

Rapporter och meddelanden 111

# Vittring i morän inom ett mindre område i Bergslagen

Sven Snäll



**SGU**

Sveriges Geologiska Undersökning  
Geological Survey of Sweden



Rapporter och meddelanden 111

# Vittring i morän inom ett mindre område i Bergslagen

Sven Snäll

Weathering of till within a small area of Bergslagen,  
south-central Sweden

ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-676-8

Omslagsbild: Skogsmark liknande den som förekommer i vissa delar av undersökningsområdet.  
Foto Esko Daniel, 2000.  
*Forest area similar to that found in several parts of the study area.*

© Sveriges Geologiska Undersökning

Layout: Agneta Ek, SGU  
Tryck: Elanders Tofters, 2002

## INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord.....	4
Sammanfattning.....	4
Abstract.....	5
Bakgrund och syfte.....	6
Område för studien.....	6
Provtagning.....	8
Analys.....	8
Analysresultat.....	9
Kornstorlek.....	9
Jordartssammansättning i de djupare profilerna.....	9
Jordlagrens densitet.....	14
Densitet och innehåll av organiskt material i de grundare profilerna.....	15
Mineralfördelning i bergrunden och i C-horisonten i de djupare profilerna.....	15
Mineralfördelning i de grundare profilerna.....	16
Kemisk och mineralogisk sammansättning i olika delar av de djupare profilerna.....	17
Fingrusmaterialets korndensitet.....	22
Kvantifiering av vittring i gruskorn utifrån densitetsminskningen.....	26
Kvantifiering av vittring utifrån mineralfördelningen i profilerna.....	27
Vittring i de djupare profilerna.....	27
Vittring i matrix.....	27
Vittring i fingrusfraktionen.....	29
Vittring i de grundare profilerna (rutnätsprovtagningspunkterna).....	30
Diskussion.....	33
Allmänt.....	33
Moränerna i området.....	34
Vittringsintensitet.....	34
Total vittring.....	35
Faktorer som påverkar vittringen.....	35
Jämförelser av uppgifter om skogsmarken och vittringsdata.....	43
Jämförelser med vittringen i andra områden.....	44
Sammanfattning och slutsats.....	44
Summary and conclusions.....	45
Referenser.....	46
Bilaga 1.....	48
Bilaga 2.....	51

## Förord

Vittringsstudierna i ett område 6 km NO om Nora i Bergslagen påbörjades 1998 med provtagning av de djupare profilerna (tre profiler) och start av analysarbetet på provmaterialet. Analyserna av djupprofilerna slutfördes och resultaten utvärderades under 1999.

Det visade sig att resultaten inte var helt entydiga varför medel söktes för en mera yttäckande undersökning av området. I denna undersökning skulle enligt plan inledningsvis enbart material ur grusfraktionen analyseras. Den yttäckande provtagningen ägde rum under försommaren 2000 och analyserna av grusmaterialet genomfördes under hösten.

Analysresultaten visade att det var stora skillnader i vittringspåverkan i jordlagren inom området. För att få en bättre bild av vittringen utvidgades därför undersökningen även till studier av matrixmaterialet. Detta material insamlades vid provtagningen sommaren 2000. Analys av detta

material och en samlad utvärdering av alla data från området genomfördes 2001.

För lämnade synpunkter på manuskriptet får härmed ett hjärtligt tack framföras till laborator Carl-Magnus Backman och statsgeolog Lars-Ove Lång, båda vid SGU. Ett särskilt tack riktas till docent Per-Arne Melkerud vid institutionen för skoglig marklära, SLU, för en mycket ingående genomgång av manuskriptet och därvid givna rekommendationer om förbättringar av detsamma.

För hjälp med provtagning tackar jag statsgeolog Mattias Göransson vid SGU och studenterna Anna Bohlin och Staffan Petré från Uppsala universitet. Jag tackar också statsgeolog Mikael Carlsson och 1. byråingenjör Ingemar Källberg vid SGU med vars hjälp kartorna i rapporten tagits fram.

