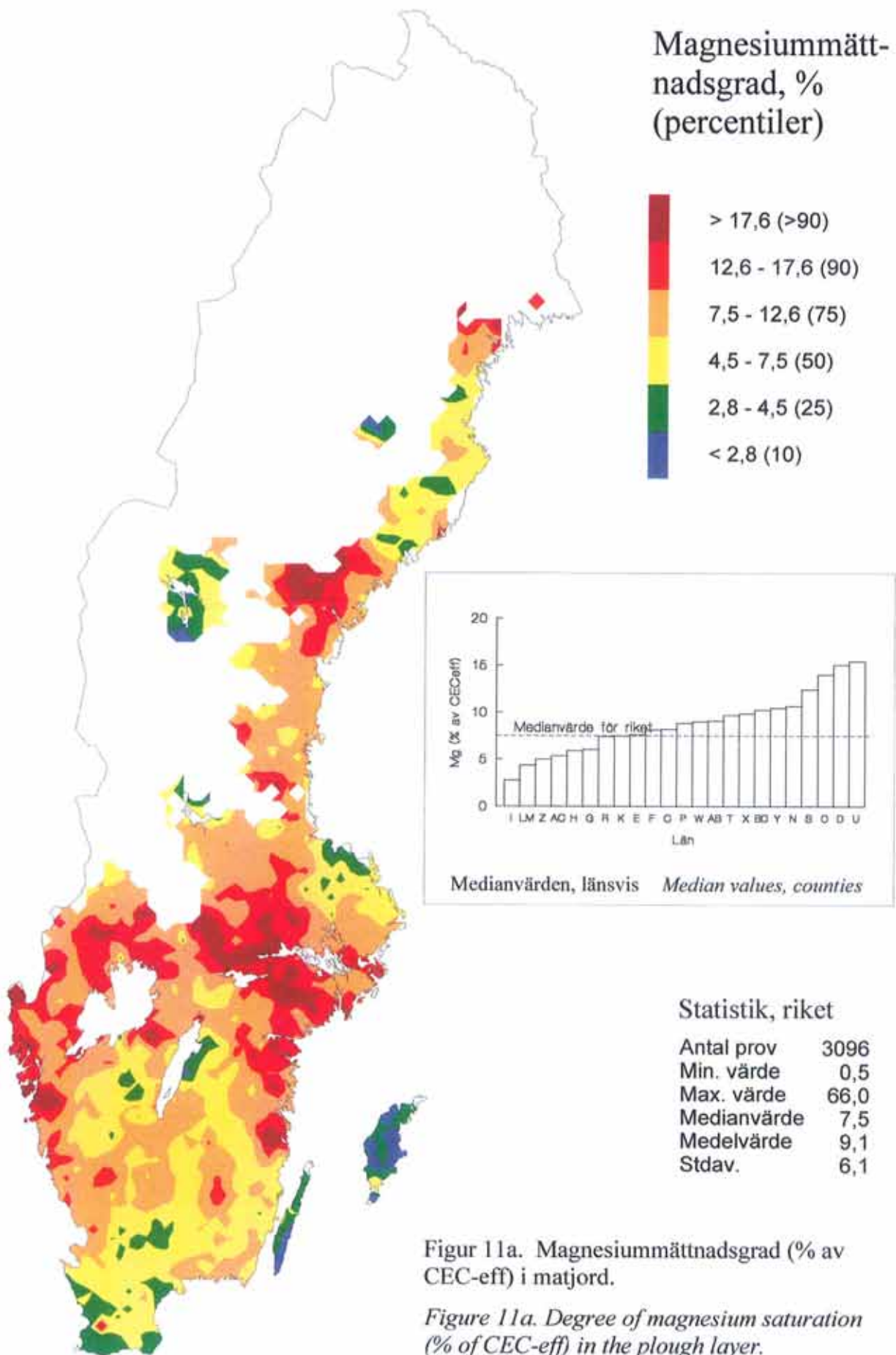
Figur 9. Effektiv katjonbyteskapacitet i matjord.

Figure 9. Effective cation exchange capacity in the plough layer.



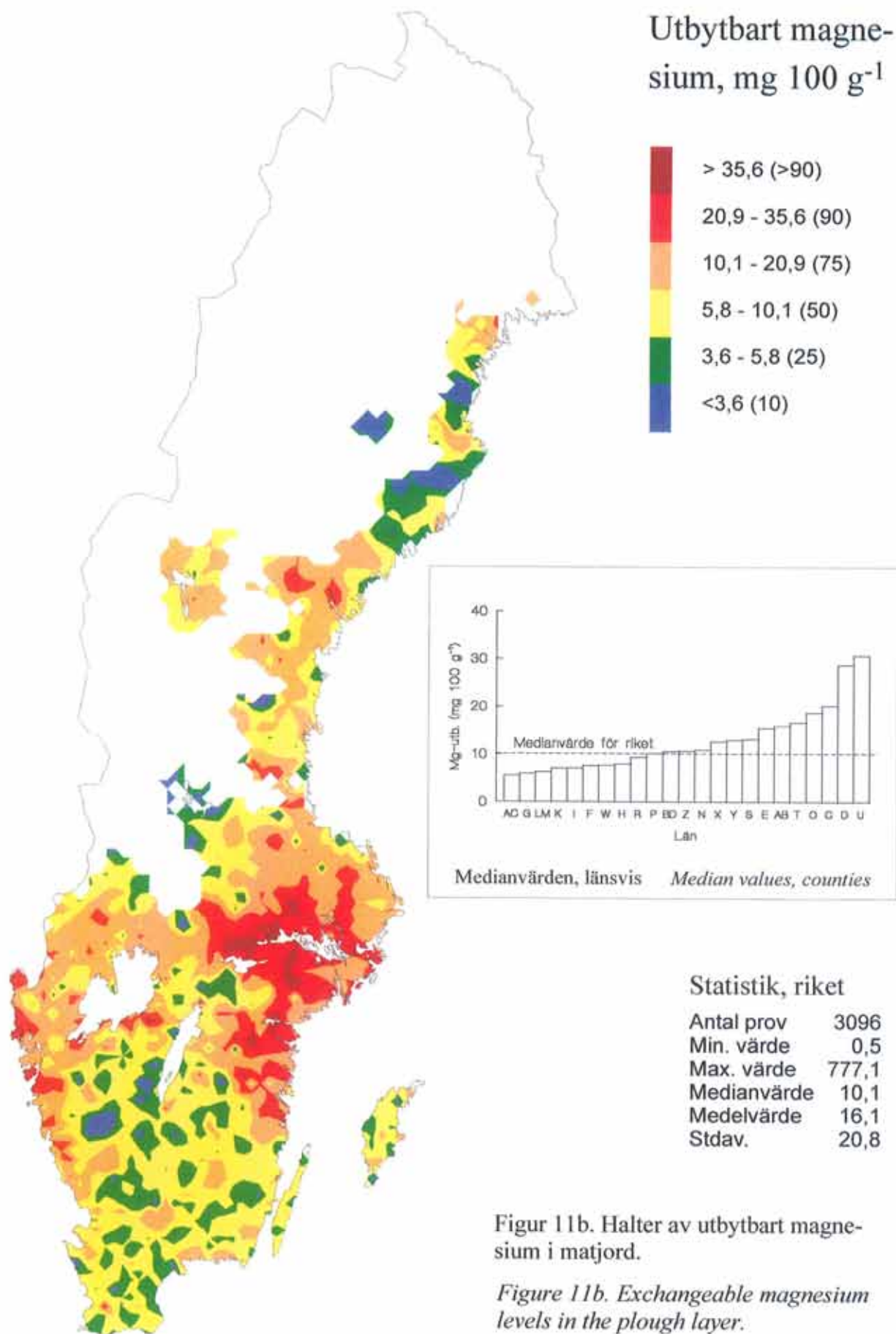
Figur 10. Kalciummättnadsgrad (% av CEC-eff) i matjord.

Figure 10. Degree of calcium saturation (% of CEC-eff) in the plough layer.



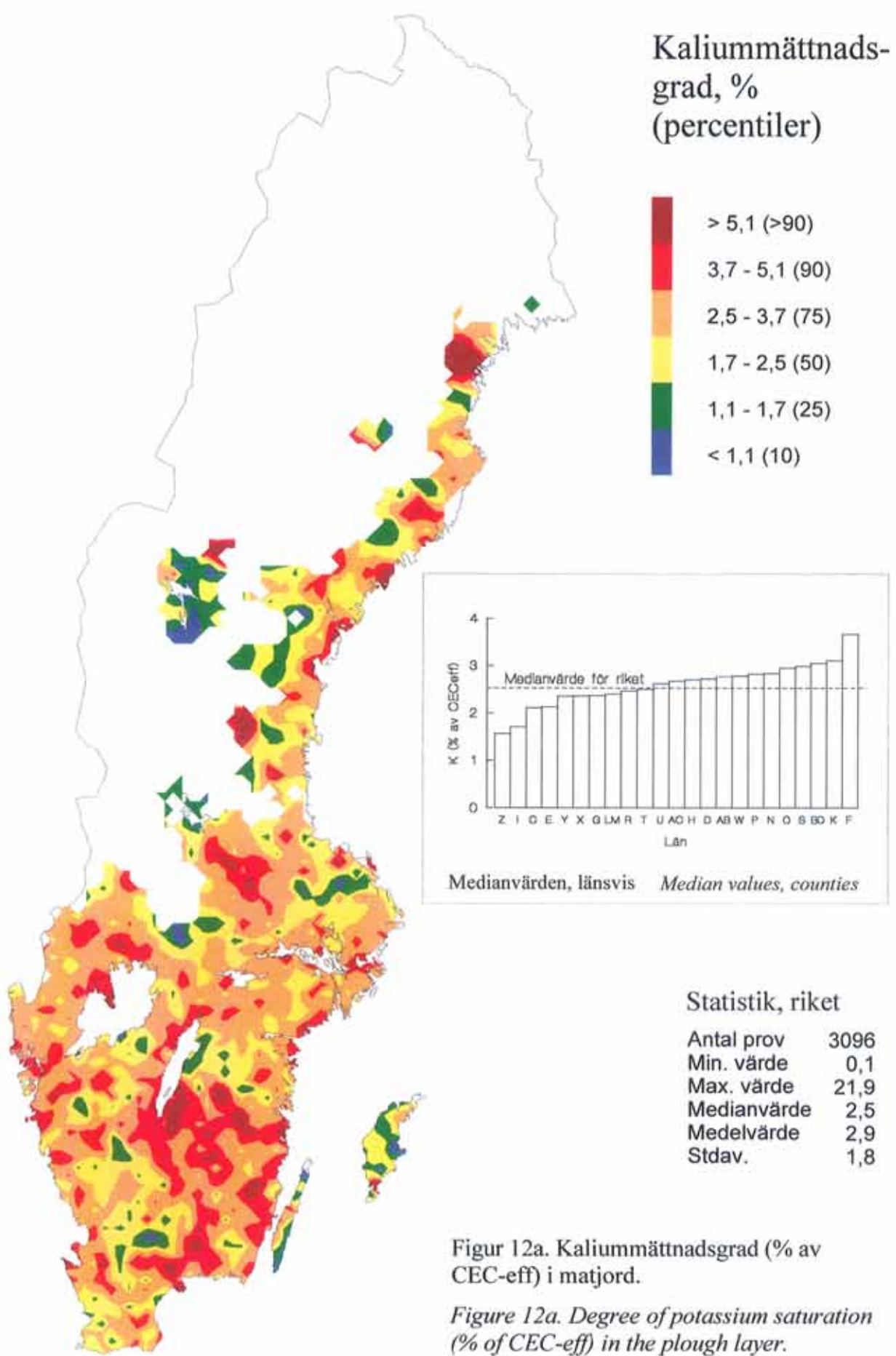
Figur 11a. Magnesiummättnadsgrad (% av CEC-eff) i matjord.

Figure 11a. Degree of magnesium saturation (% of CEC-eff) in the plough layer.



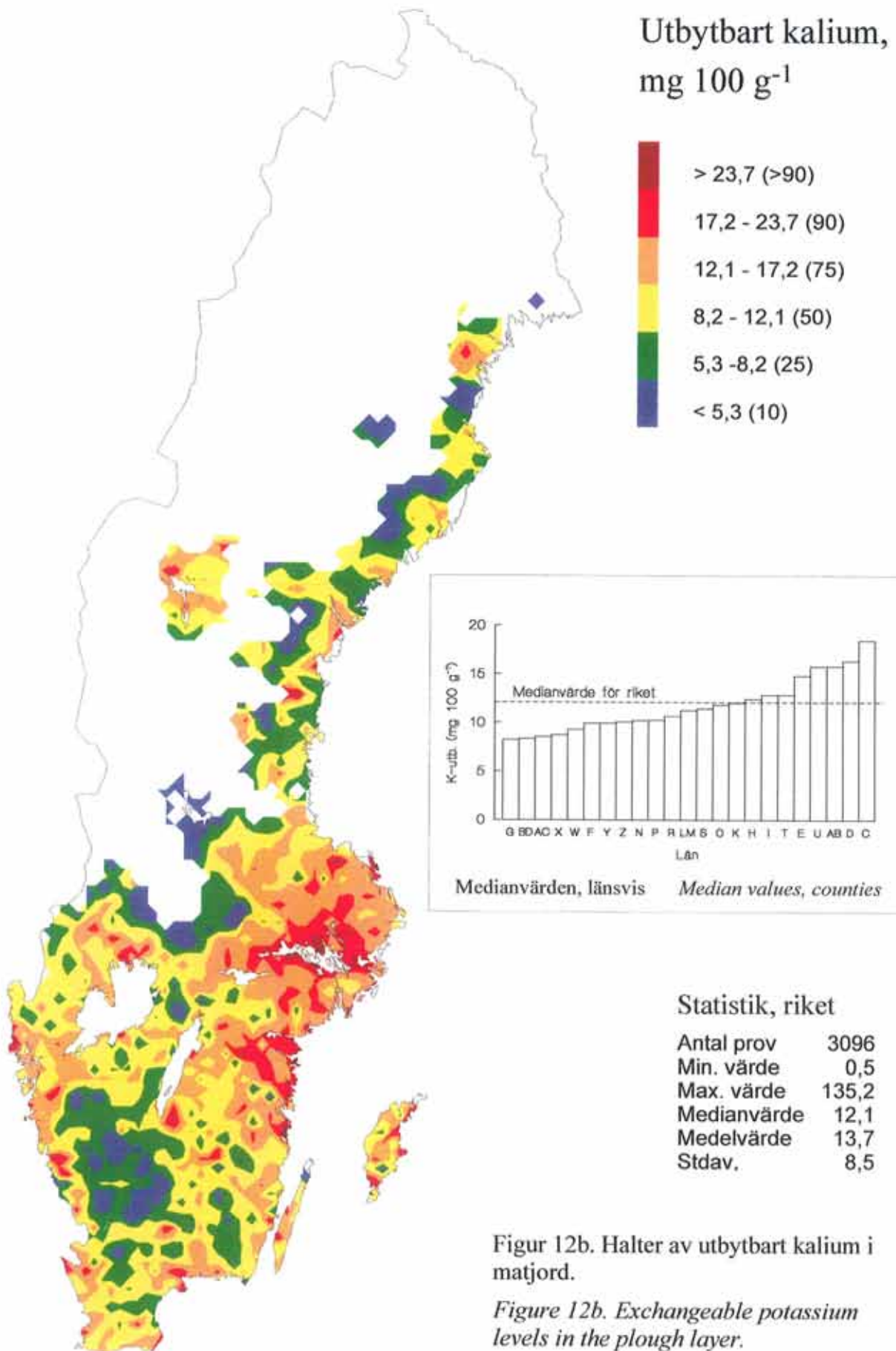
Figur 11b. Halter av utbytbart magnesium i matjord.

Figure 11b. Exchangeable magnesium levels in the plough layer.



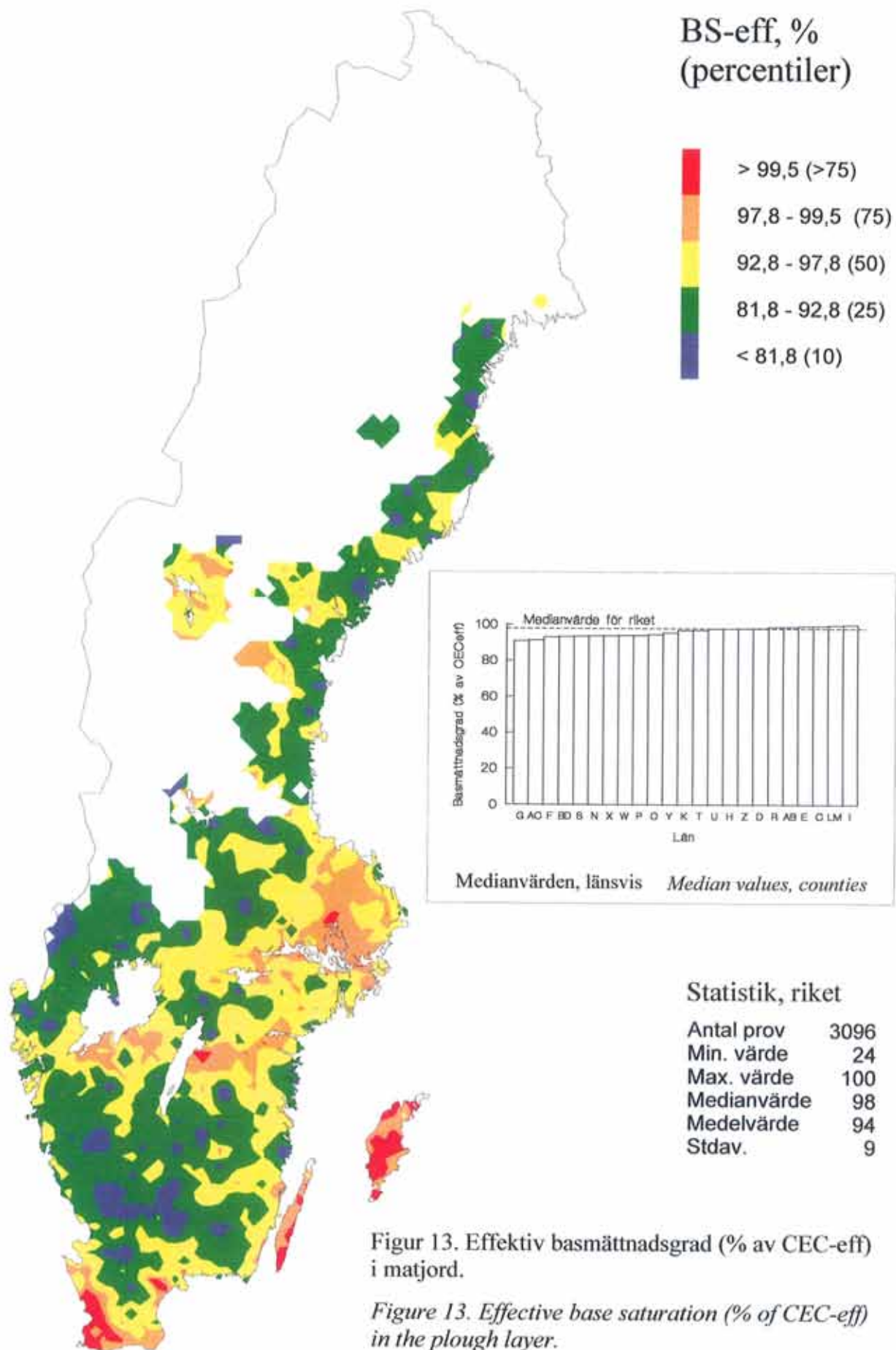
Figur 12a. Kaliummättnadsgrad (% av CEC-eff) i matjord.

Figure 12a. Degree of potassium saturation (% of CEC-eff) in the plough layer.



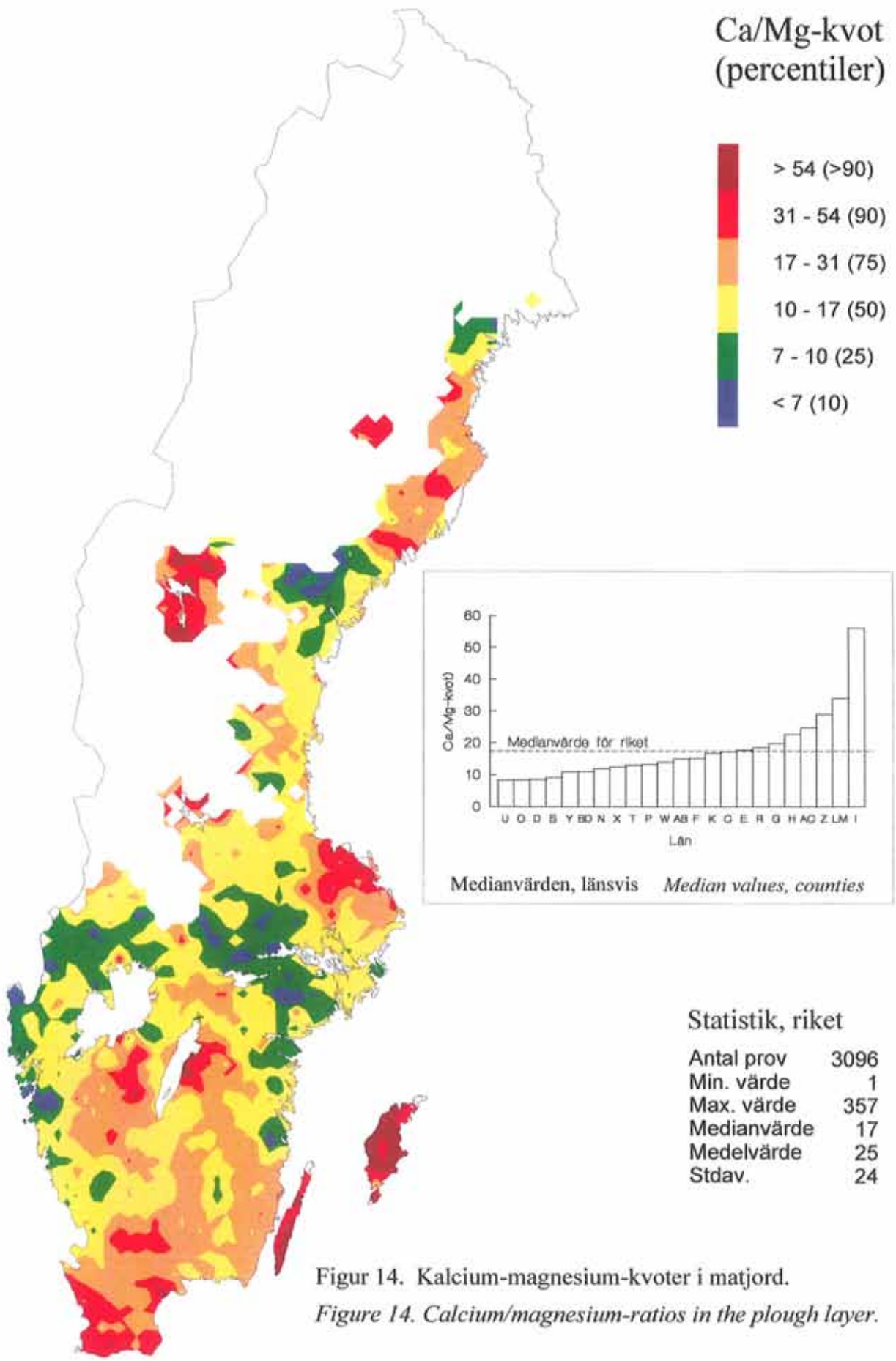
Figur 12b. Halter av utbytbart kalium i matjord.

Figure 12b. Exchangeable potassium levels in the plough layer.



