

Metoder

PROVTAGNING OCH PROVBEREDNING

Morän från sparade provrester från tidigare karteringsaktiviteter vid SGU, tillsammans med nya moränprov från tidigare inte undersökta områden, har använts för denna atlas. Ett provtagningsnät för hela landet definierades med 12,5 km mellan provlokaler vilket gett en provtäthet av 1 prov per 150 km² (fig. 8). Proven är tagna (grävda med spade) från C-horisonen på ett djup av ungefär 0,8 m där moränen vanligen inte har störts av vittring. Sandig morän dominerar, speciellt i områden ovanför högsta kustlinjen, men kan variera från lerig till grusig. Ungefär 0,8 kg prov frys- eller vakuumtorkades och siktades till finfraktionen <63 µm med nylonsikt. Provuppsättningen utgjordes av 2 578 moränprov och ytterligare 153 standardprov för analys och kvalitetskontroll.

KEMISKA ANALYSER

Proven lakades med kungsvatten och lösningen analyserades med ICP-MS. Denna teknik ger hög kvalitet på analyserna av element som förekommer i såväl låga som höga halter. Hur väl ett element kan lösas med syra styrs till största delen av provets mineralogi. Barium, som är strukturellt bundet i fältspatmineral som vanligen är vittringsresistenta, ger låga koncentrationer. Om barium istället är adsorberat på ytan av lermineral löser det sig lättare vilket ger högre koncentrationer i analysresultatet. Genom att använda partiell syralakning speglar analysresultaten mobiliteten hos elementen.

Kungsvattenlakning

Moränproven analyserades på ALS Scandinavia AB i Luleå. Två gram prov blandades med 20 ml kungsvattenlösning och analyserades med induktivt kopplad plasmasektorfältsmasspektrometer (ICP-SFMS).

Metoden hos ALS är optimerad för att ge data för grundämnen med ett brett koncentrationsintervall. För att klara av detta är detektionsgränserna i regel höga. För ett antal grundämnen som vanligtvis förekommer i låga halter i morän (Ag, Au, Pd, Pt, Re, Rh, Ta och Te) hamnar merparten av resultaten under detektionsgränsen. Därför har en separat analys av Ag, Au, Rh, Ta och Te gjorts på det geokemiska laboratoriet vid SGU med en metod som är optimerad för grundämnen med låga koncentrationer. SGU-metoden liknar ALS-metoden men använder 5 g prov i 20 ml kungsvatten. Lösningen innehåller därför högre nivåer av element som förekommer i låga halter vilket ger en noggrann bestämning av grundämnen ned till miljarddelar (ppb) i provet.

Methods

SAMPLING AND PREPARATION

Archived till samples from earlier mapping activities at the Geological Survey of Sweden (SGU), together with new, low-density sampling in previously non-surveyed areas, have been used for the atlas. A sampling grid was defined for the whole country with a distance of 12,5 km between sites, yielding a sampling density of 1 sample per 150 km² (Fig. 8). Samples were collected (hand-dug) from the C-horizon at a depth of approximately 0,8 m, where the till is generally not disturbed by weathering. Sandy till dominates, especially in areas above the highest coastline, but the till can vary from clayey to coarse grained. Approximately 0,8 kg of sample was freeze or vacuum dried and sieved with a nylon screen to a fine fraction <63 µm. The sample set consisted of 2 578 till samples with an additional 153 standards for analyses and quality control.

CHEMICAL ANALYSES

Samples were leached in aqua regia and the leachate analysed on an ICP-MS. This technique permits high quality analyses of elements occurring in both low and high concentrations. The leachability of an element is strongly controlled by the mineralogy of the sample. Barium, for example, which is structurally bound within feldspar minerals, is generally resistant to leaching and returns low concentrations. If, however, barium is adsorbed onto the surface of clay minerals, it dissolves more easily, yielding higher concentrations in the final result. The results from the partial leaching method reflect the mobility of the elements.