Sven Snäll

Uppsala 2002-04-30

## Sammanfattning

Textur, mineralogisk sammansättning och vittringspåverkan har studerats i morän inom ett mindre höjdområde utanför Nora i Bergslagen med enhetlig berggrund (metavulkanit). Provtagning har utförts i tre 50–60 cm djupa profiler, en i centrala delarna av området, en i sydvästslutningen och en i nordostslutningen av området samt i 35 grundare profiler i ett rutnätsmönster med ca 200 m mellan provtagningspunkterna. Matrix (fraktion <2 mm) och fingrusfraktionen (2–5,6 mm) av moränen har analyserats.

Undersökningsområdet ligger ovanför högsta kustlinjen på en höjd av 175–220 m ö.h. Moränen är blockfattig och siltig (moig) i större delen av området, men inom delar av området, i slutningarna, särskilt i östslutningen och lokalt i någon höjdrygg finns också betydande partier med grövre morän (grusig-sandig).

Den mineralogiska sammansättningen i moränens matrix skiljer sig i allmänhet distinkt från berggrundens mineralogiska sammansättning. Det är framför allt i kvarts och plagioklashalterna som de största skillnaderna har observerats. Moränen har klart högre kvartshalt men lägre plagioklashalt än den lokala berggrunden. Endast en av profilerna har ungefär samma mineralogiska sammansättning som den lokala berggrunden. I övriga profiler har moränmaterialet ett mer eller mindre avlägset ursprung.

Kvarts och plagioklas utgör huvudmineralen i den siltiga moränen även om kalifältspat utgör ett väsentligt inslag. I den sydöstra delen av området dominerar plagioklashalten än mer över kalifältspaten.

I den grovkorniga moränen i den branta östslutningen

av höjdområdet är kvartshalten klart lägre än i den siltiga moränen. Än lägre kvartshalt har den lokala moränen med bara 30 % kvarts i matrix jämfört med 45–60 % kvarts i den siltiga moränen.

Kvartsanrikningen i de övre markhorisonterna har använts som ett av måtten på vittringen. Försök har också gjorts att bestämma vittringen utifrån densitetsminskning hos gruskornen i profilerna. I många av profilerna kan vittringspåverkan nästan enbart uppmätas i markens urlakningshorisont (E-horisonten) med den tillämpade metodiken. I de mest vittrade profilerna är även materialet från översta delen av B-horisonten starkt vittringspåverkat. Fingrusmaterialet är mer vittringspåverkat än matrix. I kvantitativa termer utgör dock bidraget från fingrusfraktionen till den totala vittringen bara en mindre del då grushalten är låg i jämförelse med finjorden i moränen.

Stora variationer i vittringspåverkan har observerats inom området. Den starkaste vittringspåverkan har uppmätts i den lokala moränen. Som mest har 36 kg/m<sup>2</sup> vitttrat bort (efter senaste istiden) av materialet <5,6 mm från de översta markskikten (0–10 cm djup), därav 8,3 kg/m<sup>2</sup> från fingrusmaterialet (fraktion 2–5,6 mm). I den starkt vittringspåverkade siltiga moränen i sydostligaste delen av området har som mest 33 kg/m<sup>2</sup> vitttrat bort, men här utgör bidraget till vittringen från fingrusfraktionen bara 3,6 kg/m<sup>2</sup>. Betydligt mindre mängd material är bortvitttrat till motsvarande djup i den siltiga moränen som täcker större delen av området, bara hälften av ovan angivna värden och i många profiler ännu mindre.

## Abstract

Texture, mineralogical composition and weathering of till were studied within a small hill area near the town of Nora in Bergslagen, 170 km W of Stockholm. Sampling was carried out in a 1 km<sup>2</sup> grid with approx. 200 m between sampling sites at depths of 0–5 cm, 5–10 cm and 10–30 cm. In addition, three deeper profiles, 50–60 cm, were taken within the area, one within the grid in the centre of the area, the others outside the grid, on the NE and SW slopes of the hill. The matrix (<2 mm) and fine gravel (2–5.6 mm) fractions of the soil profiles were used for the analysis.

The area was chosen on the basis of information about bedrock geology. The requirement was homogeneous bedrock throughout the area and in the direction from which the continental ice sheet moved across the area. This was to ensure as simple a till petrography as possible for the purpose of measuring variations in weathering at different sampling sites in the terrain.