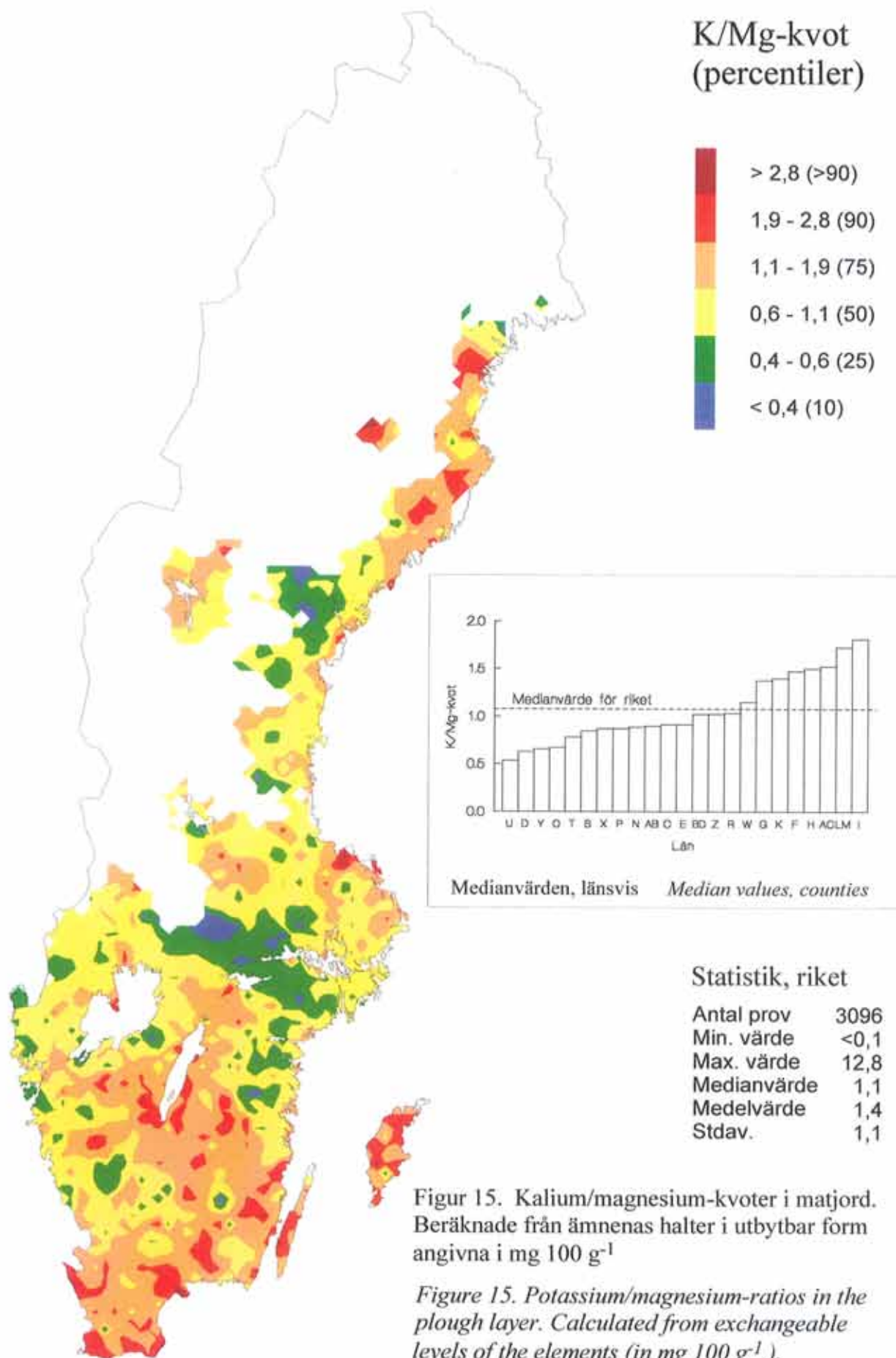
Figur 13. Effektiv basmättnadsgrad (% av CEC-eff) i matjord.

Figure 13. Effective base saturation (% of CEC-eff) in the plough layer.



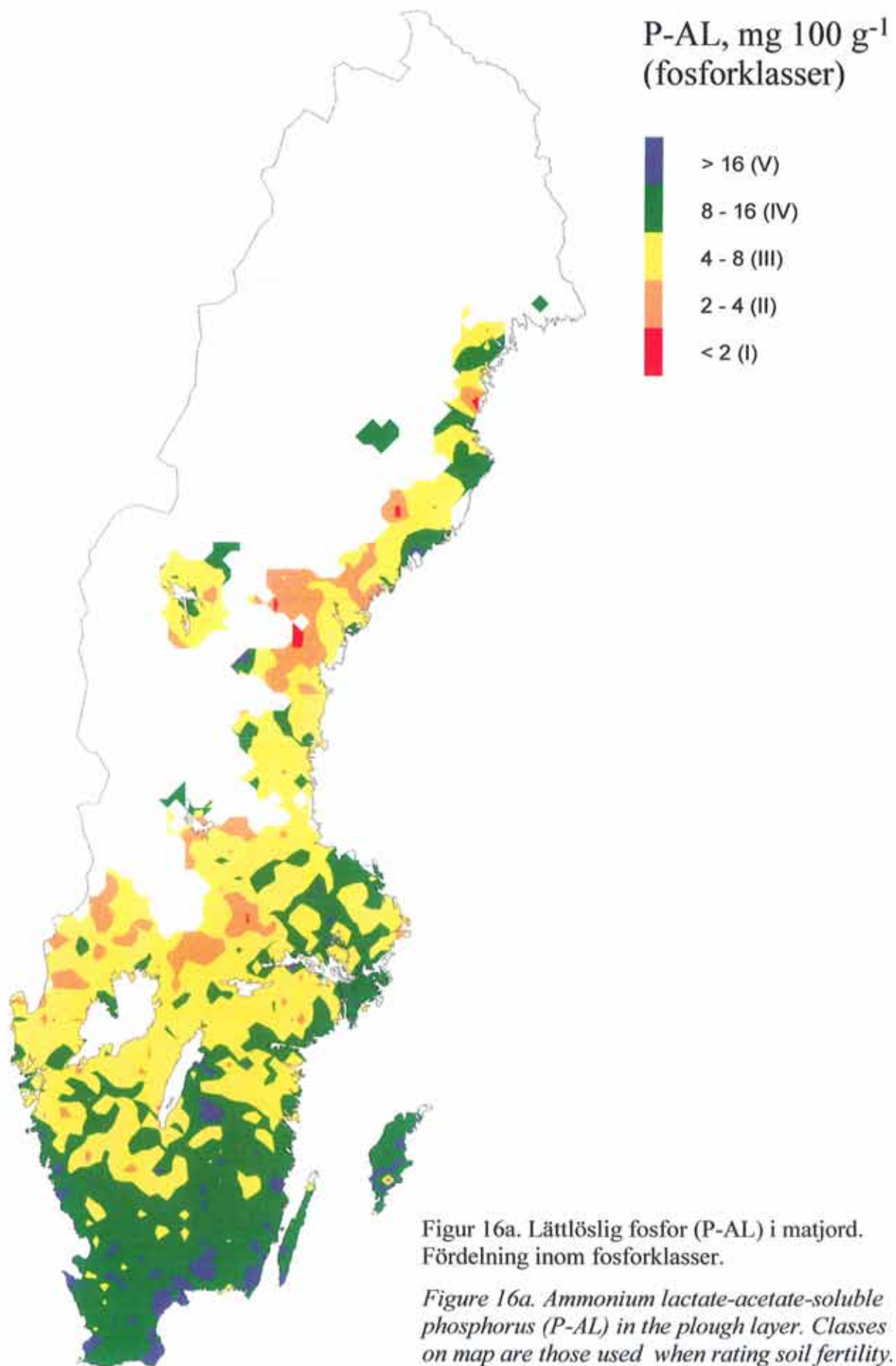
Figur 14. Kalcium-magnesium-kvoter i matjord.

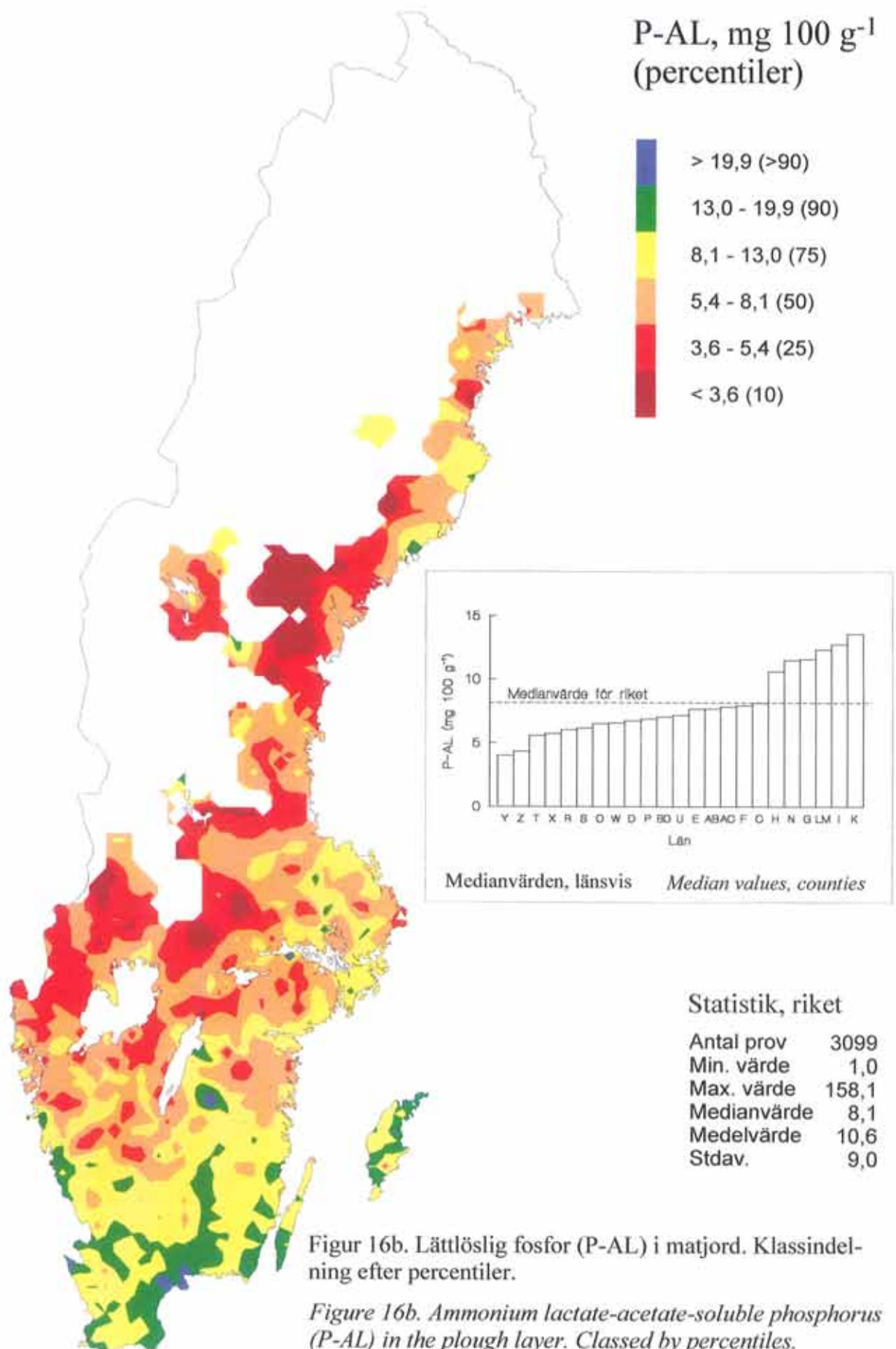
Figure 14. Calcium/magnesium-ratios in the plough layer.



Figur 15. Kalium/magnesium-kvoter i matjord. Beräknade från ämnens halter i utbytbar form angivna i $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$

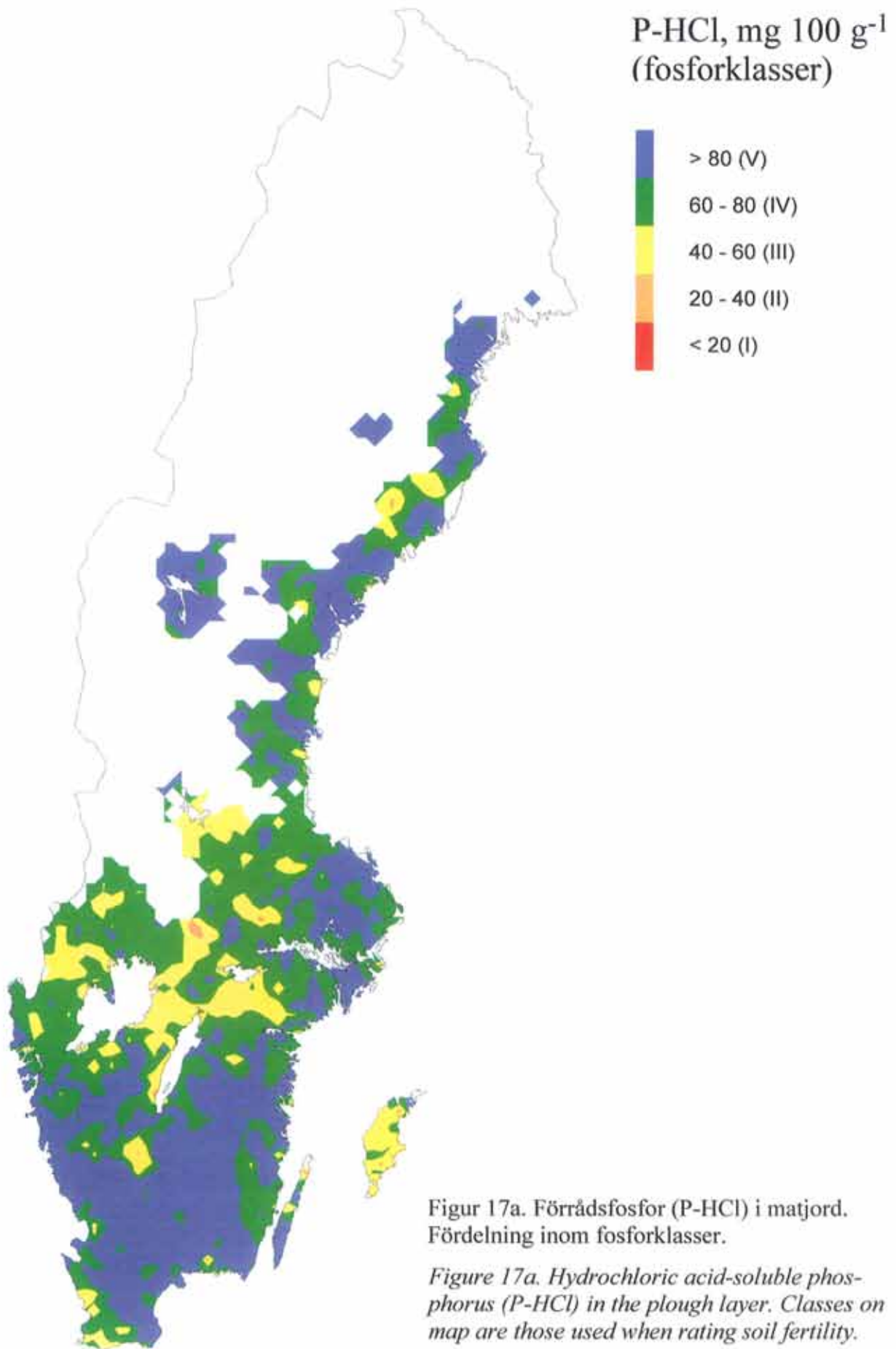
Figure 15. Potassium/magnesium-ratios in the plough layer. Calculated from exchangeable levels of the elements (in $\text{mg } 100 \text{ g}^{-1}$).

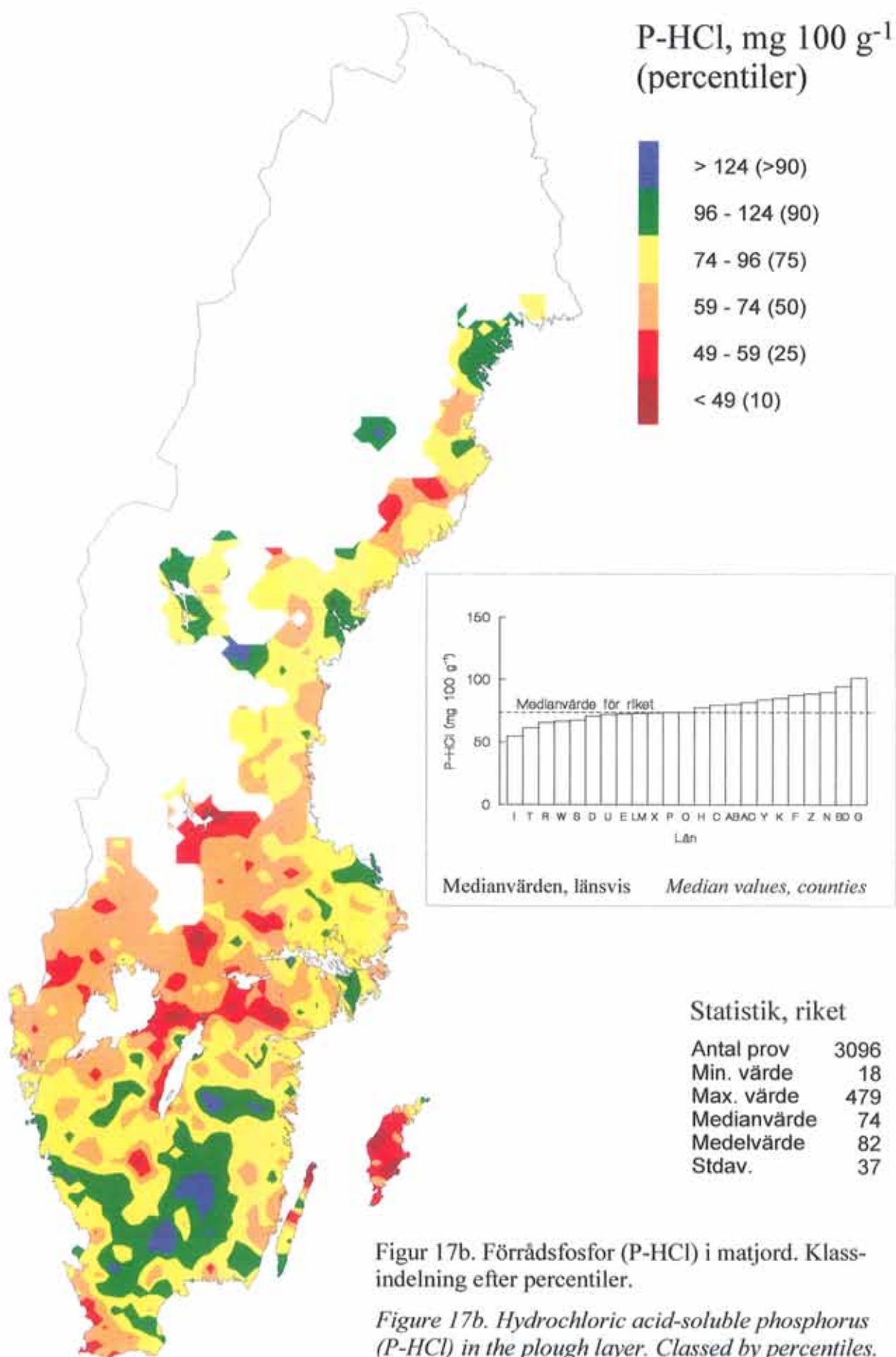


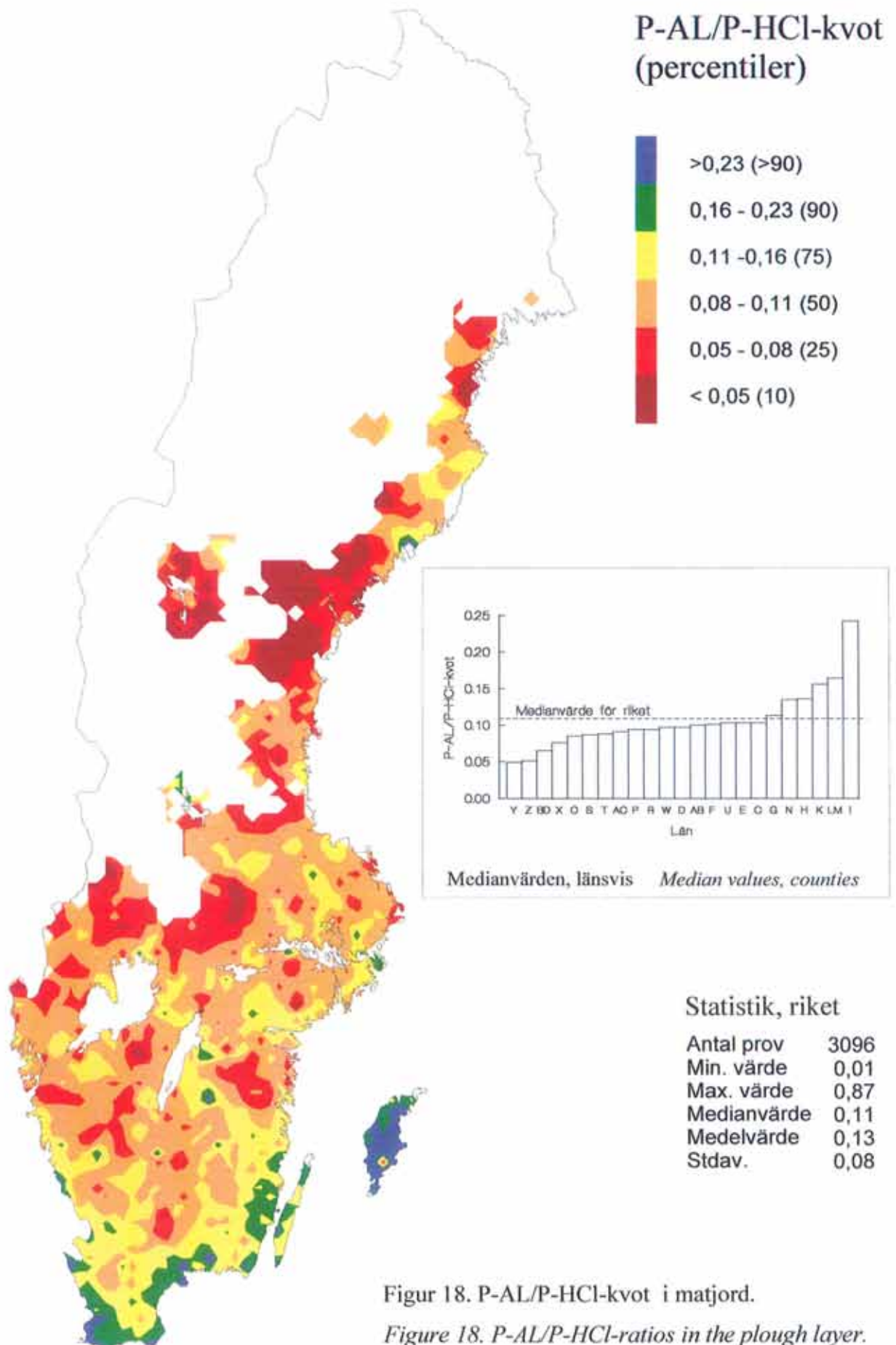


Figur 16b. Lättlöslig fosfor (P-AL) i matjord. Klassindelning efter percentiler.

Figure 16b. Ammonium lactate-acetate-soluble phosphorus (P-AL) in the plough layer. Classed by percentiles.