Aqua regia leach

The till samples were analysed at ALS Scandinavia AB in Luleå. Two grams of sample were mixed with 20 ml of aqua regia acid solution and analysed by an inductively coupled plasma sector field mass spectrometer (ICP-SFMS).

The ALS method is optimised to provide data for elements with a wide range of concentrations. In order to accommodate this, the detection limits are generally quite high. For a number of elements that usually occur in low concentrations in till (Ag, Au, Pd, Pt, Re, Rh, Ta and Te), this places almost all of the data below detection limit. Therefore, a separate analysis for Ag, Au, Rh, Ta and Te was carried out at the geochemical laboratory at SGU with a method optimised for low concentration elements. The SGU method is broadly similar to the ALS method but uses 5 g of sample in 20 ml of aqua regia acid solution. The leachate therefore contains higher levels of low concentration elements, allowing for accurate determination of these elements down to a few parts per billion (ppb) in the sample.

pH

Fyra gram torkat moränprov av fraktionen <63 µm blandades med 20 ml avjoniserat vatten (MilliQ®), och efter 48 timmar mättes pH med en elektrod av märket Radiometer CDM83 i ett system av typen MeterLab® pHM240 på SGU. pH har mätts sedan 1983 men inte för varje moränprov under de första tio åren. Ett provtagningsnät för atlasen kunde ändå konstrueras med ungefär samma avstånd mellan lokalerna som i datasetet för de kemiska analyserna. 2 614 prov analyserades med avseende på pH.

STATISTISKA METODER

Statistiska metoder har använts för att karaktärisera typ och distribution av erhållna geokemiska data. Tabeller med grundläggande statistik (morän), beräknade percentiler (morän och jordprov från betesmark) och korrelationskoefficienter (morän) finns i Appendix 1. En grafisk framställning av resultat för varje grundämne presenteras med varje kartbeskrivning.

Tabeller med grundläggande statistik inkluderar följande parametrar: medel, median, minimum, maximum, lägre kvartil (25:e percentilen), övre kvartil (75:e percentilen), standardavvikelse, variationskoefficient och detektionsgräns samt procentuell andel analysvärden under detektionsgränsen, se tabell 1, Appendix 1.

Beräknade percentiler för morän och betesmark visas i tabell 2–3, Appendix 1. En uppdelning i sju klasser har använts: 10:e, 30:e, 50:e, 70:e, 90:e, 95:e och 99:e percentilen, där 50:e percentilen utgör medianvärdet och 90:e percentilen indikerar att 10 % av data har högre koncentrationer än det givna värdet. Som tillägg finns i tabellerna den generella detektionsgränsen och den aktuella kvantifieringsgränsen för moränprov samt den praktiska detektionsgränsen för jordprov från betesmark.

För att presentera den statistiska korrelationen mellan grundämnen (bivariat korrelation) har koefficienter enligt Spearmans rangkorrelation beräknats (tabell 4, Appendix 1). Grundämnen med en hög andel analysvärden under kvantifieringsgränsen samt sällsynta jordartsmetaller (med undantag av Ce, La och Eu) har uteslutits. Korrelationsmatrisen för sällsynta jordartsmetaller presenteras separat (tabell 6, Appendix 1).

Till varje moränkarta hör ett kombinerat diagram med ett histogram, ett endimensionellt spridningsdiagram och en boxplot (fig. 9) samt ett kumulativt sannolikhetsdiagram (P-P-plot, fig. 9). Koncentrationer för grundämnen (x-axeln) på dessa diagram plottas med logaritmisk skala vilket möjliggör en relativt symmetrisk distribution av staplarna. Median-, maximum- och minimumvärden presenteras tillsammans med avvikande värden (outliers) i en boxplot. Det endimensionella spridningsdiagrammet ger kompletterande information om analysdata.