The bedrock in the area is a dacitic to quartz-andesitic metavolcanite of Proterozoic age (Lundström 1983). The rock is fine-grained and uniform, containing up to 2 mm large phenocrysts in a matrix with a grain size of 0.1–0.6 mm (op.cit.). The till is silty with a low frequency of boulders, and according to maps (Magnusson 1977) homogeneous over a large part of the area. However, on the steep eastern slopes of the hill area and locally in smaller ridges within the area, gravelly tills occur.

The area is situated 175–220 m a.s.l., above the highest shoreline since deglaciation, which is found at 170 m a.s.l. in this area (Magnusson 1978). The till has been exposed to weathering since deglaciation 10 300 years BP (Fredén 1994).

Quartz and plagioclase are major minerals both in the till and in the bedrock. According to the description of the bedrock map (Lundström 1983), microcline and biotite are also usually present in variable amounts. In two bedrock samples from the study area analysed in the present study, microcline was not found.

The mineralogical composition of the till usually differs from that of the bedrock of the area. The quartz content is higher and the plagioclase content lower in the till than in the bedrock. The microcline content might be similar to that of the bedrock. Biotite was not found in the till, but “biotite-like” crystals in the till were identified as vermiculite. Only in one of the profiles is till mineralogy similar to that of the local bedrock, with a very high content of plagioclase and no microcline. The differences in composition between bedrock and till indicate that most of the till

material has been transported into the area from elsewhere by the continental ice sheet.

The quartz content of the bedrock is between 25 and 35 weight percent and the plagioclase content from about 30 up to around 70 weight percent. In the matrix (<2 mm fraction) of the till, the quartz content is most frequently between 45 and 60 weight percent and the plagioclase content in the range 25–30 weight percent. The matrix of the gravelly till is poorer in quartz than that of the silty till. The local till contains only 30 weight percent, i.e. a similar proportion to the bedrock. Fine gravel grains (fraction 2–5.6 mm) in the till have a somewhat lower quartz content and a higher plagioclase content (cf. Fig. 7).

Weathering in the soil profiles was measured on the basis of enrichment of quartz in the uppermost parts of the soil. Weathering was assumed to be zero in the depth interval 10–30 cm (upper B horizon) for the profiles within the grid, and in the C horizon of the deeper profiles (Born NE, Born C and Born SW). In addition, reduction of the density of gravel grains was also tried as a measure of weathering in the soil profiles.

In many of the profiles, the applied methods of determination indicate that weathering has almost only occurred in the leached layers (E horizons) of the podzol profiles. However, in the most weathered profiles the uppermost parts of the B horizon are also intensely weathered. Weathering is more intense in the gravel grains of the soils than in the matrix. In quantitative terms, however, the contribution of the gravel fraction to total weathering is relatively low in most of the profiles. This is because this fraction represents only a small part of the soil mass, much smaller than the matrix.

Large variations in weathering were found within the study area. The strongest weathering was found in the profile taken in the local till (profile C5). Since the latest glaciation, a soil mass of 36 kg/m<sup>2</sup> has been leached from material <5.6 mm as a result of weathering in the upper part (depth 0–10 cm) of the profile. 8.3 kg/m<sup>2</sup> has been lost from the fine gravel fraction (2–5.6 mm) and 28.1 kg/m<sup>2</sup> from the matrix (cf. Table 19). Strong weathering was also found in the silty till in the southeasternmost part of the area (profile B1), where 33 kg/m<sup>2</sup> soil material has been leached away. In this profile, the contribution of the gravel fraction is only 3.6 kg/m<sup>2</sup>. In most of the area, weathering is much less pronounced. In the silty till covering the central, northern and western parts of the area, mass losses due to weathering are only half or less than the figures given above.

## Bakgrund och syfte

Vittring är ett samlingsbegrepp för sönderdelning och nedbrytning av bergarter och mineral. Det förekommer flera typer av vittring: fysikalisk, kemisk och biologisk vittring. Ofta samverkar de olika processerna. Den kemiska vittringen är en av de mera fundamentala processerna i naturen genom att den frigör joner från mineralen i jordarterna och bergarterna. Jonerna kan sedan tas upp av växter eller via markvattnet tillföras grundvattnet.