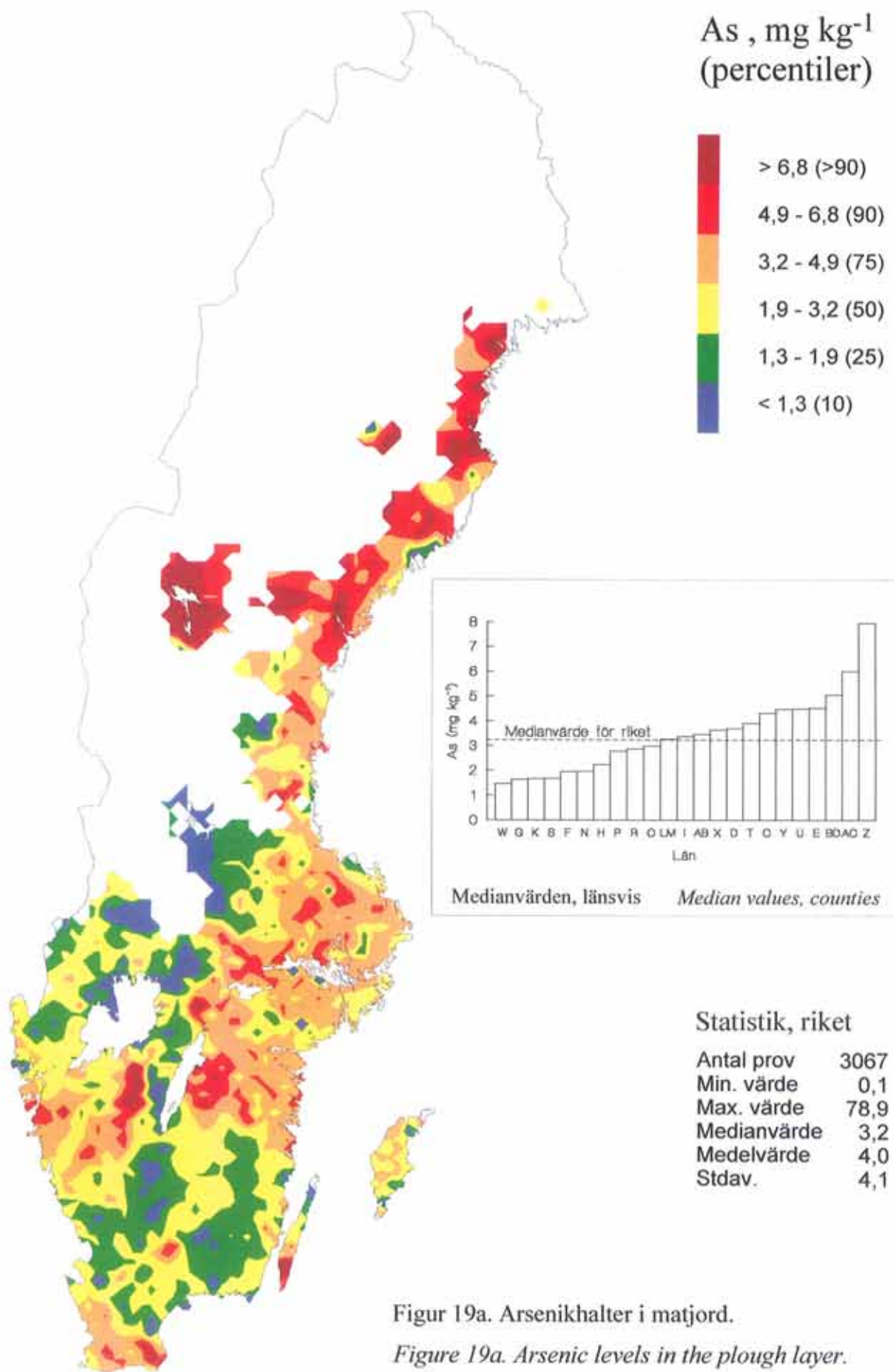






Figur 18. P-AL/P-HCl-kvot i matjord.

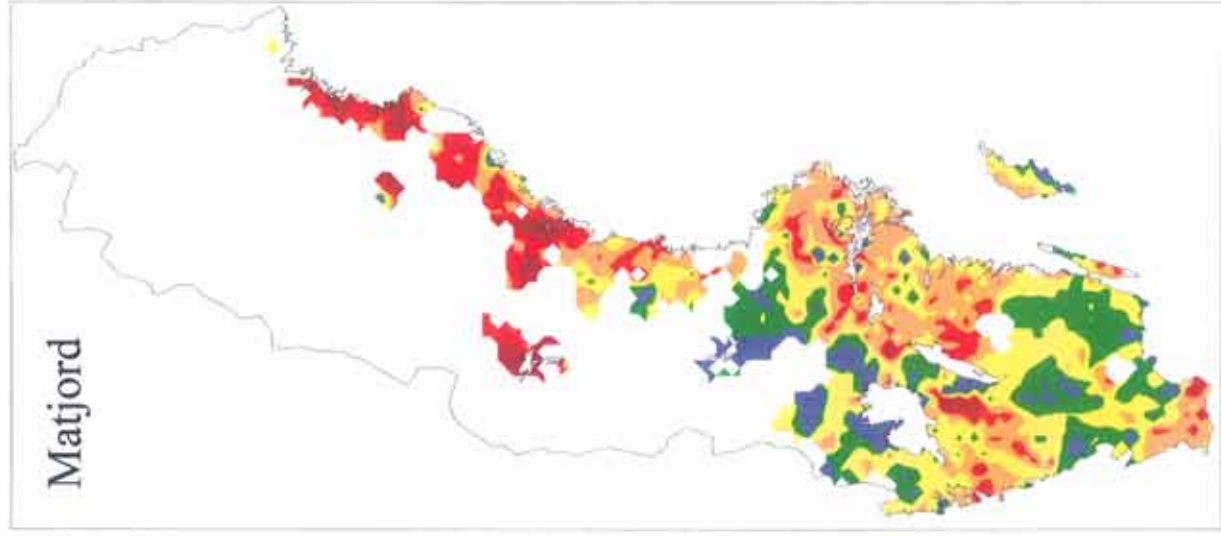
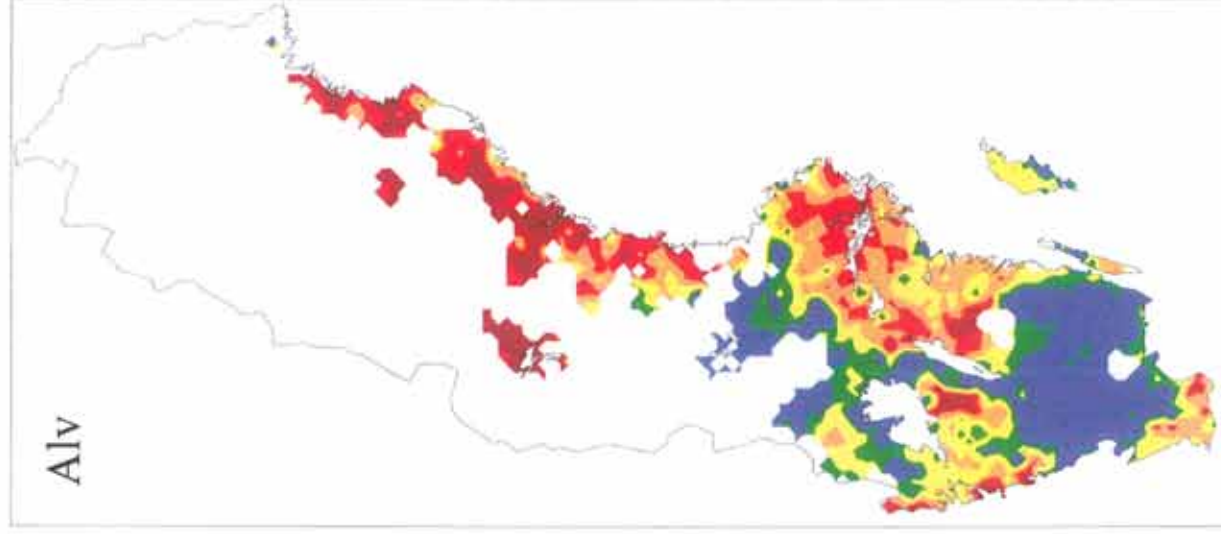
Figure 18. P-AL/P-HCl-ratios in the plough layer.



Figur 19a. Arsenikhalter i matjord.

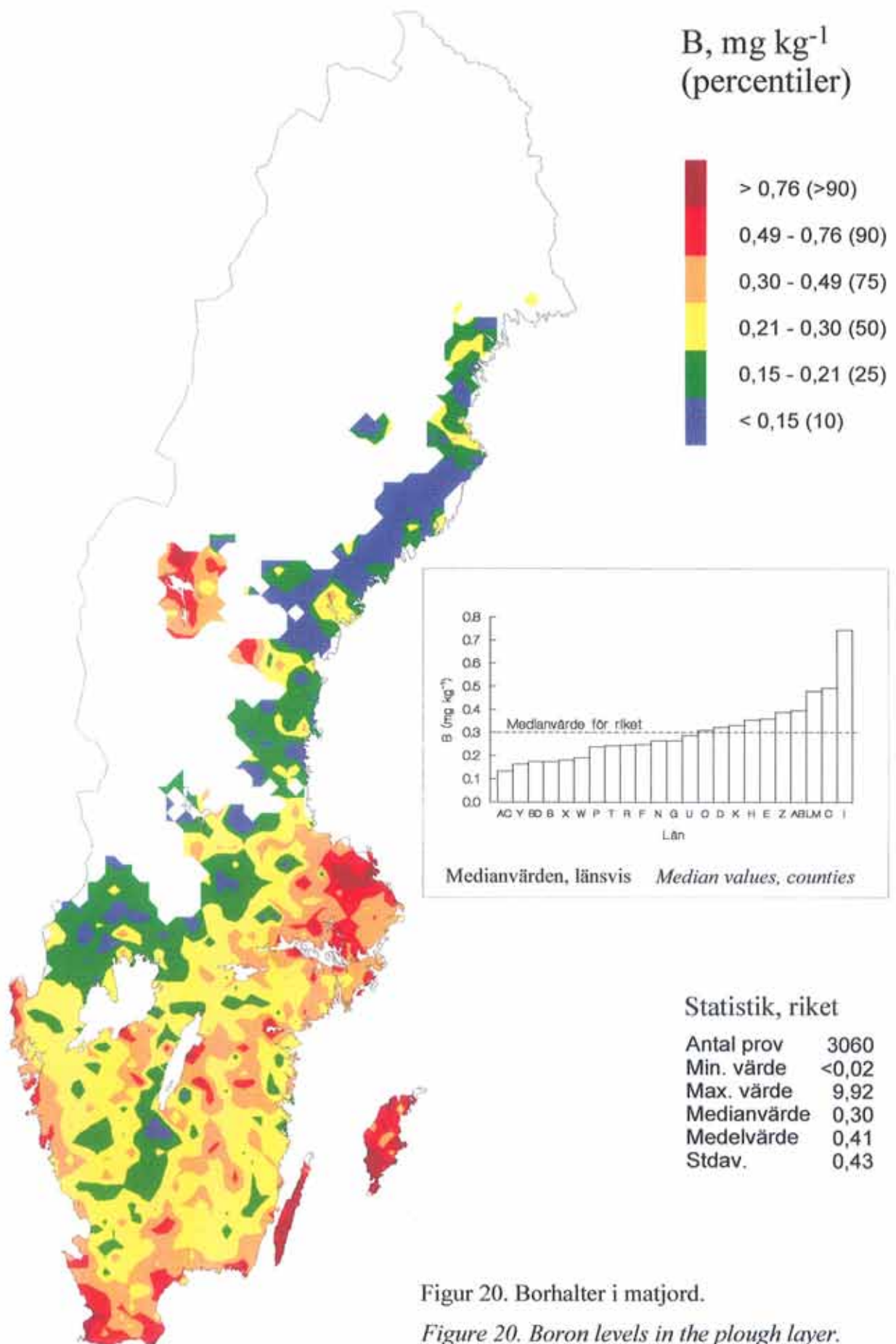
Figure 19a. Arsenic levels in the plough layer.

As, mg kg⁻¹



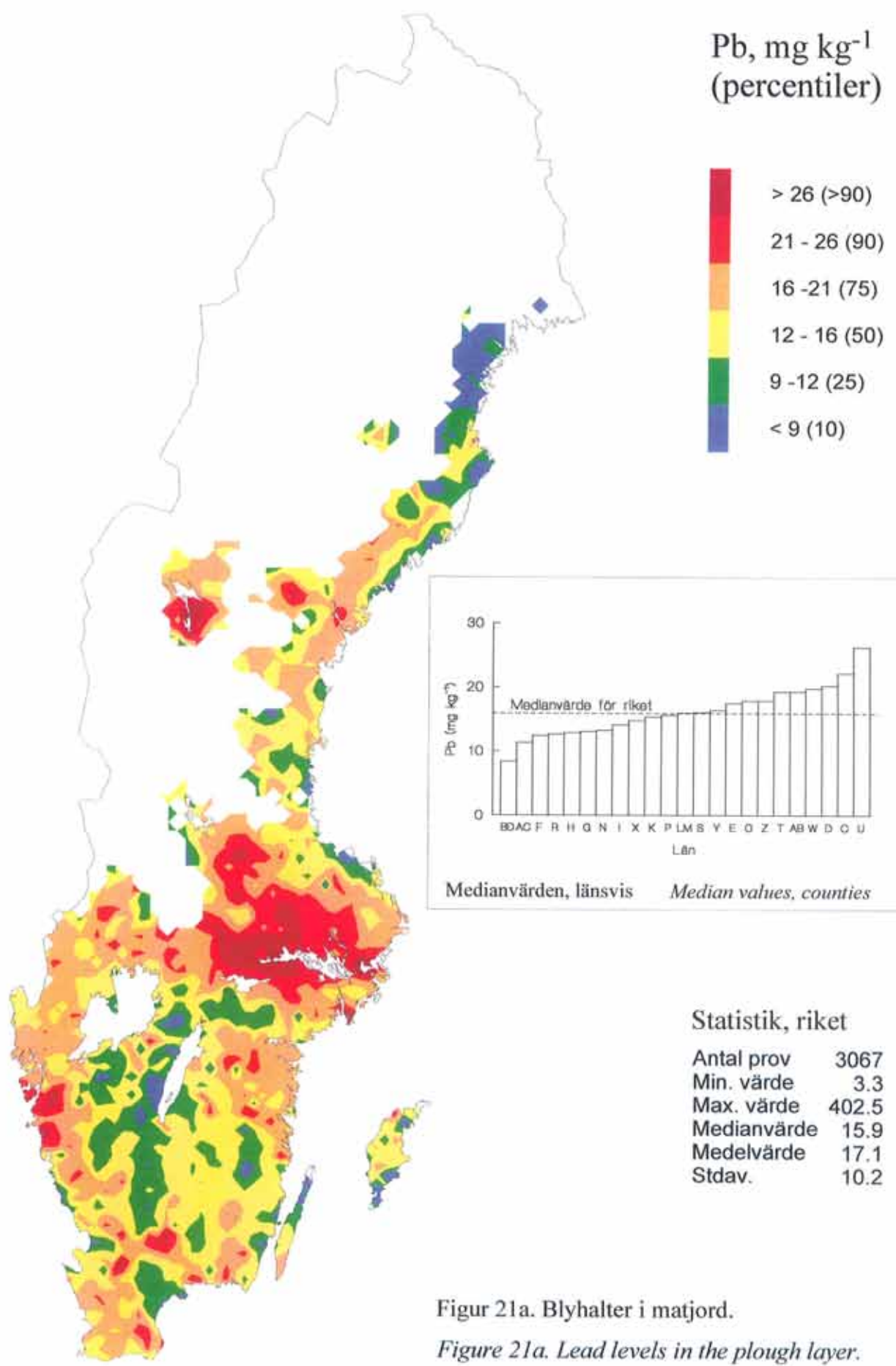
Figur 19b. Arsenikhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över arsenik i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

Figure 19b. Arsenic levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer arsenic map.



Figur 20. Borhalter i matjord.

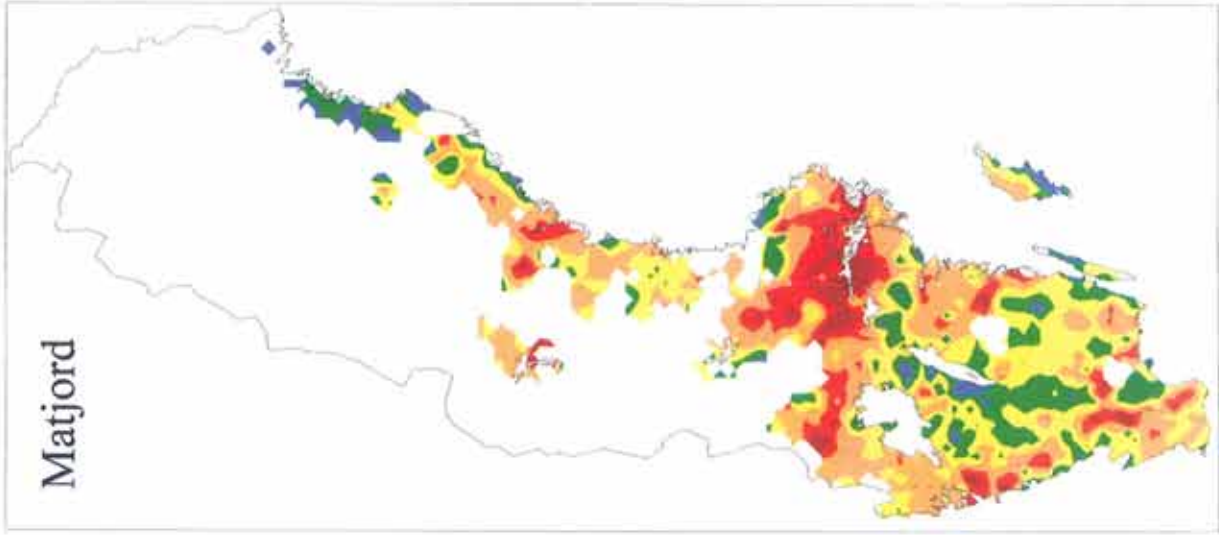
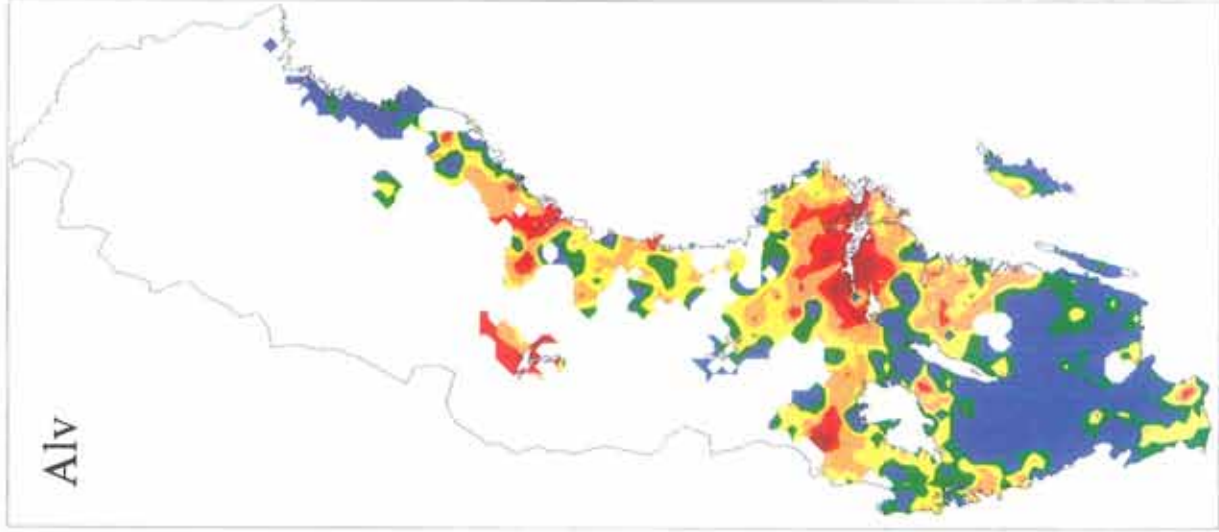
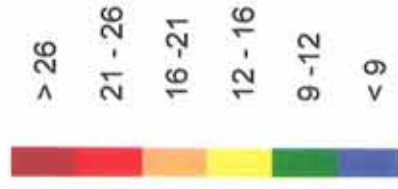
Figure 20. Boron levels in the plough layer.



Figur 21a. Blyhalter i matjord.

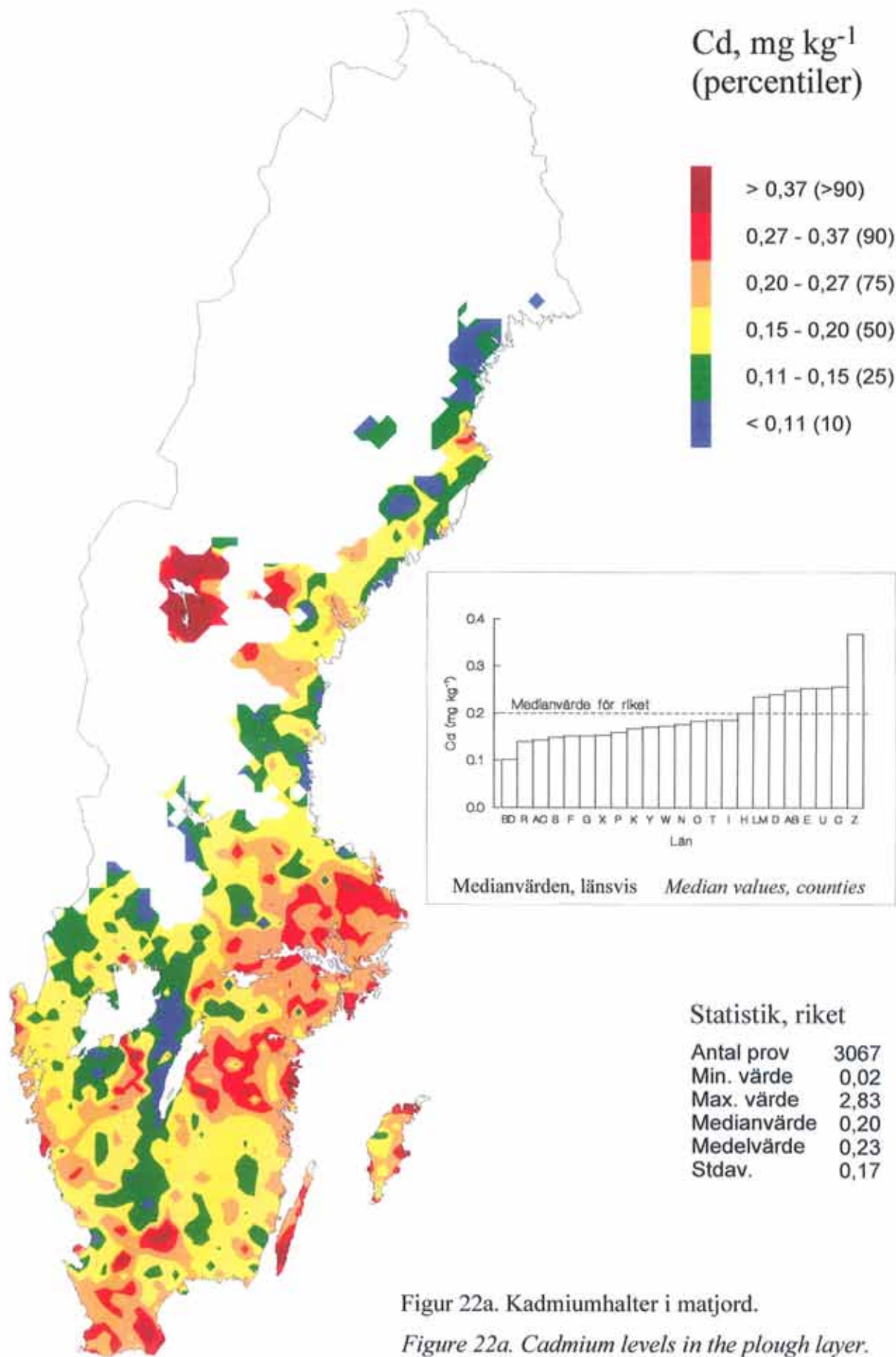
Figure 21a. Lead levels in the plough layer.