Sannolikhetsdiagrammet (P-P-plot) visar frekvensfördelningen och anpassningen av den teoretiska fördelningen mot observerade data. I sannolikhetsdiagrammen plottas den observerade kumulativa fördelningen mot den teoretiska kumulativa fördelningen.

DATABASHANTERING OCH KARTFRAMSTÄLLNING

Alla kartor för morän och betesmark har framställts i programvara från Esri. Moränanalyserna har interpolerats med en rutin som heter pointinterp i modulen GRID (ArcInfo for Workstation), medan betesmarksdata har interpolerats med metoden IDW (inverse distance weighted) i ArcMap 10.1 for Desktop.

För att klassificera data för morän och betesmark har 10:e, 30:e, 50:e, 70:e, 90:e, 95:e och 99:e percentilerna använts, och varje färgbox

pH

Four grams of till sample (<63 µm) was mixed with 20 ml deionised water (MilliQ®), and after 48 hours the pH was determined by a Radiometer CDM83 electrode on a MeterLab® pHM240 system at SGU. pH has been measured since 1983, but not for each till sample during the first ten years. The sampling density for the atlas regarding pH could still be constructed with approximately the same distance between the sampling points as the dataset for the chemical analyses. 2 614 samples have been analysed for pH.

STATISTICAL METHODS

Statistical methods have been used to characterise the type and distribution of the geochemical data obtained. Tables with basic statistics (till), percentiles (till and grazing land soil) and correlation coefficients (till) are presented in the Appendix 1. A graphical presentation of statistical results for each element is presented together with the map description.

The tables with basic statistics include the following parameters: mean, median, minimum, maximum, lower quartile (equal to 25th percentile), upper quartile (equal to 75th percentile), standard deviation and coefficient of variations as well as detection limits and percentage of analyses under detection limit (Table 1, Appendix 1).

Calculated percentiles for till and grazing land are shown in Tables 2–3, Appendix 1. A seven-class division has been applied: 10th, 30th, 50th, 70th, 90th, 95th and 99th percentile, where the 50th percentile equals the median value and the 90th percentile indicates that 10% of the data has higher concentrations than the given value. Additionally, the general detection limit, the actual limit of quantification for till samples and the practical detection limit for grazing land is shown.

In order to present the statistical correlation between elements (bivariate correlation), Spearman's rank correlation coefficients have been calculated (Table 4, Appendix 1). Elements with analyses below the limit of quantification and the rare earth elements (with the exception of Ce, La and Eu) have been excluded from the table. The correlation coefficients for rare earth elements are presented separately (Table 6, Appendix 1).