Sedan ett symposium om vittring anordnades i regi av institutionen för skoglig marklära, SLU, i Garpenberg 1984 har ett flertal studier i ämnet genomförts. Det vanliga har varit att bestämma vittringen i enstaka markprofiler i olika delar av Sverige, över viss berggrund (t.ex. Olsson & Melkerud 1991 och Snäll & Ek 2000) eller i valda avrinningsområden (t.ex. Land m.fl. 1999). Genom model-

lering (Sverdrup m.fl. 1992) har vittringen använts vid bestämning av kritiska belastningsgränser för det regionala nedfallet av försurande ämnen i skogsjordar. Föreliggande arbete skiljer sig från de övriga genom att provtagningen skett inom ett 1 km<sup>2</sup> stort område, i 36 provtagningspunkter med ca 200 m intervall mellan punkterna i ett rutnät. Även tre djupare profiler har grävts, en i det samlade provtagningsområdet och två en bit utanför.

Syftet med studien har varit att undersöka hur vittringen varierar i olika terränglägen inom ett ur petrografisk synpunkt förmodat homogent område. Det vanliga vid vittringsstudier är annars att profilerna grävs i flack terräng för att enbart få vertikala rörelser hos markvattnet i profilerna, för att undvika ämnestransporter från sidorna.

## Område för studien

Studien har genomförts i ett höjdområde (175–220 m ö.h.), 6 km nordost om Nora i Bergslagen (fig.1). Koordinater (i rikets nät) för SV-hörnet i rutnätet är 1458700/6604500 och för NO-hörnet 1459700/6605500. För de djupare profilerna är koordinaterna 1459075/6603950 175 m ö.h. (Born SW), 1459150/6605100 210 m ö.h. (Born C) och 1459675/6606250 190 m ö.h. (Born NE). Samtliga provtagningspunkter ligger ovanför högsta kustlinje som Magnusson (1978) bestämt till 170 m ö.h. i detta område.

Området har varit exponerat för vittring sedan senaste inlandsisen drog sig tillbaka från området för 10 300 år sedan (Fredén 1994).

Valet av område gjordes utifrån geologiska kriterier. Det skulle finnas en morän uppbyggd av en i huvudsak finkornig bergart lämpad för korndensitetsbestämningar i fingrusfraktionen. Detta för att mera ingående pröva en metodik för vittringsstudier som tillämpats i ett tidigare FoU-projekt vid SGU (Ek & Snäll 1997). Enligt den berggrundsgeologiska kartan (Lundström 1979) är berggrunden mycket enhetlig inom området och även i den riktning från vilken inlandsisen rört sig från NNV (Magnusson

1978) in över området (åtminstone i 4 km). Den utgörs av en dacitisk till kvartsandesitisk finkornig metavulkanit som innehåller upp till 2 mm stora strökorn i en finkornig mellanmassa med kornstorlek 0,1–0,6 mm (Lundström 1983). En mindre granitförekomst finns söder om det tätt provtagna området, nära profil Born SW (se fig. 1). Jordartskartan anger en homogen sandig-moig morän (Magnusson 1977).

Inom området är berggrunden blottad på flera ställen. Många blottningar av berggrunden finns i östsluttningarna av höjdområdet. I branterna mot öster är blottningarna fler än jordartskartan anger. Uppe i höjdområdet är jordtäcket tunt, bara 20 cm till 40 cm vid många punkter där provtagning genomfördes.

Till större delen är området bevuxet med tallskog, men det finns också inslag av gran som dominerande trädslag i vissa delar av området. I området bedrivs ett aktivt skogsbruk. Ståndortsindex varierar från T14 till T26 respektive G26 (uppgifter från skogsvårdsstyrelsen i Lindesberg) motsvarande en skogstillväxt av 2,4, 6,8 och 7,9 m<sup>3</sup>sk/ha.år (Hägglund & Lundmark 1987).