Pb, mg kg⁻¹



Figur 21b. Blyhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över bly i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

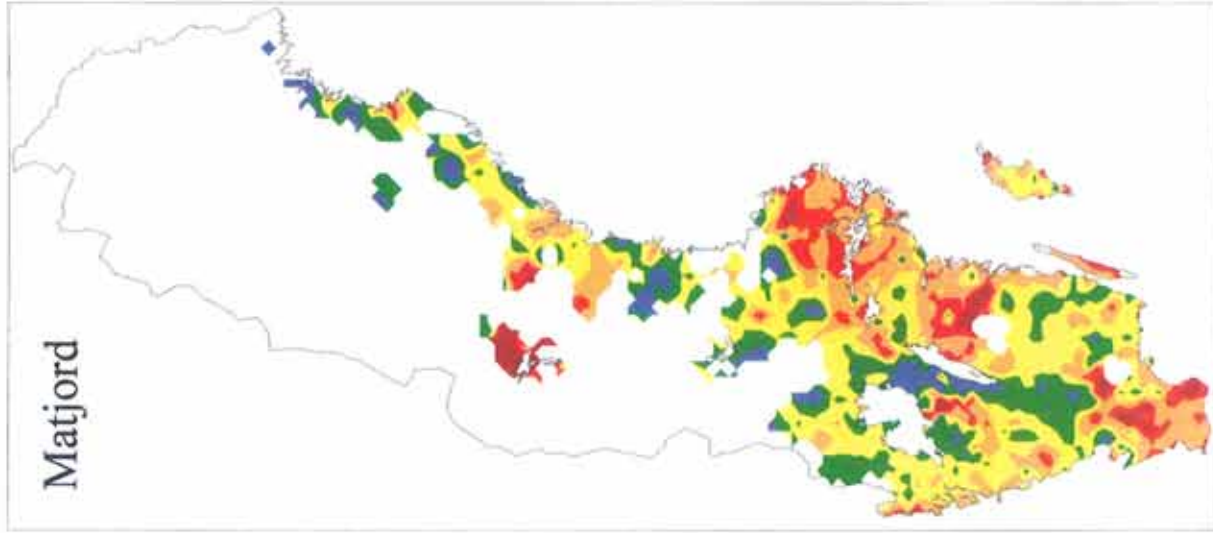
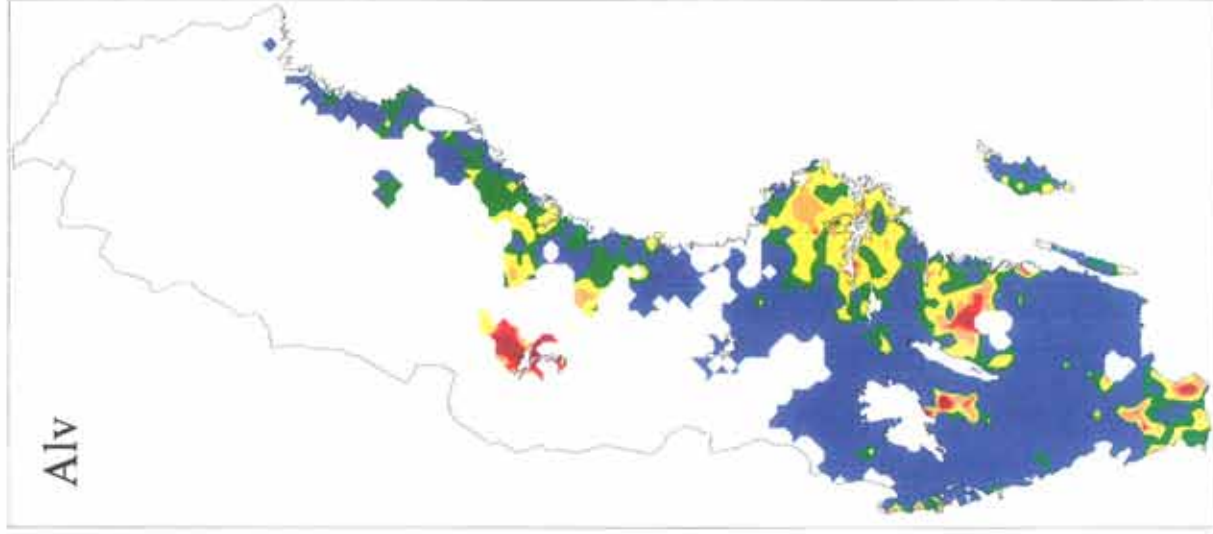
Figure 21b. Lead levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer lead map.



Figur 22a. Kadmiumhalter i matjord.

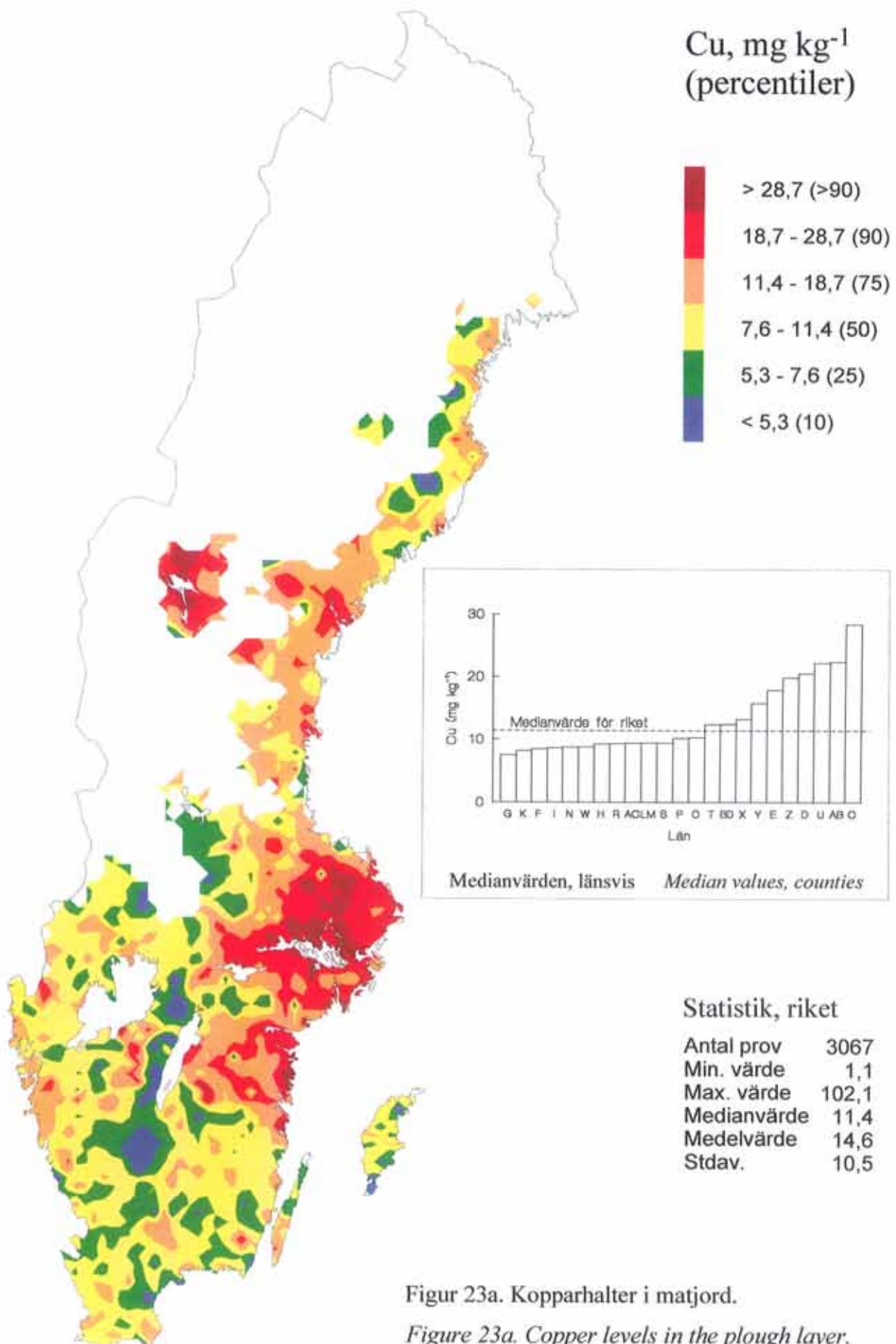
Figure 22a. Cadmium levels in the plough layer.

Cd, mg kg⁻¹



Figur 22b. Kadmiumhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över kadmium i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

Figure 22b. Cadmium levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer cadmium map.



Cu (mg kg⁻¹)

Medianvärde för riket

Län

G K F I N W H R A G L M S P O T B D X Y E Z D U A B O

Medianvärden, länsvis
Median values, counties

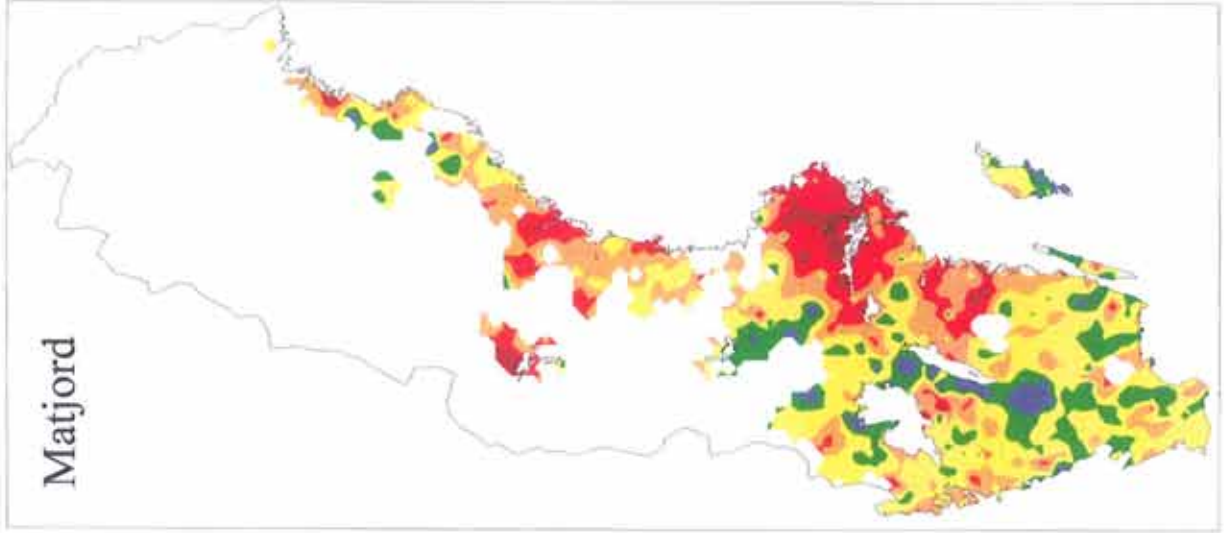
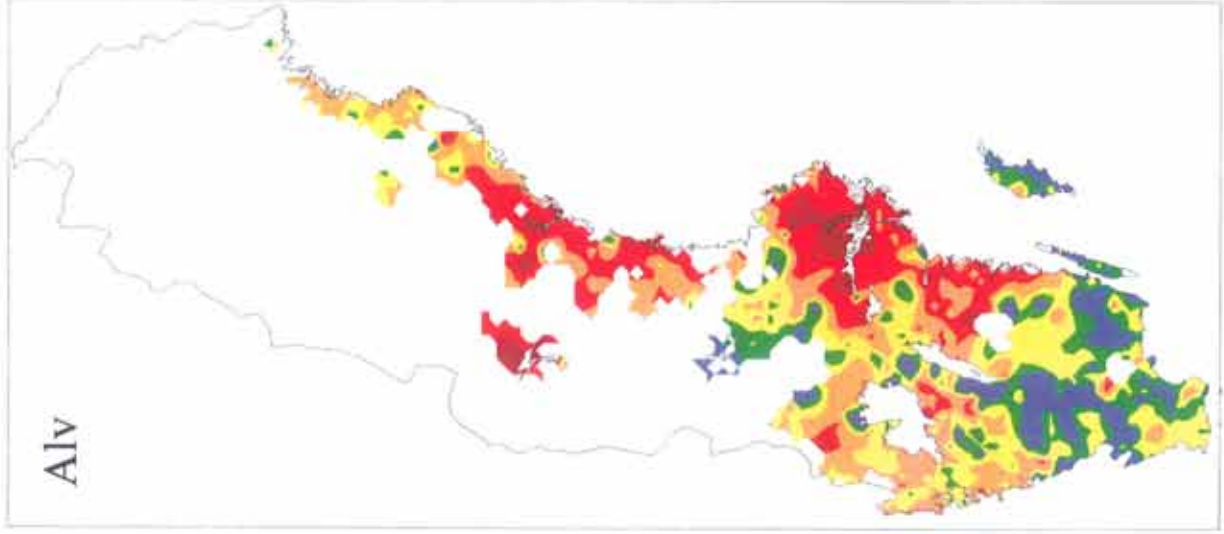
Statistik, riket

Antal prov	3067
Min. värde	1,1
Max. värde	102,1
Medianvärde	11,4
Medelvärde	14,6
Stdav.	10,5

Figur 23a. Kopparhalter i matjord.

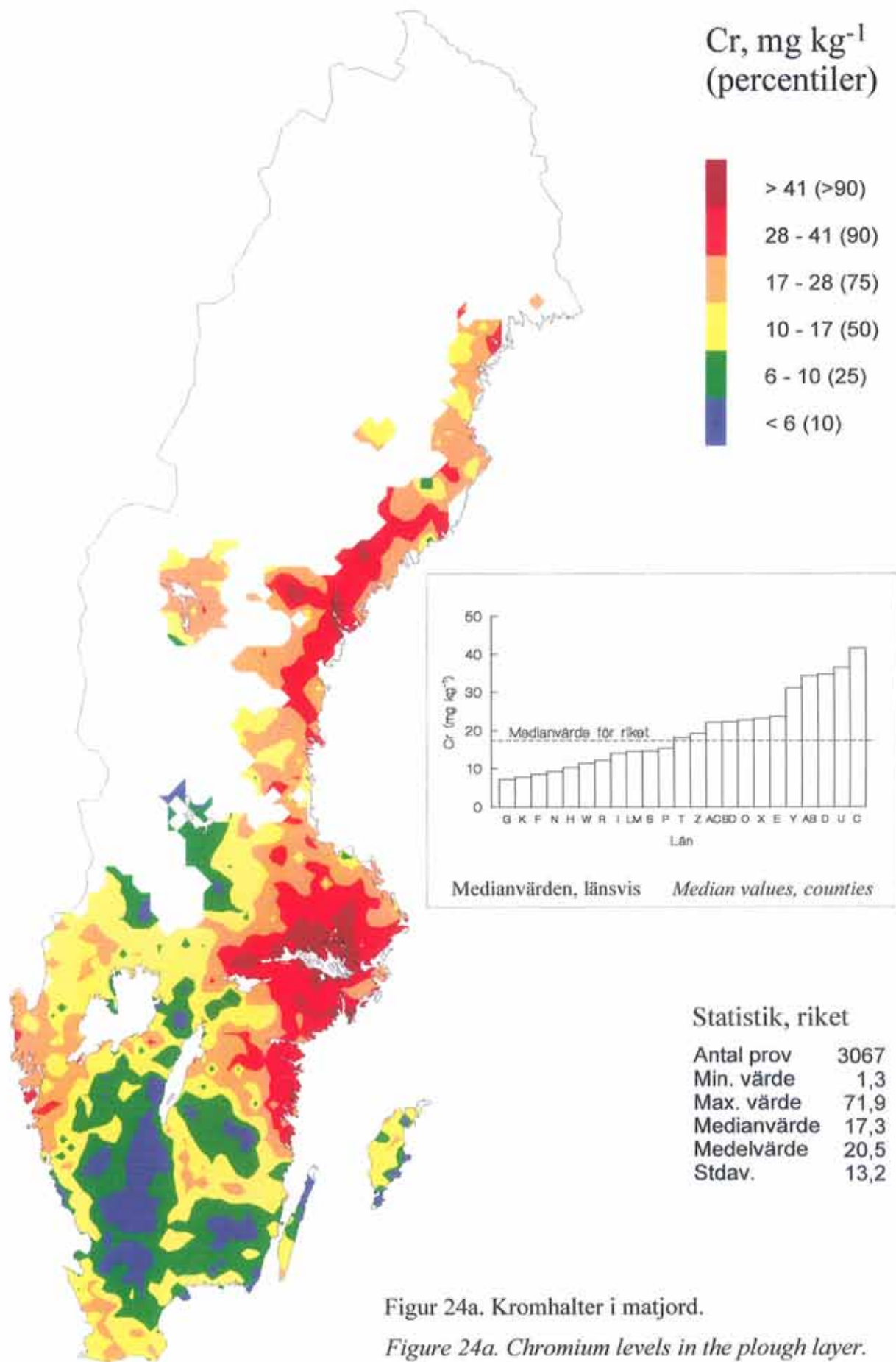
Figure 23a. Copper levels in the plough layer.

Cu, mg kg⁻¹



Figur 23b. Kopparhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över koppar i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

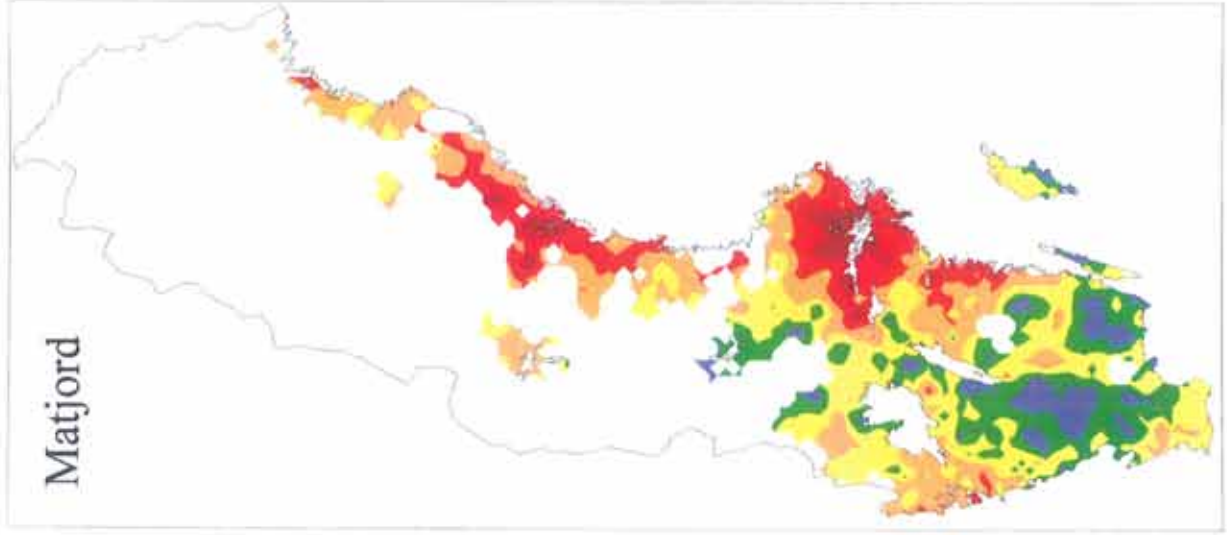
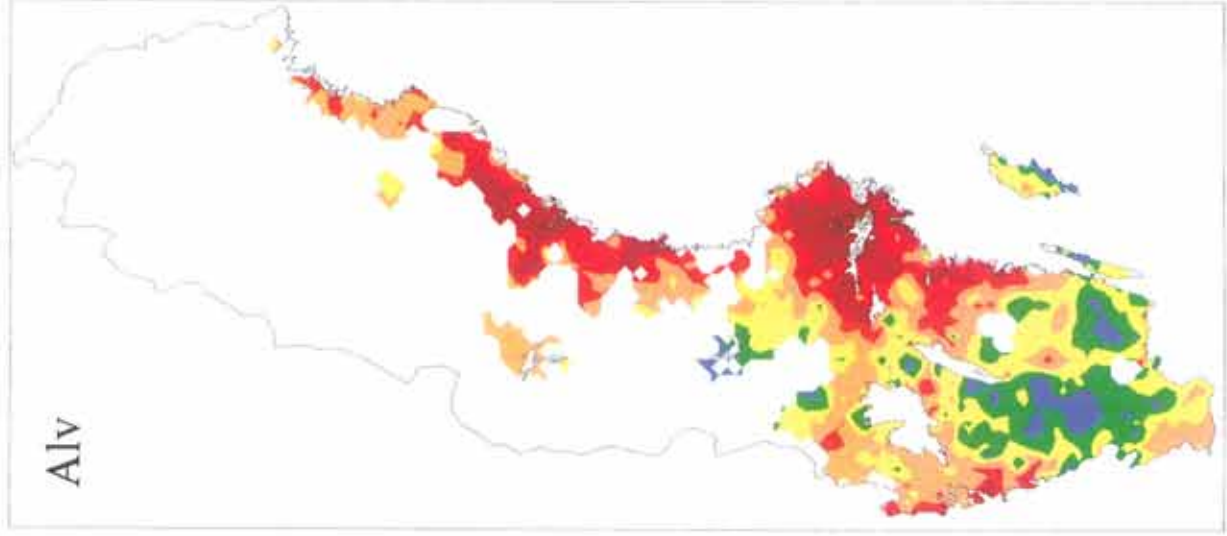
Figure 23b. Copper levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer copper map.



Figur 24a. Kromhalter i matjord.

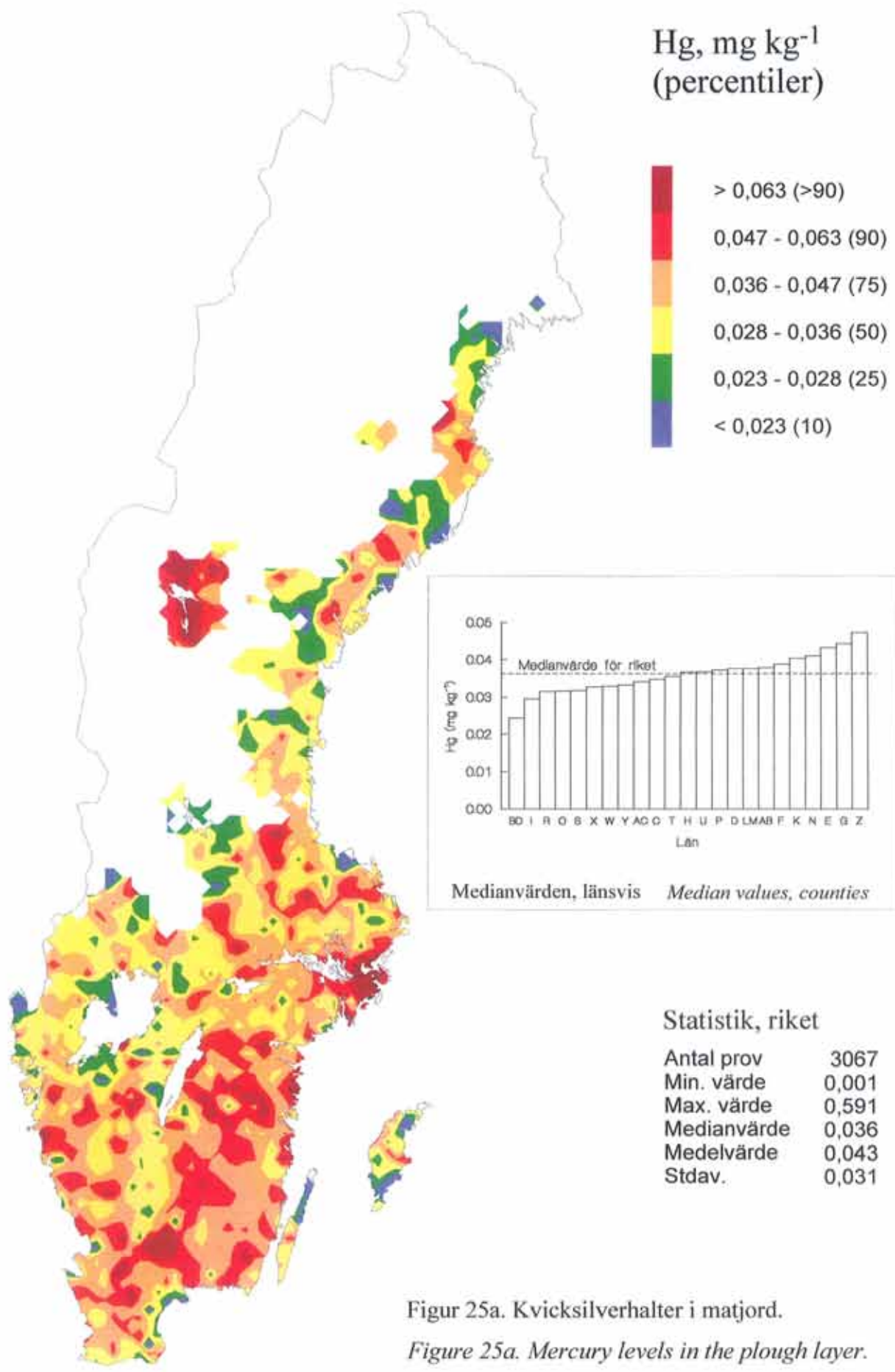
Figure 24a. Chromium levels in the plough layer.