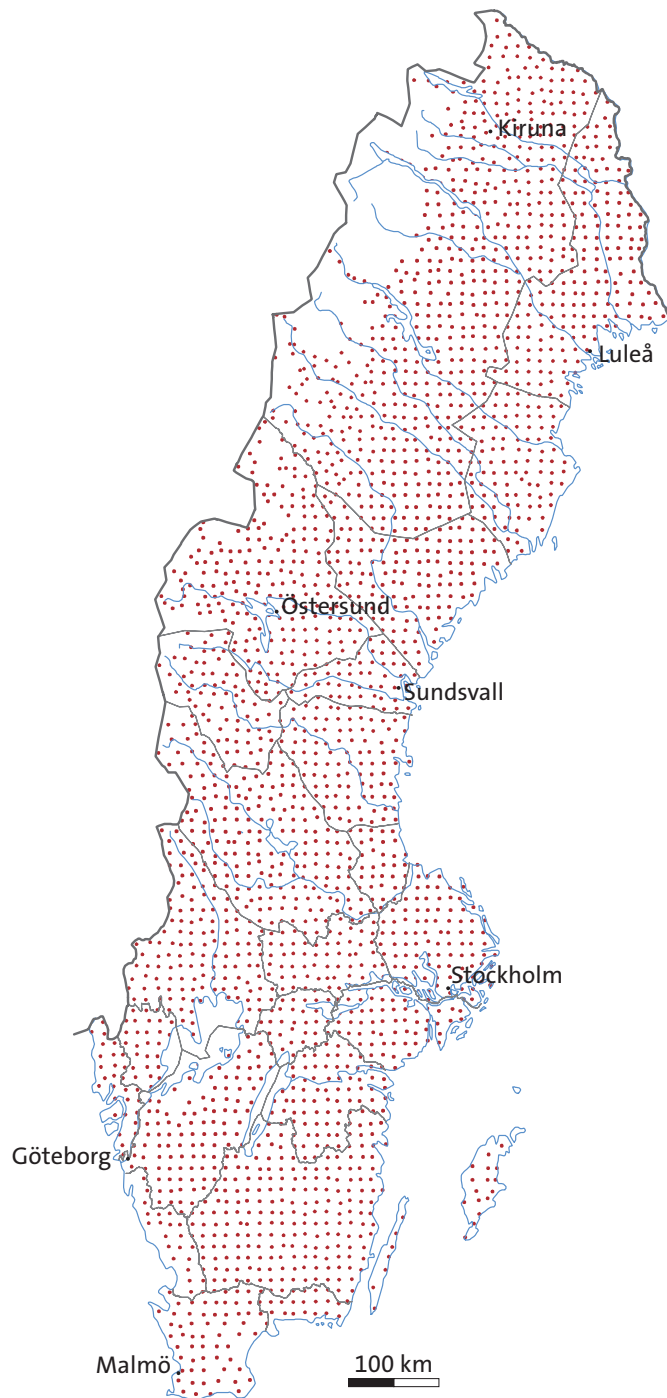
Each till map is accompanied by a combined diagram with a histogram, a one-dimensional scatter plot and a boxplot (Fig. 9), and a cumulative probability plot (P-P plot, Fig. 9). Element concentrations (x-axis) on these diagrams are plotted in logarithmic scale, which enables a relatively symmetric distribution of data intervals. The median, maximum and minimum values, together with outliers, are graphically presented in a boxplot. A one-dimensional scatter plot for each element provides complementary information about the distribution of data.

The cumulative probability plot (P-P plot) shows the frequency distribution and the fit of a theoretical distribution to the observed data. In a P-P plot, the observed cumulative distribution function is plotted against the theoretical cumulative distribution.

DATABASE MANAGEMENT AND MAP PRODUCTION

All maps for till and grazing land have been produced in software from Esri. The till data have been interpolated with a function called pointinterp in the module GRID (ArcInfo for Workstation), whereas the grazing land data have been interpolated with the inverse distance weighted method (ArcMap 10.1 for Desktop).

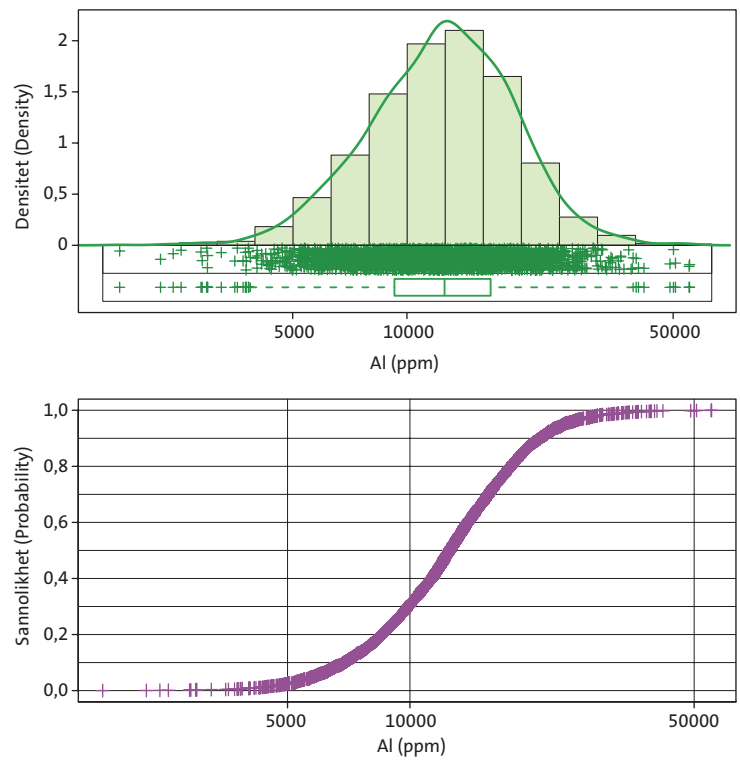
To classify the data for till and grazing land, the 10th, 30th, 50th, 70th, 90th, 95th and 99th percentiles were applied so that each col-