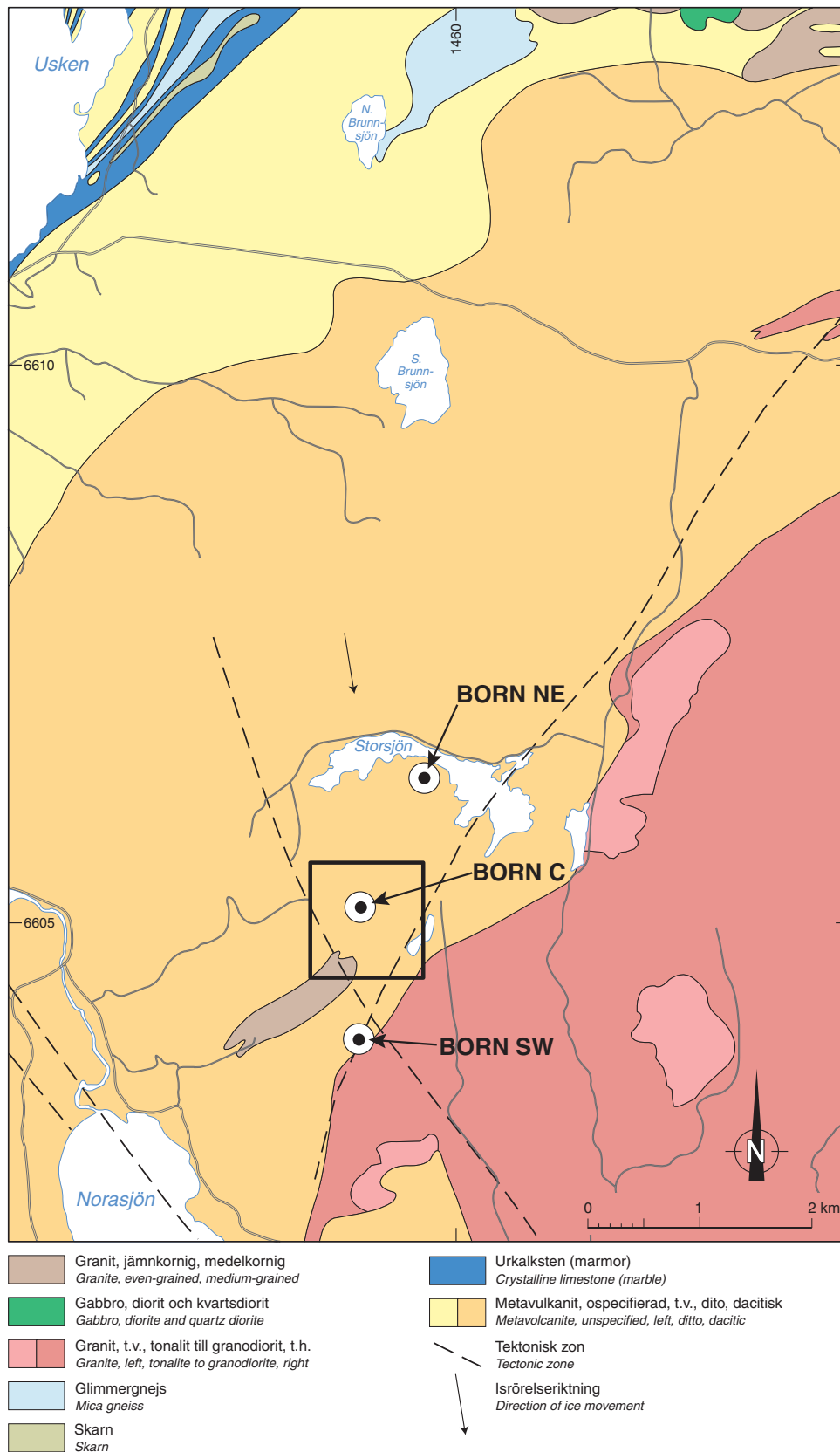


Fig. 1. Förenklad berggrundskarta över delar av kartbladet 11F Lindesberg SV efter Lundström (1979). Det inramade området visar läget för den tätare provtagningen.

*Simplified bedrock map covering parts of the map sheet 11F Lindesberg SW, after Lundström (1979). The square marks the area of dense sampling.*

## Provtagning

Provtagningarna utfördes i två omgångar, år 1998 (de tre djupare profilerna) och år 2000 (provtagningen i rutnät). För att kunna genomföra vittringsberäkningar uttogs volymbestämda prov med hjälp av cylindrar av rostfritt stål med diameter 7,2 cm och höjd 5 cm (203,47 cm<sup>3</sup>). Cylindrarna pressades ned i underliggande jordlager sedan markytan avjämnats för varje provtagningsintervall.