Cr, mg kg⁻¹



Figur 24b. Kromhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över krom i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

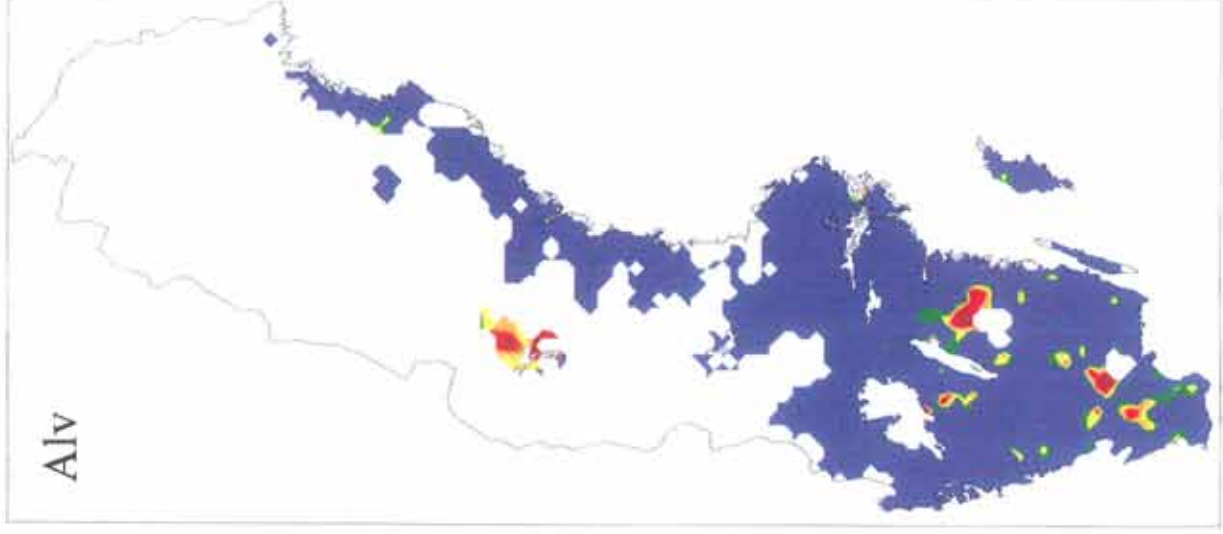
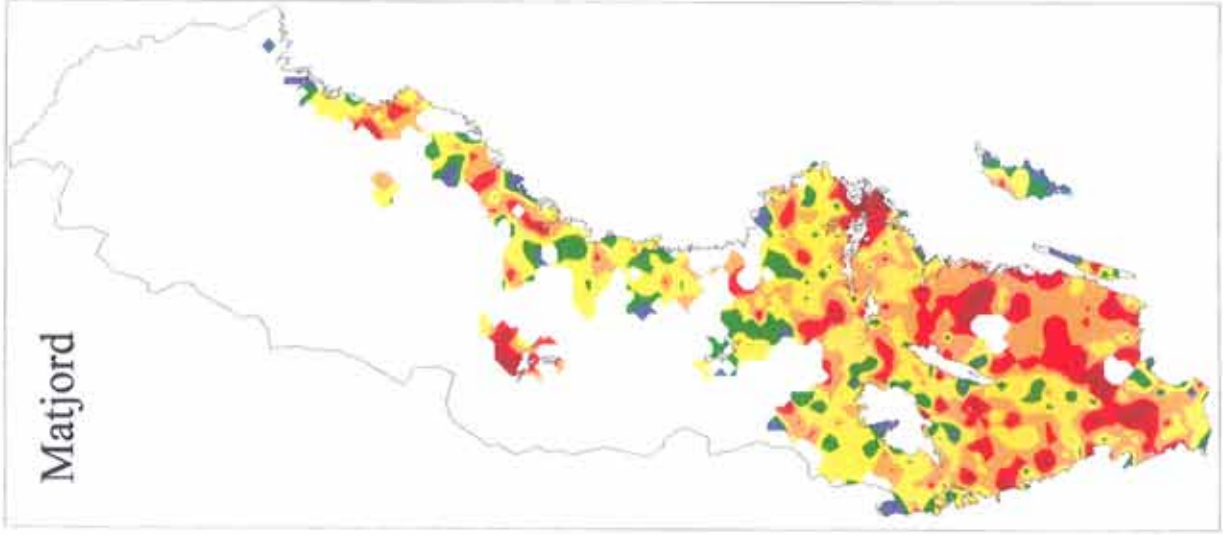
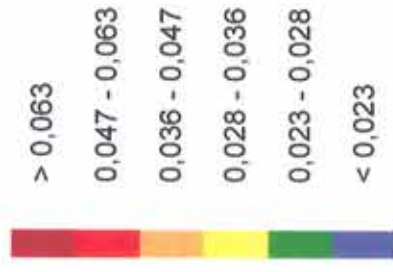
Figure 24b. Chromium levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer chromium map.



Figur 25a. Kvicksilverhalter i matjord.

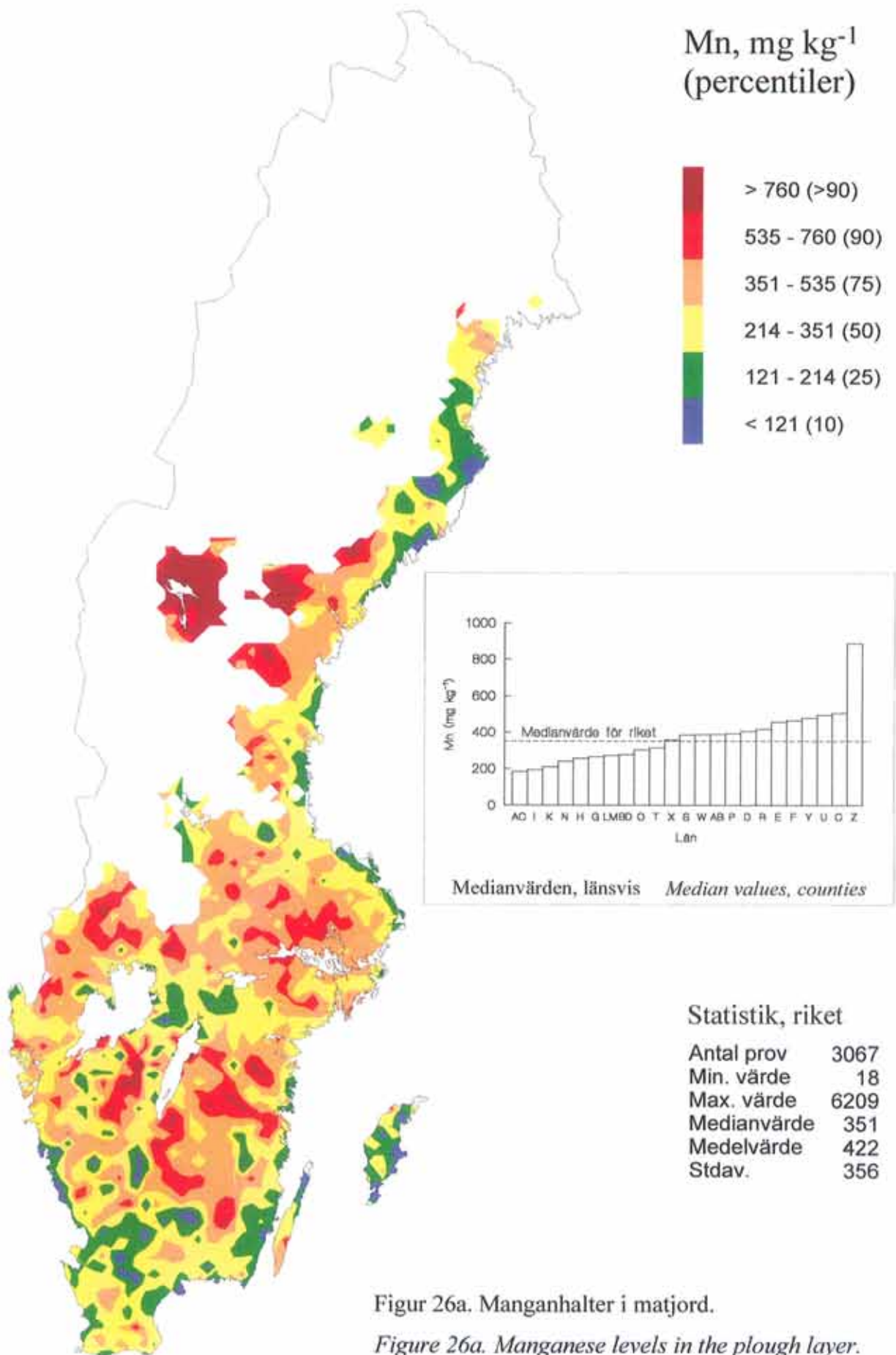
Figure 25a. Mercury levels in the plough layer.

Hg, mg kg⁻¹



Figur 25b. Kvicksilverhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över kvicksilver i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

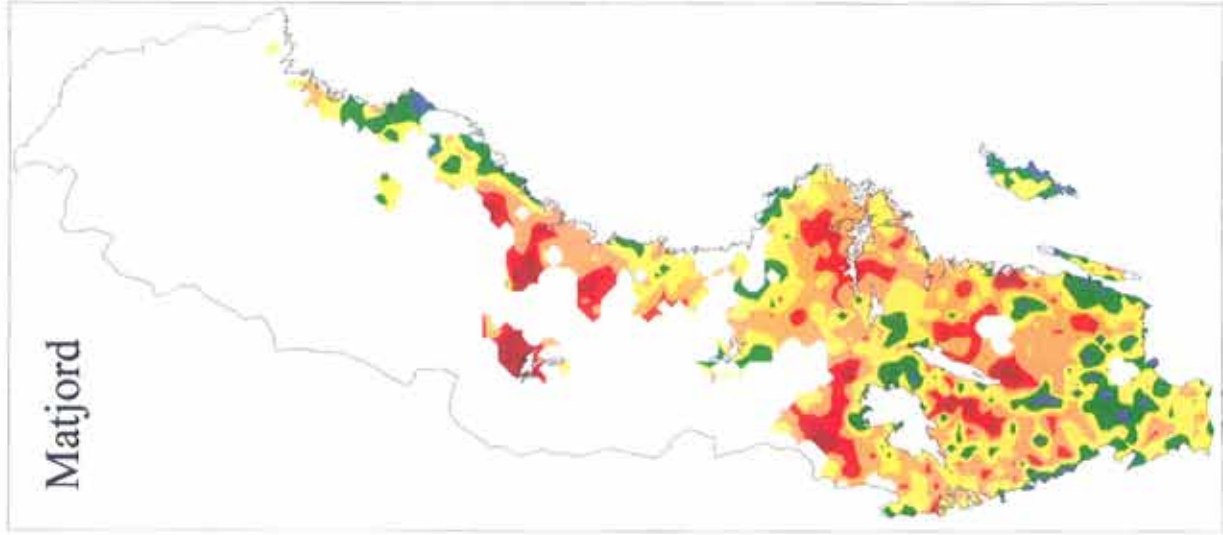
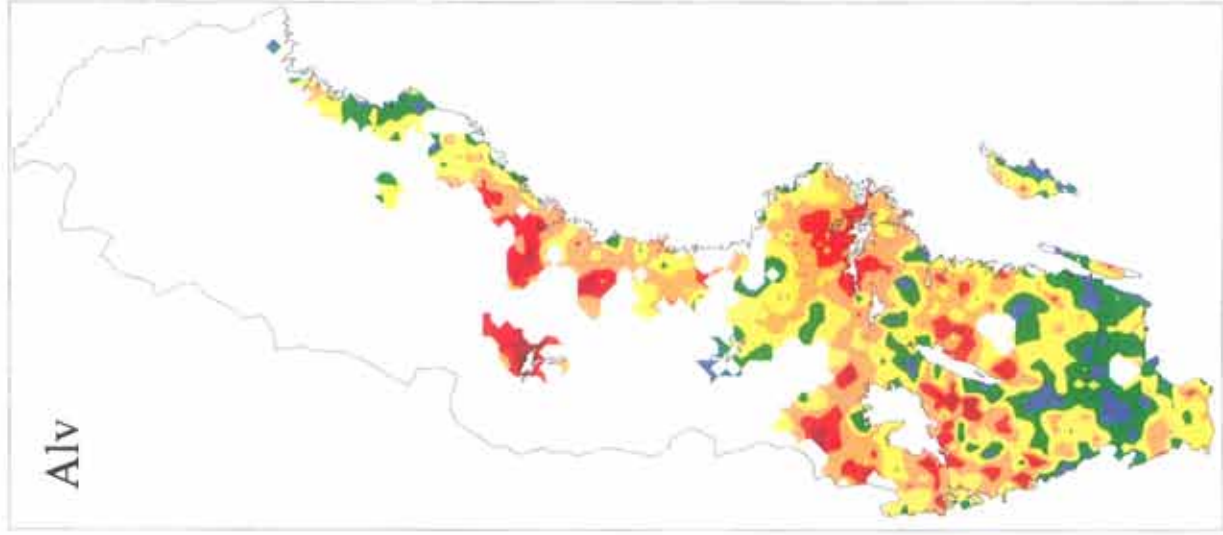
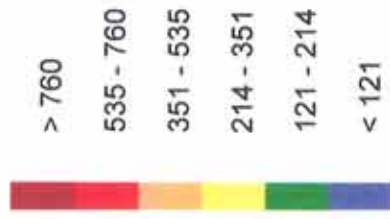
Figure 25b. Mercury levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer mercury map.



Figur 26a. Manganhalter i matjord.

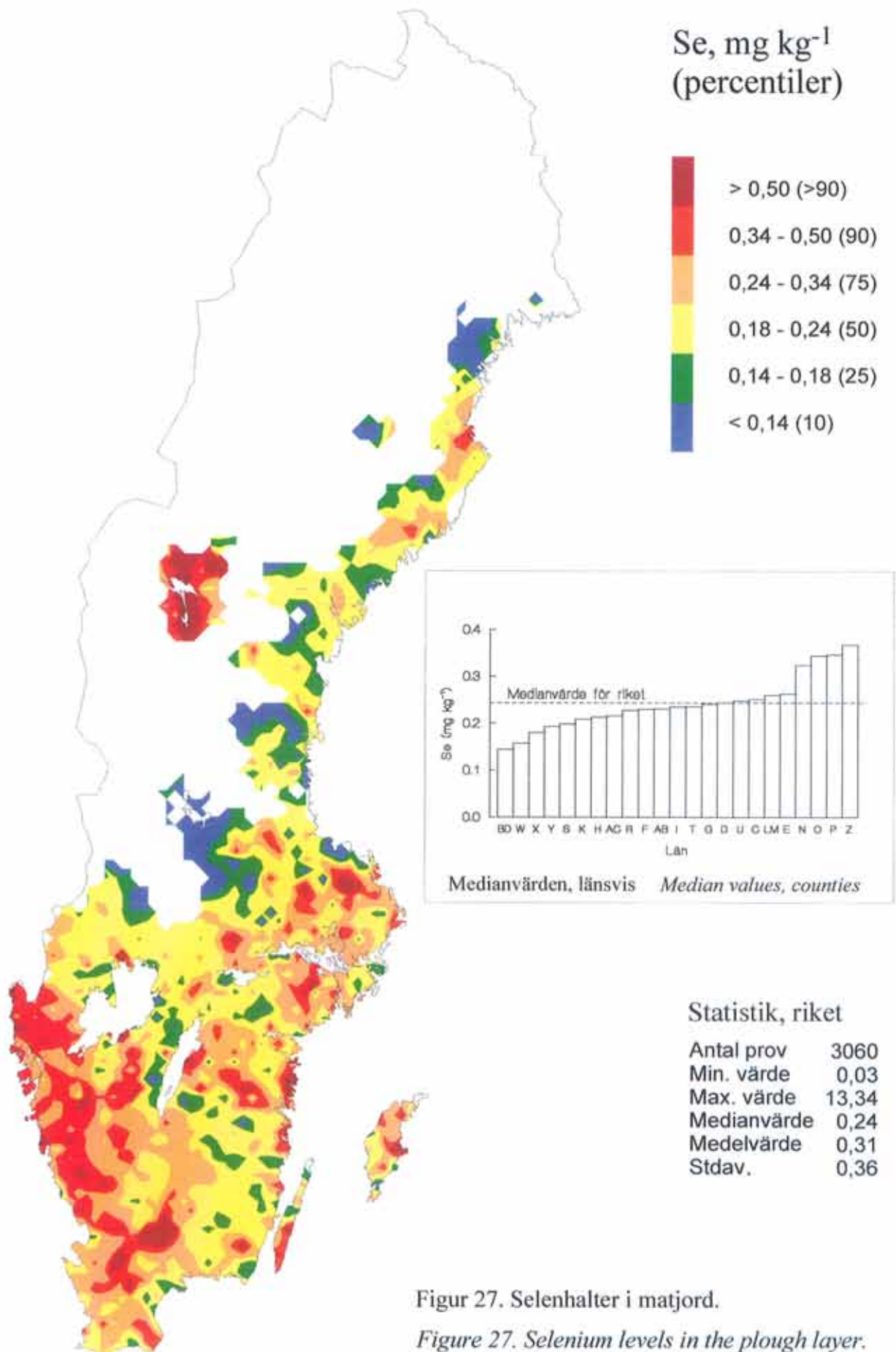
Figure 26a. Manganese levels in the plough layer.

Mn, mg kg⁻¹



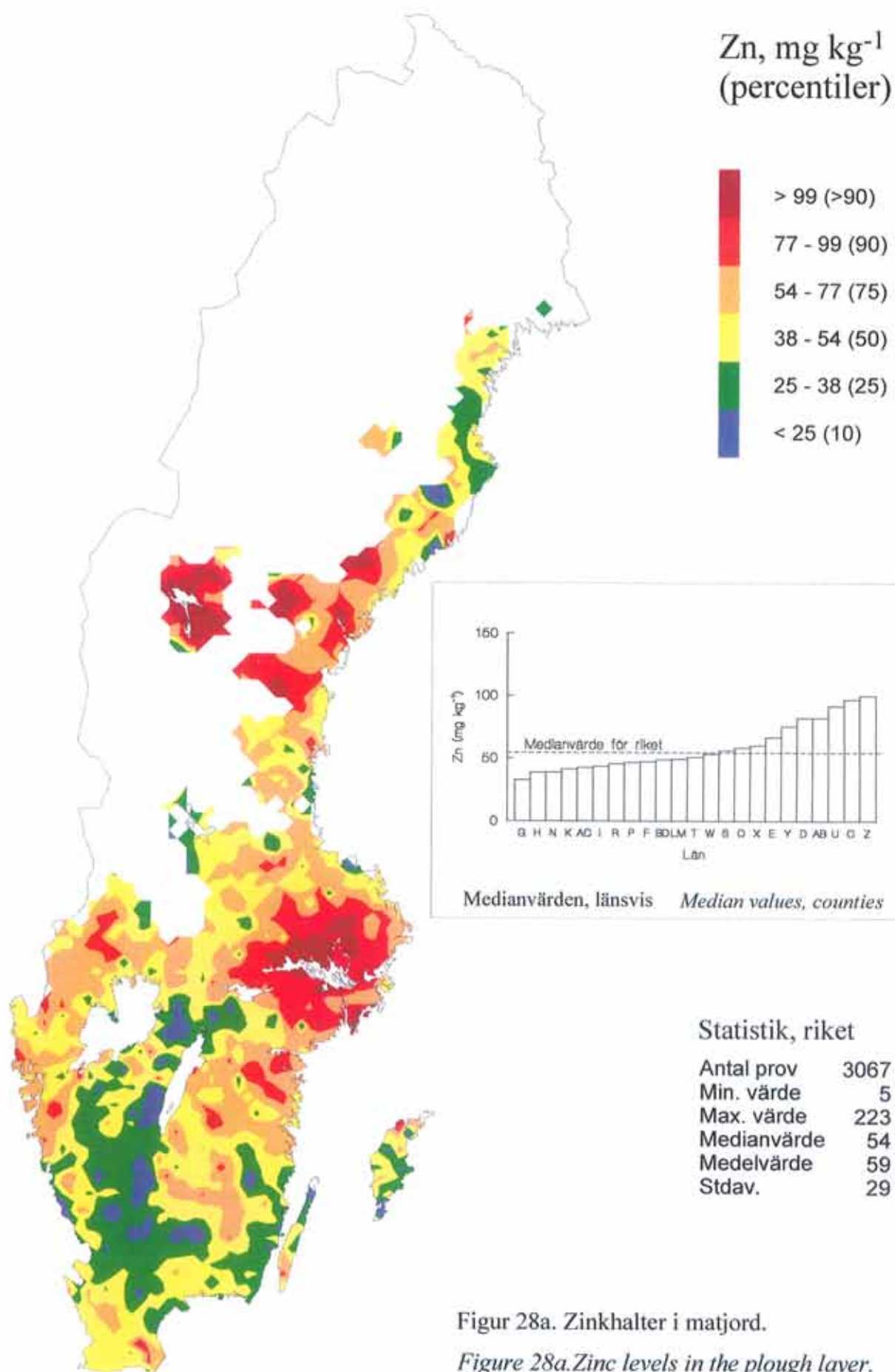
Figur 26b. Manganhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över mangan i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

Figure 26b. Manganese levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer manganese map.



Figur 27. Selenhalter i matjord.