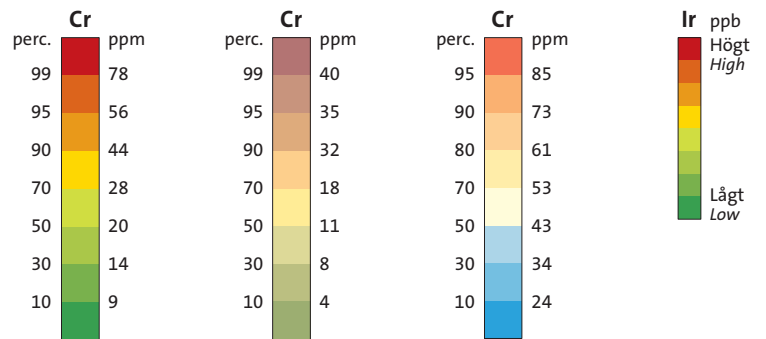
Figur 8. Platser för moränprov i atlasen. Antal prov: 2 578. Provtagningsstäthet: 1 prov per 150 km².
Locations of till samples used in the atlas. Number of samples: 2 578. Sample density: 1 sample per 150 km².

representerar ett percentilintervall (fig. 10). För bäckvattenväxter har 10:e, 30:e, 50:e, 70:e, 80:e, 90:e och 95:e percentilerna använts (fig. 10).

Om extremvärden har haft en tydlig effekt på kartornas utseende, har de högsta analysvärdena ersatts under interpolationen med nya, lägre extremvärden för att minska den grafiska effekten. Värden som understiger halva detektionsgränsen presenteras med det lägsta färgintervallet. Vissa grundämnen som har många värden under detektionsgränsen har tilldelats intervall i en relativ skala från lågt till högt (fig. 10).



Figur 9. Överst exempel på ett kombinerat diagram. Under visas ett exempel på ett sannolikhetsdiagram (P-P-plot).
On top is an example of a combined diagram. Below is an example of a cumulative probability plot (P-P-plot).



Figur 10. De färgade staplarna visar från vänster percentilindelningar som används på en moränkarta, en karta över jordbruksmark och en biogeokemisk karta. Färgstapeln längst till höger används på moränkartor baserade på element med hög andel analysvärden under detektionsgränsen.
The colour scales used for geochemical maps is defined by percentiles calculated for, from the left, till, grazing land and water plants. The colour scale to the right is used on till maps based on elements with a high proportion of analytical values below the detection limit.

our box represents one percentile interval (Fig. 10). Colour boxes for stream plants were characterised by the 10th, 30th, 50th, 70th, 80th, 90th and 95th percentile (Fig. 10).

If any extreme values had a pronounced effect on the maps, the highest values have been replaced during the interpolation by new, lower extremes to smooth the graphical representation. Values lower than half of the detection limit are represented by the lowest colour interval in the legend. Elements with a high percentage of results below the detection limit are presented with a relative scale (Fig. 10).



Ett prov tas från morän. Det ljusa materialet är uppgrävt från C-horisonten och gropen rensas och förbereds för provtagning.
Till sampling. The light-coloured material is from the C-horizon and the pit is prepared for sampling.

Foto: Madeira-Andersson.