I de djupare profilerna uttogs prov med 5 cm intervall från och med E-horisonten genom B-horisonten ned i C-horisonten av profilerna. För volymviktbestämningarna uttogs en cylinder för varje djupintervall i profilerna Born NE och Born SW och i profil Born C två cylindrar för varje djupintervall. Från E-horisonten, översta 5 cm av B-horisonten och från C-horisonten utgrävdes en större provmängd (4–8 kg) för de olika analyserna.

Den tätare provtagningen i rutnät utfördes med ledning av erfarenheter och resultat från provtagningen av profi-

lerna, nämligen att merparten av vittringen i området skett i de översta 10 cm av mineraljorden. För att hålla kostnaderna för projektet inom en rimlig nivå provtogs bara tre nivåer av mineraljorden i varje provpunkt. Volymbestämda prov (fem cylindrar för varje nivå) uttogs inom djupintervallet 0–5 cm (vanligen E-horisonten) och 5–10 cm (vanligen översta delen av B-horisonten) samt ett icke volymbestämt prov från 10 cm till ca 30 cm djup (B-horisonten) med hjälp av spade.

Två påsar uttogs av det icke volymbestämda materialet från B-horisonten i varje provtagningspunkt inom rutnätet. Materialet ur den ena påsen (1–2 kg) våtsiktades i fält genom en 2 mm sikt för anrikning av grusfraktionen för senare densitetsbestämningar. Materialet i den andra påsen (0,8–2,3 kg) togs till laboratoriet för kornstorleksanalys och mineralogisk analys.

## Analys

Ett flertal analyser har utförts på det insamlade provmaterialet såsom kornstorleksanalys, densitetsbestämning, kemisk analys och mineralogisk analys.

Fullständiga kornstorleksanalyser har utförts (enl. rutiner vid SGU) enbart på material från C-horisonterna i de djupare profilerna. I övriga prover har enbart viktproportionerna mellan matrix, fingrus och mellangrus bestämts.

I de tre djupare profilerna har innehållet av organiskt material bestämts gravimetriskt utifrån viktförlust efter våtoxidering av det organiska materialet med NaClO<sub>4</sub> (Cassidy & Mankin 1960). Innehållet av amorfa järn- och aluminiumoxider i markprofilerna har bestämts gravimetriskt sedan proven lakats med citrat-bikarbonat-ditionit (Mehra & Jackson 1960). I provmaterialet från profil Born C bestämdes dessutom halterna av utlakat järn och aluminium separat genom kemisk analys (se nedan). I provtagningarna inom rutnätet bestämdes halten organiskt material på basis av glödningsförlust efter förbränning av materialet i ugn (ca 4 tim) vid 450°C. Mellan 20 och 30 g av matrixen invägsdes för bestämning av fuktinnehåll innan proverna glödgades. Därefter siktades det glödgade materialet genom en 0,5 mm sikt. Enskilda mineralkorn och aggregat större än 0,5 mm i matrixen krossades i en Ellismortel så att hela provmängden passerade genom sikten. Detta material delades sedan ner till vikter om 2–4 g för gravimetrisk bestämning av lösliga järn- och aluminiumoxider

efter citrat-bikarbonat-ditionitlakning (Mehra & Jackson 1960). Mängden utlakat material har beräknats från vikt-differensen mellan icke lakat och lakat provmaterial.

Korndensitetsbestämningar har utförts enligt svensk standard (SS 13 21 24) på material ur fingrusfraktionen i alla prov. Innan densitetsbestämningarna tvättades utfällda järnoxider bort genom citrat-bikarbonat-ditionitbehandling (Mehra & Jackson 1960). Bestämningarna gjordes på 20–30 g stora dubbelprov.

Kemiska analyser har utförts på material från enbart en av profilerna, profil Born C, som ligger inom rutnätet. Matrixmaterialet (fraktion <2 mm) analyserades totalkemiskt enligt rutiner som tillämpas vid Svensk Grundämnesanalys AB i Luleå (G2-analys). Dessförinnan hade utfällda järn- och aluminiumoxider lakats ut (enl. Mehra & Jackson 1960) och halterna av dessa utfällningar bestäms genom ICP-MS-analys av lösningarna vid SGUs geokemiska laboratorium.