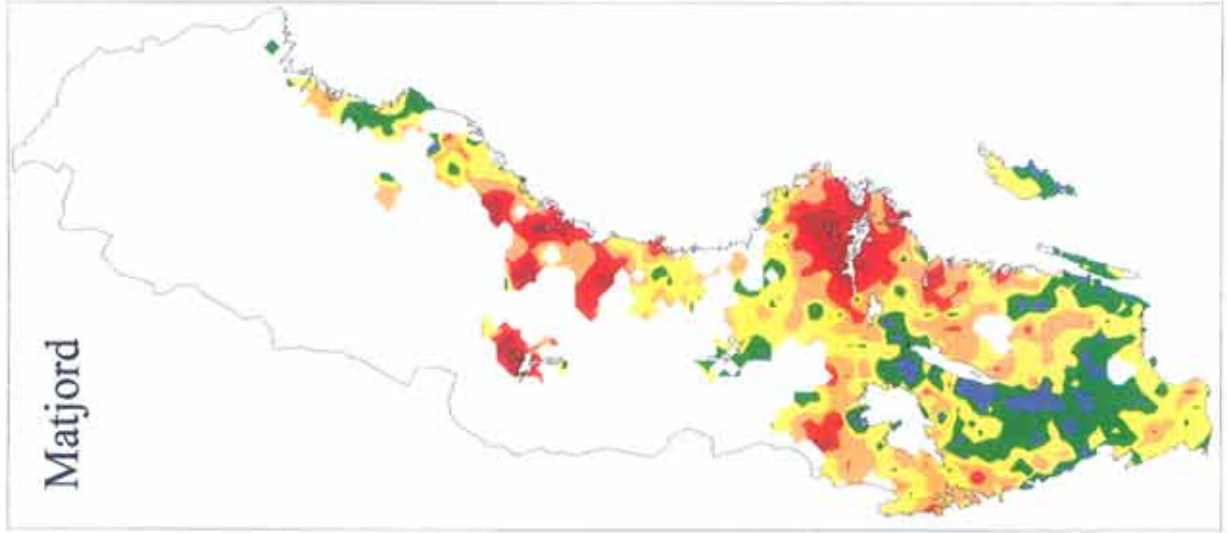
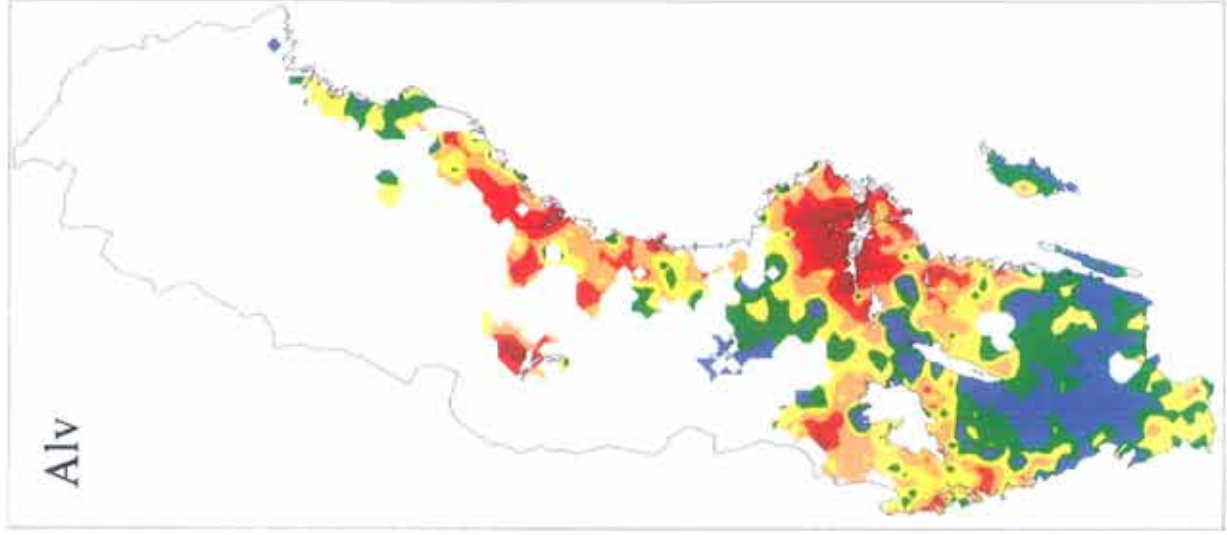
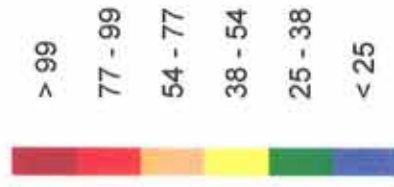
Figure 27. Selenium levels in the plough layer.



Figur 28a. Zinkhalter i matjord.

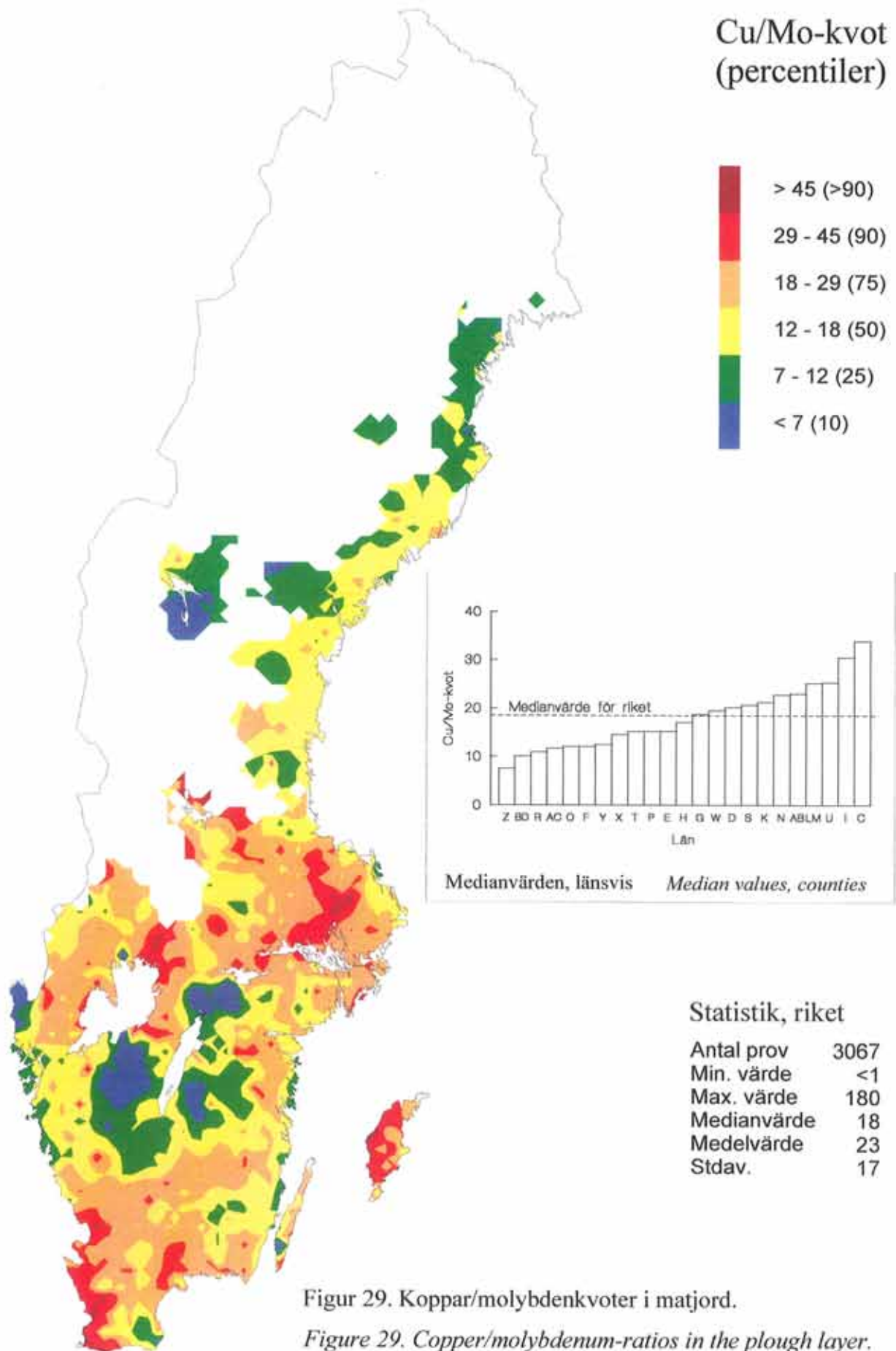
Figure 28a. Zinc levels in the plough layer.

Zn, mg kg⁻¹



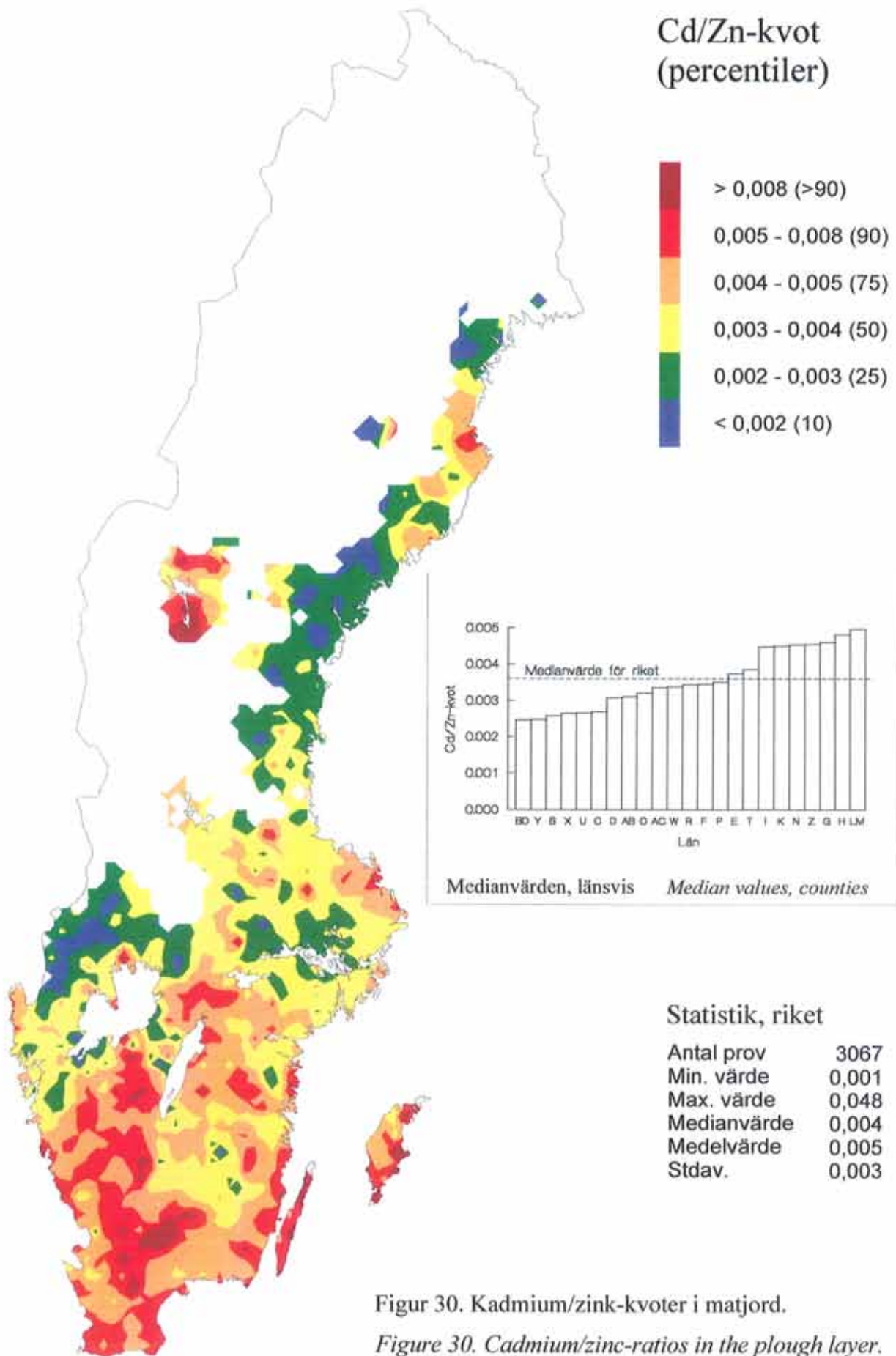
Figur 28b. Zinkhalter i matjord och alv (n=1717). Kartan över zink i matjord innefattar endast provpunkter där också alvprov togs.

Figure 28b. Zinc levels in the plough layer and the subsoil (n=1717). Only sites where subsoil samples were also taken are included in the plough layer zinc map.



Figur 29. Koppar/molybdenkvoter i matjord.

Figure 29. Copper/molybdenum-ratios in the plough layer.



Figur 30. Kadmium/zink-kvoter i matjord.
 Figure 30. Cadmium/zinc-ratios in the plough layer.

Matjordens egenskaper hos Sveriges åkermark. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of Swedish arable land. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt %	Kväve %	C/N- kvot	Svavel %	C/S- kvot	N/S- kvot	Karbo- natkol % CaCO ₃	pH
<i>Antal</i>	3106	3099	3099	3095	3095	3095	3099	3105
Min värde	0,8	0,03	4,3	0,005	3	0,4	0	4,2
Max värde	95,6	4,10	35,5	1,059	1716	99,5	39,8	8,7
Medelvärde	6,3	0,30	11,2	0,047	82	7,3	0,4	6,3
Std avv	9,7	0,34	2,6	0,072	64	4,3	2,2	0,6
Percentiler:								
5 %	2,2	0,12	8,1	0,018	48	4,4	0	5,4
10 %	2,5	0,14	8,7	0,020	55	5,2	0	5,6
25 %	3,1	0,17	9,6	0,024	63	6,1	0	5,9
50 %	4,1	0,22	10,7	0,031	74	7,0	0	6,3
75 %	5,4	0,28	12,2	0,041	88	7,9	0	6,7
90 %	8,5	0,41	14,1	0,065	106	9,0	0,8	7,3
95 %	16,7	0,67	15,7	0,119	124	9,9	2,0	7,6

	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}					CEC _{eff} cmol (+) kg ⁻¹	Effektiv basm. grad %	Ca/Mg- kvot
	Ca %	Mg %	K %	Na %	Aciditet %			
<i>Antal</i>	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096	3096
Min värde	19	0,5	0,1	< 0,1	0	1,6	24	1
Max värde	99	66,0	21,9	7,9	76,2	248,8	100	357
Medelvärde	81	9,1	2,9	0,7	6,0	15,7	94	25
Std avv	12	6,1	1,8	0,5	9,2	16,2	9	24
Percentiler:								
5 %	60	2,2	0,8	0,2	0	4,6	74	5
10 %	65	2,8	1,1	0,2	0	5,6	82	7
25 %	75	4,5	1,7	0,4	0,5	7,9	93	10
50 %	83	7,5	2,5	0,6	2,2	11,9	98	17
75 %	90	12,6	3,7	0,8	7,2	18,1	100	31
90 %	94	17,6	5,1	1,1	18,2	26,5	100	54
95 %	96	21,2	6,3	1,4	26,3	35,2	100	71

	K/Mg- kvot	P-AL mg 100 g ⁻¹	P-HCl	P-AL/ P-HCl- kvot	As mg kg ⁻¹	B	Pb	Cs
<i>Antal</i>	3096	3099	3096	3096	3067	3060	3067	3066
Min värde	< 0,1	1,0	18	0,01	< 0,1	< 0,04	3,3	< 0,1
Max värde	12,8	158,1	479	0,87	78,9	9,92	402,5	13,8
Medelvärde	1,4	10,6	82	0,13	4,0	0,41	17,1	2,5
Std avv	1,1	9,0	37	0,08	4,1	0,43	10,2	1,7
Percentiler:								
5 %	0,3	2,9	43	0,04	1,0	0,12	7,5	0,5
10 %	0,4	3,6	49	0,05	1,3	0,15	8,9	0,7
25 %	0,6	5,4	59	0,08	1,9	0,21	12,1	1,2
50 %	1,1	8,1	74	0,11	3,2	0,30	15,9	2,1
75 %	1,9	13,0	96	0,16	4,9	0,49	20,8	3,7
90 %	2,8	19,9	124	0,23	6,8	0,76	25,6	5,0
95 %	3,5	26,2	149	0,29	9,0	1,03	28,6	5,7

	Cd	Co	Cu	Cr	Hg	Mn	Mo	Ni
	mg kg ⁻¹							
<i>Antal</i>	3067	3067	3067	3067	3067	3067	3067	3067
Min värde	0,02	< 1,0	1,1	1,3	< 0,01	18	0,06	0,7
Max värde	2,83	38,8	102,1	71,9	0,591	6209	96,68	110,1
Medelvärde	0,23	6,4	14,6	20,5	0,043	422	1,28	12,5
Std avv	0,17	4,2	10,5	13,2	0,031	356	3,74	9,0
Percentiler:								
5 %	0,10	1,2	4,3	4,6	0,020	86	0,19	2,6
10 %	0,11	1,8	5,3	5,9	0,023	121	0,23	3,4
25 %	0,15	3,1	7,6	10,1	0,028	214	0,35	5,9
50 %	0,20	5,5	11,4	17,3	0,036	351	0,62	10,3
75 %	0,27	8,9	18,7	28,2	0,047	535	1,09	16,9
90 %	0,37	12,4	28,7	40,7	0,063	760	1,98	24,5
95 %	0,47	14,3	35,2	47,6	0,084	948	3,31	29,8

	Se	Sr	V	Zn	Cu/Mo- kvot	Cd/Zn- kvot
	mg kg ⁻¹					
<i>Antal</i>	3060	3067	3067	3067	3067	3067
Min värde	< 0,05	3	2	5	0	0,001
Max värde	13,34	299	285	223	180	0,048
Medelvärde	0,31	26	36	59	23	0,005
Std avv	0,36	17	20	29	17	0,003
Percentiler:						
5 %	0,12	9	11	19	4	0,002
10 %	0,14	11	15	25	7	0,002
25 %	0,18	16	21	38	12	0,003
50 %	0,24	24	32	54	18	0,004
75 %	0,34	33	48	76	29	0,005
90 %	0,50	41	62	99	45	0,008
95 %	0,75	48	69	112	58	0,011

Matjordens egenskaper i åkermarken i Stockholms län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Stockholm County. All concentrations are given per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	97	97	97	97	97	97	97	97
Min värde	1,9	0,10	7	0,016	0	5,1	1,8	40
Max värde	66,6	2,19	18	0,500	1,7	7,7	47,0	479
Medelvärde	4,8	0,27	10	0,043	0,1	6,3	10,7	92
Stdav.	6,8	0,23	2	0,054	0,3	0,5	8,2	58
Percentiler:								
10 %	2,5	0,15	8	0,020	0	5,7	3,0	55
25 %	2,9	0,17	9	0,024	0	6,1	5,3	60
50 %	3,6	0,21	10	0,030	0	6,4	7,7	80
75 %	4,5	0,28	10	0,041	0	6,6	13,9	99
90 %	6,3	0,38	11	0,055	0	6,8	23,3	118

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	97	97	97	97	97	97	94	
Min värde	0,02	57	2	0,4	0	5	< 0,1	
Max värde	0,49	98	24	7,9	32,5	76	11,6	
Medelvärde	0,12	83	10	3,0	3,1	17	3,7	
Stdav.	0,08	7	5	1,4	5,6	11	1,8	
Percentiler:								
10 %	0,04	74	5	1,5	0,1	9	1,7	
25 %	0,07	80	7	1,8	0,5	11	2,6	
50 %	0,10	84	9	2,8	1,3	14	3,5	
75 %	0,14	88	13	3,9	2,4	19	4,4	
90 %	0,20	91	17	4,6	6,7	26	6,0	

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	94	94	94	94	94	94	94	94	94
Min värde	0,12	9	0,12	6	10	0,015	97	0,08	36
Max värde	4,33	47	0,80	81	59	0,591	952	1,23	161
Medelvärde	0,52	20	0,27	25	35	0,061	387	0,30	84
Stdav.	0,57	7	0,10	12	12	0,082	155	0,20	25
Percentiler:									
10 %	0,21	13	0,17	13	18	0,024	209	0,14	50
25 %	0,27	15	0,21	18	26	0,026	272	0,16	69
50 %	0,39	19	0,25	22	34	0,038	389	0,23	82
75 %	0,56	23	0,30	31	43	0,050	482	0,35	98
90 %	0,75	26	0,39	37	52	0,085	576	0,57	115

Matjordens egenskaper i åkermarken i Uppsala län. Alla halter är angivna per jordens torrs substans

Properties of the plough layer of arable land in Uppsala County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	179	178	178	178	178	179	178	178
Min värde	2,0	0,11	7	0,009	0	4,9	1,2	30
Max värde	46,2	2,33	17	0,556	16,1	8,7	45,5	349
Medelvärde	6,7	0,36	10	0,057	0,5	6,6	10,8	89
Stdav.	8,2	0,36	1	0,082	1,8	0,7	8,4	35
Percentiler:								
10 %	2,7	0,17	8	0,022	0	5,8	3,6	60
25 %	3,3	0,19	9	0,025	0	6,2	5,6	69
50 %	4,1	0,25	10	0,032	0	6,5	8,1	80
75 %	5,6	0,33	10	0,045	0	6,8	13,2	100
90 %	10,4	0,58	12	0,076	1,0	7,7	23,9	121

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	178	178	178	178	178	178	178	174
Min värde	0,02	62	1	0,2	0	4	76	0,2
Max värde	0,74	98	25	9,8	23,8	104	100	9,4
Medelvärde	0,12	86	9	2,6	1,9	26	98	4,4
Stdav.	0,08	7	5	1,6	3,5	17	3	1,9
Percentiler:								
10 %	0,05	77	3	1,0	0	13	95	2,1
25 %	0,07	82	5	1,5	0,2	16	98	3,4
50 %	0,10	87	8	2,1	0,8	22	99	4,3
75 %	0,14	92	12	3,3	1,9	28	100	5,5
90 %	0,21	95	15	4,9	4,8	40	100	6,9

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	173	174	174	174	174	174	174	173	174
Min värde	0,10	5	0,05	2	5	0,008	53	0,06	12
Max värde	2,58	75	0,82	62	67	0,107	1958	1,46	166
Medelvärde	0,61	21	0,27	28	40	0,039	518	0,31	95
Stdav.	0,43	7	0,11	10	12	0,017	247	0,22	29
Percentiler:									
10 %	0,25	13	0,17	17	25	0,024	225	0,13	56
25 %	0,35	18	0,21	23	32	0,028	348	0,18	77
50 %	0,49	22	0,26	28	42	0,035	504	0,25	97
75 %	0,66	25	0,32	34	48	0,042	656	0,36	114
90 %	1,04	27	0,40	40	55	0,060	809	0,53	129

Matjordens egenskaper i åkermarken i Södermanlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Södermanland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	162	162	162	162	162	162	162	162
Min värde	1,6	0,11	7	0,005	0	4,2	1,6	31
Max värde	79,7	2,99	16	0,352	4,3	7,5	43,2	160
Medelvärde	5,8	0,30	10	0,045	0,1	6,2	8,4	76
Stdav.	7,9	0,30	2	0,052	0,4	0,5	6,1	27
Percentiler:								
10 %	2,6	0,15	8	0,020	0	5,7	3,5	47
25 %	3,1	0,18	9	0,023	0	5,9	4,9	56
50 %	3,8	0,23	10	0,029	0	6,3	6,7	71
75 %	5,0	0,29	11	0,041	0	6,5	10,1	91
90 %	7,2	0,39	12	0,070	0	6,8	14,2	112

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	162	162	162	162	162	162	162	161
Min värde	0,02	25	4	0,3	0	5	32	0,1
Max värde	0,39	93	30	9,8	68,3	99	100	14,0
Medelvärde	0,11	77	15	3,1	4,6	17	95	3,9
Stdav.	0,05	9	6	1,4	7,8	10	8	2,1
Percentiler:								
10 %	0,06	67	8	1,7	0,4	9	89	1,7
25 %	0,07	72	10	2,1	0,9	12	95	2,5
50 %	0,10	78	15	2,7	2,0	15	98	3,7
75 %	0,14	82	19	3,8	5,1	20	99	4,8
90 %	0,17	86	23	4,9	11,5	25	100	6,1

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	161	161	161	161	161	161	161	161	161
Min värde	0,07	6	0,08	3	7	0,017	76	0,08	19
Max värde	2,04	55	0,74	70	64	0,176	1167	1,18	185
Medelvärde	0,39	20	0,26	21	34	0,044	440	0,30	79
Stdav.	0,26	7	0,11	11	11	0,024	185	0,19	27
Percentiler:									
10 %	0,18	12	0,14	8	18	0,024	229	0,15	44
25 %	0,23	15	0,19	14	27	0,031	308	0,18	60
50 %	0,32	20	0,24	20	35	0,038	406	0,24	82
75 %	0,47	24	0,30	27	42	0,049	567	0,35	97
90 %	0,61	28	0,36	33	48	0,066	682	0,53	106