Kvantitativ mineralogisk analys har utförts genom röntgendiffraktionsanalys (XRD-analys) på två kornstorleksfraktioner, fingrusfraktionen (2–5,6 mm) och matrix (<2 mm) i samtliga prov. Metodiken med tillsats av en intern standard (Goehner 1982) till proverna och utvärdering av mätdata utifrån regressions samband mellan haltkvoter och kvoter mellan intensiteten för topparna på ingående mineral och den interna standarden tillämpades.

I en särskild studie på utvalda mineral har regressionssamband upprättats vid mätningar med SGUs Siemens-röntgendiffraktometer (Snäll, 1999). Följande gäller:

$$I_m/I_s = R_{ms}(w_m/w_s) \text{ (från Brindley 1980)}$$

där  $I_m$  är intensiteten hos en specifik topp för det mineral vars halt skall bestämmas.  $I_s$  är intensiteten hos en utvald topp för den interna standarden (i detta arbete korund och dess topp vid  $43,4^\circ 2\theta$ , Cu  $K\alpha$ -strålning).  $w_m$  och  $w_s$  är vikterna (alt. halterna) av mineralet respektive standarden i blandningen av prov och standard.  $R_{ms}$  är en konstant för kvoterna (förhållandena) mineral/standard för utvalda toppar hos mineralen vid likvärdiga analysförutsättningar (provberedningsteknik, samma provhållare och instrumentinställningar).  $I_m$  och  $I_s$  uppmäts,  $w_s$  är känd och det sökta,  $w_m$ , kan då beräknas när konstanten är känd.

XRD-analysen utfördes med en Siemens D5000 ( $\theta$ - $\theta$ ) diffraktometer (med DIFFRAC<sup>PLUS</sup>-mjukvara, version 2.2). Strålningen, Ni-filtrerad kopparstrålning (Cu  $K\alpha$ ), genererades med 40 kV spänning och 40 mA strömstyrka. Analysen utfördes med roterande provhållare (60 varv/min) och variabel spaltöppning. Diagram upptogs inom vinkelintervallet  $2^\circ$ – $65^\circ$  ( $2\theta$ ) med svephastigheten  $1,2^\circ/\text{min}$  med 1 sek impulsräkning för varje steg på  $0,02^\circ$ . Från de

upptagna diffraktogrammen (rådatafiler) identifierades mineralen med hjälp av PDF(1994)-databasen i DIFFRAC<sup>PLUS</sup>.

Vid beredning av proverna av fingrusmaterialet för XRD-analysen avdelades ca 7 g av materialet i provdelare. Detta krossades ner i en Ellismortel eller i en Retsch laboratoriekross till partikelstorlek  $<0,5$  mm (siktat genom nylon-sikt) som sedan i en mindre provdelare delades ner till ca 1,6 g. Från det citrat-bikarbonat-ditionitlakade materialet  $<2$  mm, delades 2–4 g ner på liknande sätt. Till exakt 1,600 g av provet sattes 0,400 g korund (köpt från Beijer Tool AB i Malmö) som intern standard. Prov + standard maldes i alkohol i malkvarn (McCrone Micronising Mill) med agatcylindrar som aktiva element i kvarnen. I pulvret som då erhöles är alla korn  $<20$   $\mu\text{m}$  (87 viktprocent  $<10$   $\mu\text{m}$ ) enligt Sedigraph-analys. Av det torkade pulvret invägdes 1,40 g i provhållarna inför den kvantitativa XRD-analysen.

För bestämning av vittringsintensitet och kvantifiering av vittringen har en metodik som publicerats av Teveldal m.fl. (1990) använts. Den bygger på variationer i kvartsfördelningen hos horisonterna. Kvarts betraktas som ett inert mineral som inte vittrat i vårt klimat och den ökning av kvartshalten som sker uppåt i profilerna då övriga mineral vittrat bort blir då ett mått på vittringsförlusterna.

## Analysresultat

### Kornstorlek

Kornstorlekssammansättningen i moränerna är ungefär lika i C-horisonterna i proverna tagna i slutningarna i nordost (profil Born NE) och sydväst (profil Born SW) med ett grusinhåll av 43 % respektive 39 % och med ungefär dubbelt så mycket sandmaterial som siltmaterial i matrixen. I moränen tagen centralt uppe i höjdområdet (profil Born C) är moränen mycket finkornigare med bara 11 % grus (se fig. 2) och med dominans av material i fraktionen 0,002–0,06 mm (55 % av matrixmaterialet, fig.3).