Matjordens egenskaper i åkermarken i Östergötlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Östergötland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	231	231	231	231	231	231	231	231
Min värde	1,7	0,09	4	0,010	0	4,6	2,2	35
Max värde	81,6	2,68	32	1,027	15,7	8,0	158,1	325
Medelvärde	7,3	0,34	11	0,054	0,4	6,5	10,8	89
Stdav.	12,1	0,40	3	0,094	1,6	0,7	12,5	47
Percentiler:								
10 %	2,7	0,15	9	0,022	0	5,7	4,2	55
25 %	3,2	0,18	9	0,026	0	6,0	5,8	61
50 %	3,8	0,22	10	0,032	0	6,5	7,7	73
75 %	5,1	0,31	12	0,042	0	7,0	11,5	94
90 %	12,4	0,63	14	0,078	0,9	7,4	19,9	141

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	231	231	231	231	231	231	231	229
Min värde	0,03	20	1	0,1	0	2	24	0,6
Max värde	0,50	99	29	10,5	76,2	249	100	23,0
Medelvärde	0,12	85	9	2,4	3,5	24	97	4,9
Stdav.	0,07	11	6	1,4	8,1	26	8	2,3
Percentiler:								
10 %	0,05	71	2	1,0	0	9	91	2,8
25 %	0,07	80	4	1,4	0,1	13	97	3,6
50 %	0,10	86	8	2,1	0,9	19	99	4,5
75 %	0,14	92	13	3,0	3,1	26	100	5,7
90 %	0,20	96	19	4,1	9,3	33	100	7,0

	B mg kg ⁻¹	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
Antal	229	229	229	229	229	229	229	229	229
Min värde	0,10	5	0,10	3	4	0,018	85	0,10	17
Max värde	6,25	63	1,26	86	59	0,188	1907	2,18	149
Medelvärde	0,44	18	0,29	20	26	0,053	517	0,34	68
Stdav.	0,45	6	0,15	10	12	0,031	307	0,26	24
Percentiler:									
10 %	0,19	11	0,15	10	12	0,029	215	0,17	40
25 %	0,26	13	0,20	13	18	0,035	322	0,20	51
50 %	0,36	17	0,25	18	24	0,043	456	0,26	67
75 %	0,50	21	0,35	24	33	0,057	609	0,36	81
90 %	0,69	25	0,45	33	45	0,087	927	0,56	100

Matjordens egenskaper i åkermarken i Jönköpings län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Jönköping County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	103	103	103	103	103	103	103	103
Min värde	1,5	0,09	7	0,012	0	5,3	1,9	32
Max värde	35,1	1,40	19	0,392	3,4	7,6	120,3	257
Medelvärde	5,3	0,25	12	0,039	< 0,1	6,0	12,1	95
Stdav.	4,0	0,15	2	0,040	0,4	0,4	17,3	43
Percentiler:								
10 %	2,7	0,14	10	0,019	0	5,5	4,1	50
25 %	3,6	0,19	11	0,027	0	5,7	5,6	66
50 %	4,4	0,22	12	0,031	0	6,1	7,9	87
75 %	5,8	0,28	13	0,042	0	6,3	11,1	115
90 %	7,6	0,36	14	0,053	0	6,5	19,1	144

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basn.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	103	103	103	103	103	103	103	102
Min värde	0,03	42	2	0,4	0,2	3	56	0,5
Max värde	0,54	96	24	17,0	43,8	87	100	12,2
Medelvärde	0,11	74	9	4,2	11,7	9	88	2,3
Stdav.	0,08	12	4	2,9	11,4	9	11	1,5
Percentiler:								
10 %	0,05	57	4	1,2	1,1	4	71	1,1
25 %	0,07	68	5	2,3	2,8	5	82	1,6
50 %	0,10	77	8	3,7	7,0	7	93	1,9
75 %	0,13	84	11	5,1	17,6	9	97	2,5
90 %	0,17	88	14	7,8	29,0	13	99	3,5

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	102	102	102	102	102	102	102	102	102
Min värde	< 0,04	7	0,08	2	2	0,010	39	0,09	7
Max värde	2,09	34	1,24	48	37	0,187	1892	1,39	159
Medelvärde	0,31	13	0,18	9	10	0,042	504	0,25	52
Stdav.	0,31	4	0,13	6	7	0,021	324	0,16	28
Percentiler:									
10 %	0,14	9	0,11	4	4	0,025	207	0,15	26
25 %	0,18	10	0,13	6	5	0,031	321	0,18	34
50 %	0,25	12	0,15	8	8	0,039	464	0,23	47
75 %	0,32	15	0,18	11	13	0,047	609	0,28	65
90 %	0,45	17	0,24	14	18	0,057	802	0,33	80

Matjordens egenskaper i åkermarken i Kronobergs län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Kronoberg County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	66	66	66	66	66	66	66	66
Min värde	2,3	0,13	9	0,017	0	4,6	3,4	49
Max värde	95,6	2,99	29	0,394	0,8	7,5	32,7	327
Medelvärde	15,2	0,50	14	0,075	< 0,1	5,8	12,4	117
Stdav.	24,0	0,63	4	0,103	0,1	0,5	5,8	50
Percentiler:								
10 %	3,7	0,18	11	0,026	0	5,1	5,8	66
25 %	4,4	0,21	12	0,032	0	5,6	8,8	88
50 %	5,6	0,27	13	0,038	0	5,8	11,6	101
75 %	9,4	0,36	15	0,051	0	6,1	14,5	136
90 %	64,4	1,75	20	0,259	0	6,4	20,0	173

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	66	66	66	66	66	66	66	66
Min värde	0,03	22	1,7	0,2	0	4	25	0,4
Max värde	0,24	96	18,9	8,1	74,7	90	100	10,6
Medelvärde	0,11	74	6,5	2,8	15,5	13	84	2,2
Stdav.	0,05	16	3,4	2,0	15,4	16	15	1,9
Percentiler:								
10 %	0,05	54	2,8	0,6	1,5	5	63	1,0
25 %	0,08	63	4,1	1,1	3,1	6	74	1,3
50 %	0,11	79	6,0	2,4	9,2	7	91	1,6
75 %	0,14	87	8,3	3,7	26,4	10	97	2,3
90 %	0,17	91	10,2	5,2	37,1	31	98	4,1

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	66	66	66	66	66	66	66	66	66
Min värde	0,06	7	0,07	1,9	3	< 0,01	29	0,13	9
Max värde	0,83	40	0,70	24,8	28	0,154	1015	1,87	75
Medelvärde	0,29	15	0,20	8,8	8	0,053	332	0,36	34
Stdav.	0,14	7	0,13	4,8	5	0,035	245	0,34	15
Percentiler:									
10 %	0,17	9	0,11	4,2	4	0,027	60	0,16	17
25 %	0,21	11	0,13	5,6	5	0,034	126	0,19	24
50 %	0,26	13	0,15	7,5	7	0,044	265	0,24	33
75 %	0,33	16	0,20	11,6	11	0,053	511	0,31	40
90 %	0,47	26	0,40	14,6	14	0,123	595	0,97	55

Matjordens egenskaper i åkermarken i Kalmar län. Alla halter är angivna per jordens torrs substans

Properties of the plough layer of arable land in Kalmar County. All concentrations are given per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	165	165	165	165	165	165	165	165
Min värde	0,8	0,03	6	0,010	0	4,6	1,7	24
Max värde	70,5	2,39	26	0,662	28,6	7,9	64,2	282
Medelvärde	7,5	0,33	12	0,057	1,1	6,4	12,9	84
Stdav.	11,2	0,36	3	0,091	3,8	0,7	9,1	40
Percentiler:								
10 %	2,5	0,14	9	0,020	0	5,6	5,0	42
25 %	3,3	0,17	10	0,026	0	6,0	7,1	59
50 %	4,4	0,22	12	0,033	0	6,4	10,6	78
75 %	5,9	0,30	13	0,046	0	6,8	15,4	100
90 %	11,7	0,48	15	0,089	2,5	7,6	23,3	128

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	165	165	165	165	165	165	164	
Min värde	0,03	36	1	0,1	0	3	54	
Max värde	0,87	99	53	13,3	45,8	187	100	
Medelvärde	0,16	84	7	3,2	5,2	17	95	
Stdav.	0,10	11	6	2,4	7,6	21	8	
Percentiler:								
10 %	0,07	69	2	0,8	0	5	84	
25 %	0,10	79	4	1,4	0,4	8	94	
50 %	0,14	86	6	2,7	2,2	12	98	
75 %	0,20	91	8	4,0	6,4	18	100	
90 %	0,28	96	12	6,1	16,3	30	100	

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	164	164	164	164	164	164	164	164	164
Min värde	0,09	5	0,07	2	1	< 0,01	24	0,06	11
Max värde	6,88	31	0,89	56	54	0,181	1221	3,93	117
Medelvärde	0,57	13	0,23	13	14	0,044	315	0,33	44
Stdav.	0,71	6	0,13	10	11	0,027	250	0,39	24
Percentiler:									
10 %	0,17	7	0,11	5	4	0,021	69	0,13	18
25 %	0,23	9	0,15	6	7	0,030	112	0,16	26
50 %	0,35	13	0,20	9	10	0,037	256	0,21	39
75 %	0,63	16	0,27	15	18	0,050	409	0,34	57
90 %	1,17	21	0,40	21	29	0,071	633	0,60	81

Matjordens egenskaper i åkermarken i Gotlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Gotland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	94	94	94	94	94	94	94	94
Min värde	1,4	0,06	5	0,017	0	5,7	1	18
Max värde	76,4	4,10	20	0,696	39,8	8,5	49	182
Medelvärde	8,0	0,38	12	0,070	3,8	7,5	15	58
Stdav.	13,1	0,60	3	0,116	6,5	0,5	9	24
Percentiler:								
10 %	2,4	0,13	9	0,022	0	6,9	6	37
25 %	3,1	0,17	10	0,027	0	7,4	9	44
50 %	4,1	0,22	11	0,035	1,6	7,6	13	55
75 %	5,6	0,30	13	0,051	5,3	7,8	18	67
90 %	16,9	0,63	15	0,124	9,3	7,9	27	84

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	94	94	94	94	94	94	94	90
Min värde	0,04	75	0,9	0,1	0	4	89	0,2
Max värde	0,55	98	10,3	10,4	11,2	207	100	6,7
Medelvärde	0,25	94	3,1	2,0	0,6	29	99	3,2
Stdav.	0,11	4	1,5	1,5	1,5	32	2	1,3
Percentiler:								
10 %	0,10	90	1,7	0,6	0	11	99	1,4
25 %	0,16	93	2,0	0,8	0	16	99	2,3
50 %	0,24	95	2,8	1,7	0,1	19	100	3,4
75 %	0,33	96	3,7	2,6	0,6	26	100	3,9
90 %	0,41	97	4,4	3,6	1,2	50	100	4,6

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	90	90	90	90	90	90	90	90	90
Min värde	0,11	3	0,09	1	2	< 0,01	21	0,06	8
Max värde	3,31	32	2,48	36	29	0,098	937	3,41	143
Medelvärde	0,89	14	0,26	9	14	0,033	222	0,34	45
Stdav.	0,62	5	0,28	5	7	0,016	147	0,40	23
Percentiler:									
10 %	0,30	7	0,12	4	4	0,018	72	0,14	20
25 %	0,46	11	0,16	6	8	0,022	110	0,18	31
50 %	0,74	14	0,18	9	14	0,030	193	0,24	43
75 %	1,17	16	0,25	12	18	0,036	297	0,33	54
90 %	1,74	19	0,43	15	22	0,053	394	0,67	73

Matjordens egenskaper i åkermarken i Blekinge län. Alla halter är angivna per jordens torrs substans

Properties of the plough layer of arable land in Blekinge County. All concentrations are given per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	45	45	45	45	45	45	45	45
Min värde	1,8	0,08	7	0,015	0	5,3	5,1	26
Max värde	39,0	1,53	26	0,815	1,7	7,3	55,5	240
Medelvärde	5,7	0,27	12	0,061	< 0,1	6,2	18,1	97
Stdav.	6,8	0,25	3	0,133	0,2	0,5	12,7	49
Percentiler:								
10 %	2,4	0,13	9	0,018	0	5,4	7,2	52
25 %	2,9	0,16	10	0,022	0	5,8	8,7	62
50 %	3,7	0,21	11	0,028	0	6,1	13,6	85
75 %	5,0	0,25	13	0,041	0	6,6	21,6	108
90 %	7,6	0,37	14	0,059	0	6,7	37,4	156

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	45	45	45	45	45	45	45	
Min värde	0,07	60	2,3	0,6	0	4	64	0,4
Max värde	0,75	93	13,1	16,5	35,8	58	100	6,8
Medelvärde	0,21	80	7,8	4,0	7,6	12	92	2,0
Stdav.	0,16	11	2,4	3,0	9,2	12	9	1,3
Percentiler:								
10 %	0,09	63	4,8	1,2	0,3	5	79	0,8
25 %	0,12	70	6,1	2,1	0,7	6	87	1,3
50 %	0,16	84	7,4	3,1	3,2	7	97	1,7
75 %	0,20	88	9,1	4,9	12,5	10	99	2,3
90 %	0,45	91	11,1	7,6	21,4	20	100	3,2

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	45	45	45	45	45	45	45	45	45
Min värde	0,15	7	0,09	3	2	0,014	33	0,09	17
Max värde	9,92	33	0,93	57	28	0,166	1486	1,61	112
Medelvärde	0,59	16	0,20	11	10	0,045	280	0,27	43
Stdav.	1,44	6	0,14	10	7	0,024	247	0,26	20
Percentiler:									
10 %	0,19	9	0,11	5	4	0,022	73	0,13	22
25 %	0,24	12	0,13	6	5	0,030	150	0,16	27
50 %	0,33	15	0,17	8	8	0,040	210	0,21	41
75 %	0,43	20	0,21	12	13	0,055	306	0,26	52
90 %	0,71	23	0,30	15	21	0,065	588	0,39	66

Matjordens egenskaper i åkermarken i Skåne län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Skåne County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	558	558	558	557	558	558	558	558
Min värde	1,1	0,07	6	0,007	0	4,8	1,8	33
Max värde	85,8	2,63	26	0,419	38,1	8,3	99,9	325
Medelvärde	4,2	0,23	10	0,036	0,7	6,7	14,5	83
Stdav.	6,4	0,20	2	0,039	2,9	0,7	9,6	37
Percentiler:								
10 %	2,0	0,13	8	0,019	0	5,8	6,0	49
25 %	2,5	0,16	9	0,022	0	6,2	8,1	60
50 %	3,1	0,19	10	0,028	0	6,6	12,3	73
75 %	4,1	0,23	11	0,036	0	7,2	17,7	98
90 %	5,4	0,30	12	0,051	1,7	7,6	25,3	127

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	558	557	557	557	557	557	557	542
Min värde	0,03	34	0,7	0,3	0	12	62	0,1
Max värde	0,67	98	66,0	10,3	37,8	124	100	51,2
Medelvärde	0,18	89	4,9	2,7	3,0	15	97	4,1
Stdav.	0,09	8	3,5	1,6	5,9	10	6	4,6
Percentiler:								
10 %	0,08	78	2,4	1,1	0	6	90	1,5
25 %	0,12	86	3,1	1,6	0	8	97	2,2
50 %	0,16	92	4,3	2,4	0,5	12	100	3,3
75 %	0,22	94	6,1	3,5	2,6	17	100	4,5
90 %	0,30	95	8,1	4,7	10,3	24	100	6,1

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	542	542	542	542	542	542	542	542	542
Min värde	0,06	4	0,02	2	3	< 0,01	26	0,08	8
Max värde	2,15	151	1,57	58	48	0,246	2202	2,41	200
Medelvärde	0,54	17	0,27	10	16	0,042	330	0,30	51
Stdav.	0,30	8	0,16	6	8	0,022	237	0,21	22
Percentiler:									
10 %	0,24	10	0,14	5	6	0,025	120	0,16	28
25 %	0,33	13	0,18	7	10	0,030	182	0,20	38
50 %	0,48	16	0,24	9	15	0,038	272	0,26	49
75 %	0,68	19	0,30	12	20	0,048	403	0,33	60
90 %	0,91	23	0,40	16	27	0,059	586	0,45	75

Matjordens egenskaper i åkermarken i Hallands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Halland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	143	142	142	142	142	143	142	141
Min värde	0,8	0,06	8	0,016	0	4,9	3,5	45
Max värde	76,7	1,80	25	0,528	7,6	7,4	70,6	236
Medelvärde	6,7	0,28	13	0,051	0,1	6,1	13,9	96
Stdav.	8,9	0,22	3	0,061	0,7	0,4	8,5	36
Percentiler:								
10 %	2,8	0,15	10	0,024	0	5,5	6,0	58
25 %	3,8	0,18	10	0,029	0	5,8	8,5	70
50 %	5,0	0,24	12	0,038	0	6,2	11,5	90
75 %	6,5	0,30	14	0,047	0	6,4	17,0	112
90 %	8,6	0,39	16	0,072	0	6,6	23,9	142

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	141	142	142	142	142	142	142	
Min värde	0,04	32	3,4	0,7	0	2	39	0,5
Max värde	0,38	93	23,5	7,4	61,2	58	100	7,9
Medelvärde	0,15	75	11,0	3,2	10,0	11	90	2,3
Stdav.	0,07	11	4,2	1,6	10,6	7	11	1,2
Percentiler:								
10 %	0,07	60	5,9	1,5	0,7	5	76	1,2
25 %	0,09	70	7,7	2,0	2,6	7	86	1,5
50 %	0,14	78	10,7	2,8	6,4	9	94	2,0
75 %	0,18	84	13,9	4,2	13,6	13	97	2,7
90 %	0,25	87	16,2	5,5	24,5	17	99	3,8

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	141	142	142	142	142	142	142	141	142
Min värde	< 0,04	5	0,06	3	2	< 0,01	32	0,06	9
Max värde	1,04	35	0,62	49	38	0,162	1030	1,54	95
Medelvärde	0,31	14	0,19	10	12	0,045	280	0,37	41
Stdav.	0,18	6	0,09	6	8	0,025	210	0,23	19
Percentiler:									
10 %	0,15	8	0,11	5	4	0,023	67	0,18	18
25 %	0,21	10	0,14	7	6	0,030	117	0,23	26
50 %	0,26	13	0,18	9	9	0,041	239	0,32	39
75 %	0,33	17	0,22	11	16	0,052	374	0,42	53
90 %	0,47	24	0,26	16	23	0,062	519	0,53	66

Matjordens egenskaper i åkermarken i Göteborgs och Bohus län. Alla halter är angivna per jordens torrs substans

Properties of the plough layer of arable land in Göteborg County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	77	76	76	76	76	77	76	76
Min värde	1,4	0,10	7	0,015	0	5,0	1,7	39
Max värde	21,1	1,04	15	0,276	1,7	6,9	41,6	178
Medelvärde	5,2	0,27	11	0,041	< 0,1	6,0	8,6	79
Stdav.	3,2	0,14	1	0,036	0,2	0,4	7,7	24
Percentiler:								
10 %	3,0	0,16	9	0,024	0	5,4	3,1	56
25 %	3,6	0,20	10	0,029	0	5,6	4,5	61
50 %	4,5	0,25	11	0,034	0	6,0	6,5	74
75 %	5,3	0,30	11	0,039	0	6,3	9,3	90
90 %	6,6	0,36	12	0,048	0	6,5	14,3	104

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	76	76	76	76	76	76	76	77
Min värde	0,03	37	3,3	1,4	0	4	48	0,5
Max värde	0,35	90	31,5	7,4	51,5	26	100	10,2
Medelvärde	0,10	71	15,0	3,2	9,4	11	91	3,5
Stdav.	0,06	11	6,8	1,3	11,2	4	11	2,1
Percentiler:								
10 %	0,06	56	7,2	2,1	1,1	6	75	1,4
25 %	0,07	65	9,7	2,3	2,4	8	89	1,9
50 %	0,08	74	14,0	2,9	5,6	10	94	3,0
75 %	0,11	78	20,8	3,5	11,3	14	98	4,7
90 %	0,16	84	24,6	4,9	24,7	17	99	6,0

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	76	77	77	77	77	77	77	76	77
Min värde	0,13	7	0,07	3	5	0,010	106	0,12	15
Max värde	3,34	35	0,94	34	49	0,111	1001	1,90	96
Medelvärde	0,42	19	0,21	12	23	0,034	381	0,41	60
Stdav.	0,42	5	0,13	5	8	0,014	211	0,26	18
Percentiler:									
10 %	0,18	12	0,14	7	13	0,022	153	0,22	38
25 %	0,24	15	0,16	8	16	0,024	211	0,28	46
50 %	0,31	18	0,18	10	23	0,032	303	0,34	58
75 %	0,42	23	0,22	15	29	0,040	531	0,46	75
90 %	0,75	25	0,26	19	32	0,048	650	0,55	83

Matjordens egenskaper i åkermarken i Älvsborgs län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Älvsborg County. All concentrations are given per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	166	166	166	166	166	166	166	166
Min värde	1,4	0,08	7	0,013	0	5,1	1,6	44
Max värde	80,9	3,38	21	0,750	9,2	7,2	37,0	232
Medelvärde	7,3	0,33	12	0,049	0,1	6,0	8,0	80
Stdav.	9,1	0,36	2	0,073	0,7	0,4	5,2	28
Percentiler:								
10 %	3,2	0,17	10	0,024	0	5,5	3,1	53
25 %	4,3	0,21	11	0,029	0	5,7	4,5	62
50 %	5,2	0,26	12	0,035	0	6,0	6,9	74
75 %	6,9	0,32	14	0,044	0	6,3	9,9	92
90 %	11,5	0,48	15	0,069	0	6,6	13,4	115

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	166	166	166	166	166	166	166	
Min värde	0,01	45	0,7	0,3	0	3	59	0,6
Max värde	0,26	96	29,6	11,8	40,8	126	100	35,8
Medelvärde	0,10	76	10,4	3,1	9,4	12	91	3,8
Stdav.	0,04	11	5,7	1,8	9,6	12	10	3,9
Percentiler:								
10 %	0,05	61	4,6	1,1	0,9	5	78	1,4
25 %	0,07	70	6,2	2,0	2,6	7	86	2,0
50 %	0,09	77	8,8	2,8	6,0	10	94	2,8
75 %	0,12	85	13,9	3,9	14,0	13	97	4,4
90 %	0,15	89	18,2	5,1	21,8	16	99	6,4

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	166	166	166	166	166	166	166	166	166
Min värde	0,09	6	0,08	2	3	0,014	53	0,09	9
Max värde	0,96	100	1,34	72	72	0,527	1913	2,48	172
Medelvärde	0,26	16	0,19	11	16	0,046	460	0,40	52
Stdav.	0,13	8	0,13	8	10	0,046	296	0,36	25
Percentiler:									
10 %	0,16	10	0,12	6	6	0,025	161	0,19	24
25 %	0,19	12	0,14	8	9	0,030	249	0,25	33
50 %	0,24	16	0,16	10	15	0,037	393	0,35	47
75 %	0,30	19	0,20	14	20	0,045	615	0,40	67
90 %	0,38	22	0,27	16	27	0,063	871	0,57	81

Matjordens egenskaper i åkermarken i Skaraborgs län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Skaraborg County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	280	280	280	280	280	280	280	280
Min värde	0,9	0,05	6	0,007	0	5,2	1,3	26
Max värde	82,8	3,57	19	1,059	27,0	7,7	41,4	238
Medelvärde	6,2	0,30	11	0,050	0,4	6,4	7,6	74
Stdav.	12,0	0,49	2	0,111	2,0	0,5	5,4	34
Percentiler:								
10 %	2,2	0,12	9	0,017	0	5,7	3,2	43
25 %	2,9	0,15	10	0,022	0	6,0	4,3	52
50 %	3,8	0,20	11	0,028	0	6,4	6,0	65
75 %	4,8	0,25	12	0,036	0	6,7	9,4	86
90 %	6,4	0,34	14	0,053	0,5	7,0	12,8	117

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basn.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	280	280	280	280	280	280	280	278
Min värde	0,02	38	0,8	0,2	0	2	49	< 0,1
Max värde	0,39	98	30,3	9,6	50,8	219	100	78,9
Medelvärde	0,11	83	8,9	2,8	4,9	15	95	4,9
Stdav.	0,06	10	5,9	1,7	8,2	21	8	7,5
Percentiler:								
10 %	0,05	70	3,0	1,2	0,1	5	85	1,0
25 %	0,07	78	4,6	1,7	0,5	7	95	1,7
50 %	0,09	84	7,4	2,5	1,4	10	99	2,8
75 %	0,13	91	12,3	3,5	5,1	16	100	4,9
90 %	0,18	94	16,6	4,9	15,1	24	100	9,4

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	278	278	278	278	278	278	278	278	278
Min värde	0,05	4	0,04	1	2	0,012	18	0,06	5
Max värde	4,89	34	2,20	102	50	0,249	4695	13,34	145
Medelvärde	0,35	13	0,20	12	13	0,038	619	0,35	47
Stdav.	0,43	6	0,22	11	8	0,029	688	0,84	27
Percentiler:									
10 %	0,16	7	0,08	4	4	0,020	105	0,13	15
25 %	0,19	8	0,11	6	7	0,025	197	0,17	26
50 %	0,24	13	0,14	9	12	0,032	417	0,23	46
75 %	0,38	16	0,19	14	17	0,040	730	0,32	63
90 %	0,55	20	0,35	23	23	0,055	1331	0,52	84

Matjordens egenskaper i åkermarken i Värmlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Värmland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	130	129	129	129	129	130	129	129
Min värde	1,7	0,09	8	0,009	0	5,0	1,7	30
Max värde	75,9	2,40	35	0,232	1,7	7,4	38,5	135
Medelvärde	5,7	0,26	12	0,035	< 0,1	5,9	7,1	69
Stdav.	7,5	0,23	3	0,028	0,1	0,4	5,4	19
Percentiler:								
10 %	3,0	0,15	10	0,019	0	5,4	2,8	47
25 %	3,5	0,17	11	0,023	0	5,7	3,7	57
50 %	4,2	0,22	12	0,030	0	5,9	6,1	67
75 %	5,3	0,26	12	0,036	0	6,2	8,5	78
90 %	7,0	0,35	14	0,046	0	6,5	11,8	93

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	129	129	129	129	129	129	130	
Min värde	0,02	19	2,0	0,3	0	2	< 0,1	
Max värde	0,39	95	26,7	9,0	67,0	54	8,9	
Medelvärde	0,10	72	12,5	3,4	11,0	10	2,1	
Stdav.	0,06	13	5,8	1,6	11,8	8	1,5	
Percentiler:								
10 %	0,05	57	5,4	1,7	2,1	6	0,6	
25 %	0,06	65	7,7	2,4	3,4	7	1,2	
50 %	0,09	74	12,4	3,0	6,5	9	1,7	
75 %	0,12	80	16,1	4,1	13,4	11	2,8	
90 %	0,17	87	19,4	5,4	24,5	14	3,8	

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	129	130	130	130	130	130	130	129	130
Min värde	0,05	7	0,07	2	3	0,012	64	0,07	10
Max värde	1,70	33	0,70	25	30	0,158	1927	4,76	127
Medelvärde	0,20	17	0,16	10	14	0,036	433	0,25	58
Stdav.	0,16	6	0,07	4	6	0,018	255	0,42	22
Percentiler:									
10 %	0,10	10	0,11	5	7	0,021	183	0,13	30
25 %	0,13	12	0,13	6	11	0,027	249	0,17	42
50 %	0,17	16	0,15	9	15	0,032	386	0,20	56
75 %	0,22	20	0,18	12	18	0,041	556	0,25	73
90 %	0,30	24	0,20	14	21	0,054	748	0,30	86

Matjordens egenskaper i åkermarken i Örebro län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Örebro County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	119	119	119	119	119	119	119	119
Min värde	1,4	0,06	8	0,009	0	5,0	1,5	29
Max värde	77,9	2,33	23	0,296	2,5	7,0	53,0	202
Medelvärde	6,8	0,30	12	0,042	0,1	6,1	6,6	70
Stdav.	10,1	0,31	3	0,043	0,5	0,4	5,3	29
Percentiler:								
10 %	2,6	0,15	9	0,019	0	5,6	3,1	42
25 %	3,4	0,17	10	0,022	0	5,8	4,1	53
50 %	4,2	0,21	11	0,027	0	6,1	5,6	61
75 %	5,7	0,29	13	0,040	0	6,4	7,7	79
90 %	11,0	0,52	15	0,080	0	6,7	10,1	102

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	119	119	119	119	119	119	119	119
Min värde	0,02	36	1,0	0,4	0	3	43	< 0,1
Max värde	0,31	98	32,6	8,6	56,9	45	100	32,9
Medelvärde	0,10	79	11,6	2,7	6,10	14	94	4,8
Stdav.	0,05	11	7,2	1,5	9,10	8	9	5,0
Percentiler:								
10 %	0,05	67	3,7	1,1	0,5	5	86	0,9
25 %	0,07	73	5,8	1,7	1,1	8	94	2,0
50 %	0,09	81	9,7	2,5	3,0	12	97	3,9
75 %	0,11	86	15,3	3,3	6,4	18	99	5,5
90 %	0,15	89	21,6	4,6	14,4	24	99	10,0

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	119	119	119	119	119	119	119	119	119
Min värde	0,08	4	0,06	2	2	0,011	35	0,08	9
Max värde	0,72	39	1,22	74	51	0,135	1144	1,04	185
Medelvärde	0,28	19	0,24	16	22	0,043	344	0,29	56
Stdav.	0,14	8	0,17	11	13	0,023	204	0,18	30
Percentiler:									
10 %	0,15	9	0,11	5	6	0,023	122	0,14	24
25 %	0,19	13	0,14	8	11	0,027	201	0,18	35
50 %	0,24	19	0,18	12	18	0,035	313	0,24	51
75 %	0,35	26	0,26	22	30	0,047	470	0,34	74
90 %	0,46	29	0,41	28	41	0,074	632	0,51	90

Matjordens egenskaper i åkermarken i Västmanlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Västmanland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	135	135	135	135	135	135	135	135
Min värde	1,9	0,11	7	0,011	0	4,7	1,4	30
Max värde	80,5	3,02	17	0,574	1,7	8,2	39,6	205
Medelvärde	6,0	0,30	11	0,046	< 0,1	6,2	9,1	78
Stdav.	9,0	0,34	2	0,065	0,1	0,5	6,5	29
Percentiler:								
10 %	2,7	0,16	9	0,018	0	5,6	3,3	51
25 %	3,2	0,18	9	0,024	0	5,9	4,4	62
50 %	4,1	0,23	10	0,031	0	6,2	7,2	72
75 %	5,1	0,28	11	0,039	0	6,5	11,6	86
90 %	7,0	0,38	13	0,064	0	6,9	16,3	113

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv bas.m.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	135	135	135	135	135	135	134	
Min värde	0,02	50	2,2	0,3	0	4	< 0,1	
Max värde	0,32	97	32,3	7,2	36,6	102	13,6	
Medelvärde	0,11	76	15,8	2,8	4,6	19	4,7	
Stdav.	0,06	8	6,3	1,4	6,6	13	2,2	
Percentiler:								
10 %	0,05	66	7,7	1,1	0,3	9	2,0	
25 %	0,07	71	11,4	1,6	1,0	12	3,4	
50 %	0,10	75	15,4	2,6	2,3	17	4,5	
75 %	0,15	82	20,1	3,5	5,1	22	5,6	
90 %	0,18	88	23,3	4,5	11,9	30	7,3	

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	134	134	134	134	134	134	134	134	134
Min värde	0,07	9	0,05	4	7	0,015	145	< 0,05	22
Max värde	2,64	402	1,74	69	68	0,404	2029	1,51	196
Medelvärde	0,36	29	0,27	24	36	0,046	522	0,28	91
Stdav.	0,34	33	0,16	12	12	0,040	249	0,18	29
Percentiler:									
10 %	0,17	18	0,16	10	18	0,025	267	0,14	54
25 %	0,21	22	0,20	16	30	0,030	362	0,18	74
50 %	0,29	26	0,25	22	36	0,037	494	0,25	92
75 %	0,40	29	0,31	29	45	0,047	632	0,30	106
90 %	0,54	34	0,40	40	51	0,066	800	0,48	129

Matjordens egenskaper i åkermarken i Dalarnas län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Dalarna County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	65	65	65	65	65	65	65	65
Min värde	2,4	0,13	9	0,016	0	4,8	2,1	36
Max värde	33,9	1,25	18	0,261	4,3	7,0	19,9	126
Medelvärde	5,2	0,24	12	0,037	0,1	6,0	7,3	67
Stdav.	5,6	0,18	2	0,037	0,5	0,4	3,6	17
Percentiler:								
10 %	2,5	0,15	10	0,020	0	5,5	3,3	49
25 %	3,2	0,16	10	0,022	0	5,8	5,0	55
50 %	3,8	0,19	11	0,028	0	6,1	6,6	67
75 %	4,7	0,22	13	0,033	0	6,3	9,3	75
90 %	6,4	0,30	14	0,047	0	6,5	12,5	84

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	65	65	65	65	65	65	65	65
Min värde	0,03	37	1,8	0,5	0	4	51	0,5
Max värde	0,28	96	20,3	11,7	48,7	102	100	6,6
Medelvärde	0,11	77	9,3	3,5	9,5	10	90	1,8
Stdav.	0,04	12	4,1	2,4	10,3	12	10	1,1
Percentiler:								
10 %	0,06	63	4,8	1,3	1,0	5	78	1,1
25 %	0,08	72	6,0	2,0	2,2	6	88	1,3
50 %	0,10	80	9,0	2,8	6,0	8	94	1,5
75 %	0,14	84	12,3	4,6	11,6	10	98	1,9
90 %	0,16	88	14,4	6,2	22,4	13	99	2,5

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	65	65	65	65	65	65	65	65	65
Min värde	0,05	7	0,07	4	4	0,017	69	0,06	17
Max värde	0,55	40	0,94	67	39	0,144	993	0,98	113
Medelvärde	0,22	20	0,20	10	13	0,038	409	0,19	53
Stdav.	0,10	6	0,12	9	7	0,021	206	0,15	19
Percentiler:									
10 %	0,12	12	0,12	5	6	0,022	174	0,10	30
25 %	0,15	16	0,14	7	9	0,026	260	0,13	40
50 %	0,19	20	0,17	9	11	0,033	387	0,16	53
75 %	0,29	23	0,22	12	17	0,042	539	0,19	65
90 %	0,37	27	0,27	13	21	0,059	701	0,26	74

Matjordens egenskaper i åkermarken i Gävleborgs län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Gävleborg County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	80	80	80	80	80	80	80	80
Min värde	2,1	0,10	9	0,017	0	5,1	2,5	38
Max värde	28,0	0,88	19	0,127	3,4	7,9	28,7	142
Medelvärde	5,9	0,28	12	0,039	0,1	6,0	7,2	77
Stdav.	3,8	0,14	2	0,019	0,4	0,5	4,8	22
Percentiler:								
10 %	3,4	0,16	10	0,022	0	5,5	3,3	53
25 %	3,9	0,19	11	0,027	0	5,7	3,9	63
50 %	4,9	0,26	12	0,035	0	6,0	5,7	73
75 %	6,4	0,31	13	0,041	0	6,3	8,3	89
90 %	8,3	0,39	15	0,054	0	6,5	13,5	112

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	80	80	80	80	80	80	80	
Min värde	0,03	45	1,2	0,6	0	3	53	0,4
Max värde	0,24	93	21,6	21,9	47,2	56	100	10,7
Medelvärde	0,09	76	10,0	2,9	9,8	11	90	3,9
Stdav.	0,04	11	4,7	2,7	10,0	7	10	2,3
Percentiler:								
10 %	0,05	60	4,3	1,1	0,8	6	78	1,2
25 %	0,06	69	5,9	1,4	2,8	7	85	2,1
50 %	0,08	79	9,8	2,4	6,3	10	94	3,6
75 %	0,11	85	13,7	3,7	15,0	14	97	5,4
90 %	0,14	89	15,0	5,0	22,4	19	99	6,6

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	80	80	80	80	80	80	80	80	80
Min värde	0,06	6	0,05	3	6	0,013	63	0,07	14
Max värde	0,78	28	0,56	40	51	0,103	888	0,87	112
Medelvärde	0,21	15	0,16	15	24	0,038	365	0,21	59
Stdav.	0,13	5	0,08	8	10	0,017	193	0,12	23
Percentiler:									
10 %	0,10	8	0,09	6	12	0,023	139	0,11	26
25 %	0,14	11	0,11	9	16	0,028	211	0,13	42
50 %	0,18	15	0,15	13	23	0,033	357	0,18	60
75 %	0,24	18	0,19	18	31	0,042	472	0,23	74
90 %	0,37	20	0,23	27	39	0,056	590	0,33	86

Matjordens egenskaper i åkermarken i Västernorrlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Västernorrland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	64	64	64	64	64	64	64	64
Min värde	1,5	0,08	8	0,009	0	5,2	1,5	47
Max värde	10,7	0,54	14	0,116	0,8	6,9	34,1	225
Medelvärde	4,5	0,24	11	0,034	< 0,1	6,0	5,7	88
Stdav.	1,6	0,07	1	0,018	0,1	0,4	5,0	27
Percentiler:								
10 %	3,0	0,16	9	0,021	0	5,4	2,2	62
25 %	3,5	0,20	10	0,024	0	5,6	2,5	70
50 %	4,5	0,23	11	0,029	0	6,0	4,0	84
75 %	5,2	0,29	11	0,037	0	6,2	7,0	108
90 %	6,1	0,31	12	0,047	0	6,5	10,2	117

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	64	64	64	64	64	64	64	64
Min värde	0,02	43	3,0	0,3	0	3	55	0,8
Max värde	0,15	96	33,9	11,4	44,6	34	100	14,2
Medelvärde	0,06	75	12,0	2,9	9,2	10	91	5,3
Stdav.	0,03	12	6,4	2,2	10,2	5	10	2,9
Percentiler:								
10 %	0,03	60	5,4	1,2	1,0	6	77	2,4
25 %	0,03	69	7,1	1,8	2,5	7	88	3,2
50 %	0,05	77	10,5	2,4	4,5	9	95	4,5
75 %	0,08	85	15,0	3,2	11,8	12	98	6,7
90 %	0,11	88	21,1	5,1	23,4	16	99	9,9

	B mg kg ⁻¹	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
Antal	64	64	64	64	64	64	64	64	64
Min värde	< 0,04	6	0,07	3	10	0,015	104	0,07	18
Max värde	0,82	31	0,66	30	57	0,091	1066	0,75	133
Medelvärde	0,21	17	0,19	17	32	0,036	493	0,21	78
Stdav.	0,14	6	0,09	7	12	0,015	244	0,10	26
Percentiler:									
10 %	0,08	10	0,12	8	18	0,022	218	0,13	47
25 %	0,11	12	0,15	11	24	0,026	302	0,15	62
50 %	0,16	16	0,17	16	31	0,033	478	0,19	75
75 %	0,24	20	0,22	23	39	0,039	658	0,24	99
90 %	0,41	26	0,28	26	49	0,056	816	0,30	109

Matjordens egenskaper i åkermarken i Jämtlands län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Jämtland County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	38	38	38	38	38	38	38	38
Min värde	2,4	0,14	9	0,019	0	5,0	1,6	44
Max värde	49,4	1,92	17	0,323	8,4	8,0	26,5	148
Medelvärde	9,2	0,44	11	0,072	0,4	6,1	6,4	90
Stdav.	8,7	0,32	2	0,068	1,5	0,7	5,1	24
Percentiler:								
10 %	3,8	0,18	9	0,029	0	5,5	2,2	54
25 %	4,8	0,29	10	0,035	0	5,8	2,8	76
50 %	6,4	0,35	11	0,047	0	6,0	4,3	89
75 %	9,1	0,47	12	0,068	0	6,2	8,2	103
90 %	16,3	0,71	14	0,124	0,3	7,3	11,2	119

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	38	38	38	38	38	38	38	
Min värde	0,02	43	0,6	0,2	0	5	50	0,9
Max värde	0,21	98	13,7	8,3	50,2	100	100	33,0
Medelvärde	0,07	86	5,3	1,9	6,6	25	93	10,2
Stdav.	0,04	13	3,5	1,8	10,4	23	10	7,4
Percentiler:								
10 %	0,03	70	1,5	0,5	0,2	9	84	4,6
25 %	0,04	80	2,5	0,8	0,8	11	92	5,7
50 %	0,05	90	5,0	1,6	2,1	17	98	8,0
75 %	0,09	95	6,5	2,0	7,6	28	99	11,3
90 %	0,14	97	11,5	3,3	16,3	54	100	19,8

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	38	38	38	38	38	38	38	38	38
Min värde	0,10	7	0,09	4	6	0,019	141	0,11	17
Max värde	2,26	52	2,83	80	33	0,334	6209	2,69	223
Medelvärde	0,47	21	0,57	22	19	0,063	1148	0,62	97
Stdav.	0,38	10	0,53	14	6	0,055	1086	0,62	40
Percentiler:									
10 %	0,14	12	0,15	10	13	0,028	355	0,18	58
25 %	0,25	15	0,25	12	16	0,037	616	0,22	70
50 %	0,39	18	0,37	20	19	0,047	887	0,37	101
75 %	0,55	24	0,73	29	21	0,064	1333	0,88	116
90 %	0,76	34	1,11	36	25	0,100	1746	1,45	138

Matjordens egenskaper i åkermarken i Västerbottens län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Västerbotten County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	80	80	80	77	80	79	80	78
Min värde	2,6	0,10	9	0,016	0	4,7	1,0	25
Max värde	78,0	2,27	24	0,342	0	7,2	26,8	172
Medelvärde	9,7	0,35	14	0,052	0	5,9	8,9	83
Stdav.	14,0	0,39	3	0,061	0	0,4	5,1	27
Percentiler:								
10 %	3,2	0,15	11	0,020	0	5,5	4,0	52
25 %	3,8	0,16	12	0,026	0	5,6	5,6	66
50 %	5,3	0,22	13	0,032	0	5,9	7,8	82
75 %	7,9	0,30	16	0,043	0	6,1	11,5	96
90 %	19,9	0,69	20	0,087	0	6,5	15,3	120

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basm.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	78	78	78	78	78	78	78	78
Min värde	0,02	38	2,2	0,4	0	3	46	0,3
Max värde	0,38	96	23,2	8,3	53,7	50	100	25,4
Medelvärde	0,11	78	6,2	3,0	12,0	9	88	6,3
Stdav.	0,06	12	3,3	1,8	11,6	7	12	4,0
Percentiler:								
10 %	0,05	63	3,1	1,0	1,1	4	72	2,2
25 %	0,07	70	4,2	1,7	2,0	5	82	3,8
50 %	0,09	81	5,3	2,7	8,7	7	91	6,0
75 %	0,12	87	7,4	4,1	18,0	10	98	7,9
90 %	0,18	91	10,3	5,9	28,5	14	99	9,8

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	78	78	78	78	78	78	78	78	78
Min värde	0,04	5	0,07	2	6	0,015	36	0,10	10
Max värde	0,71	32	0,73	48	48	0,158	884	1,49	107
Medelvärde	0,16	12	0,16	11	23	0,038	236	0,25	48
Stdav.	0,11	5	0,09	8	9	0,022	166	0,17	22
Percentiler:									
10 %	0,08	7	0,08	5	11	0,022	85	0,13	22
25 %	0,10	8	0,11	6	17	0,027	125	0,16	31
50 %	0,13	11	0,14	9	22	0,034	184	0,22	43
75 %	0,18	14	0,18	14	29	0,042	312	0,30	64
90 %	0,31	20	0,22	20	35	0,052	432	0,37	81

Matjordens egenskaper i åkermarken i Norrbottens län. Alla halter är angivna per jordens torrsubstans

Properties of the plough layer of arable land in Norrbotten County. All concentrations are give per unit soil dry matter

	Humus- halt, %	Kväve, %	C/N- kvot	Svavel, %	Karbo- natkol, % CaCO ₃	pH	P-AL mg 100 g ⁻¹	PHCI
Antal	22	19	19	19	19	22	19	19
Min värde	1,8	0,09	10	0,015	0	4,3	2,4	60
Max värde	19,7	0,76	17	0,309	0	7,0	18,0	176
Medelvärde	5,5	0,23	13	0,062	0	5,9	8,1	102
Stdav.	4,1	0,16	2	0,083	0	0,7	3,9	29
Percentiler:								
10 %	2,6	0,13	10	0,017	0	5,0	4,4	68
25 %	3,2	0,15	11	0,021	0	5,7	5,8	85
50 %	3,9	0,17	12	0,024	0	5,9	7,1	95
75 %	5,7	0,24	15	0,045	0	6,3	9,3	121
90 %	10,5	0,40	16	0,160	0	6,5	12,7	138

	P-AL/ PHCI- kvot	Utbytbara katjoner, % av CEC _{eff}				CEC _{eff} cmol(+) kg ⁻¹	Effektiv basn.grad %	As mg kg ⁻¹
		Ca %	Mg %	K %	Aciditet %			
Antal	19	19	19	19	19	19	22	
Min värde	0,04	43	3,7	1,4	0,5	4	1,0	
Max värde	0,22	89	34,8	12,6	45,1	13	15,1	
Medelvärde	0,08	69	11,4	3,7	14,8	8	5,9	
Stdav.	0,05	13	6,9	2,7	15,5	3	3,9	
Percentiler:								
10 %	0,04	53	5,4	1,6	1,3	4	1,6	
25 %	0,05	59	7,5	2,2	2,6	5	3,0	
50 %	0,06	70	10,3	3,0	6,8	7	5,1	
75 %	0,10	80	13,8	4,2	28,9	10	8,2	
90 %	0,16	84	16,8	5,6	36,1	13	10,9	

	B	Pb	Cd	Cu	Cr	Hg	Mn	Se	Zn
	mg kg ⁻¹								
Antal	19	22	22	22	22	22	22	19	22
Min värde	0,06	4	0,03	4	5	0,012	93	0,07	15
Max värde	0,37	15	0,30	29	45	0,036	762	0,36	87
Medelvärde	0,19	8	0,11	13	23	0,024	305	0,16	45
Stdav.	0,09	3	0,06	7	9	0,007	162	0,09	17
Percentiler:									
10 %	0,09	5	0,06	6	13	0,014	140	0,07	23
25 %	0,12	5	0,08	8	17	0,019	196	0,09	30
50 %	0,17	8	0,10	12	22	0,024	276	0,14	49
75 %	0,26	10	0,13	17	30	0,030	377	0,21	56
90 %	0,29	11	0,14	22	35	0,035	493	0,29	60

RAPPORT 4778

Tillståndet i svensk åkermark

Current status of Swedish arable soils

ÅKERMARKENS TILLSTÅND har formats under lång tid. Alltsedan istidens slut har vittring och andra kemiska och biologiska processer påverkat markens kemiska tillstånd. Under senare tid har även människan inverkat genom markanvändning och indirekt genom yttre påverkan. För att få en bild av den svenska åkermarkens nuvarande kemiska status genomfördes under 1994-1995 en systematisk kartering av åkermarken inom ramen för svensk miljöövervakning. Sammantaget insamlades ca 3 100 matjords- och 1 700 alvprov från provplatser slumpmässigt fördelade över Sveriges åkerareal. Dessa analyserades därefter med avseende på såväl viktiga produktionsfaktorer som t.ex. näringstillstånd, pH, och humustillstånd som på förekomst av oönskade tungmetaller.

Generellt är produktionsförmågan god i svensk åkermark. Kartorna i rapporten indikerar med hög geografisk upplösning bördighetstillståndet i landets olika regioner. Metallhalterna i svensk åkermark har ökat sedan sekelskiftet. Då provtagningarna utförts på olika djup kan påverkan från naturliga respektive antropogena källor särskiljas. Åkermarkens naturliga tungmetallhalt är en viktig information bl.a. i samband med att frågor om användning av avloppsslam skall prövas.

ISBN 91-620-4778-7

ISSN 0282-7298

NATURVÅRDSVERKET FÖRLAG