Genom vittring ändras kornstorlekssammansättningen drastiskt i de grovkorniga moränerna i profilerna Born NE och Born SW. I materialet från E-horisonten i de två profilerna utgör grusmaterialet bara 8 % respektive 11 %. Däremot är grusinhållat något högre, 16 %, i E-horisonten i profil Born C (fig. 2).

I det relativt tätt provtagna området (rutnät med GPS-inmätta provtagningspunkter, Fig. 4) gav kornstorleksbestämningarna (grusinhållat i B-horisonten) resultat som visas i figur 5. Det är betydande skillnader i kornstorleks-

sammansättning mellan provtagningspunkterna. Inom en stor del av området är dock grusinhållat i moränen lågt, 8–19 %. Detta gäller de högst belägna delarna av området, samt i en mindre höjd i sydvästligaste delen av området. I proverna från östra slutningen av det stora höjdområdet är grusinhållat i moränen högt. Den innehåller där mellan 34 % och 52 % grusmaterial. Relativt högt grusinhåll, 32–40 %, har moränen också inom en mindre höjdygg i sydvästra delen av området.

### Jordartssammansättning i de djupare profilerna

En uppdelning av moränerna i fyra olika komponenter har gjorts för de djupare profilerna (fig. 6), i innehåll av organiskt material, utfällda järn- och aluminiumoxider, mineralkomponenter  $<2$  mm samt grusmaterial (fraktion  $>2$  mm). I profil Born C är innehållat av organiskt material högt i de översta jordlagren (0–10 cm) men sjunker under

detektionsgränsen längre ner i markprofilen. I de övriga profilerna ingår organiskt material i detekterbara halter även i de djupaste nivåerna. Profil Born NE har det högsta innehållet av organiskt material. Profil Born C har ett

högre innehåll av utfällda, amorfa järn- och aluminiumoxider i övre delarna av B-horisonten än de övriga profilerna.

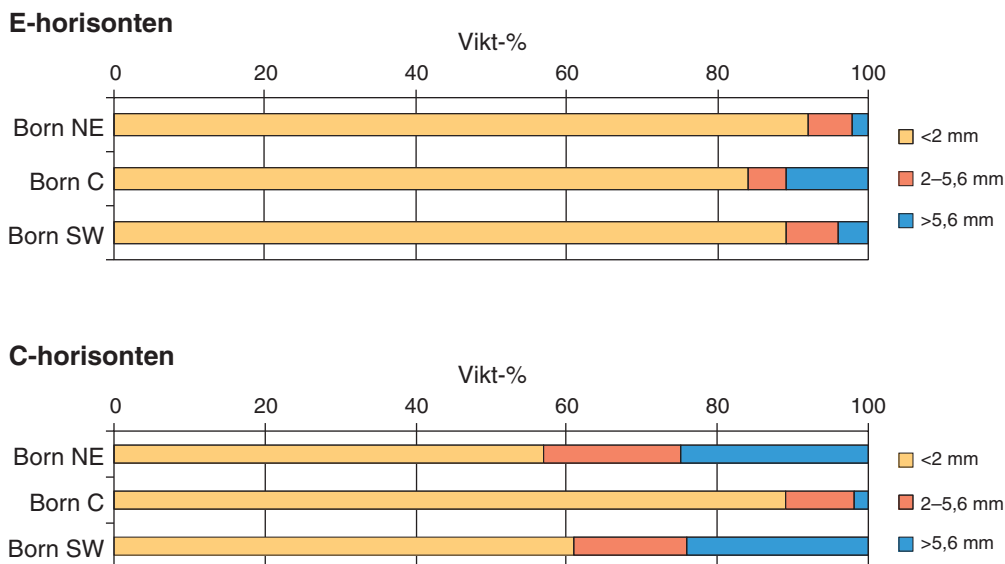


Fig. 2. Kornstorleksfördelning hos material <20 mm i E-horisonterna respektive C-horisonterna i profilerna Born NE, Born C och Born SW.

*Grain size distribution between matrix and gravel grains (<20 mm) in the E and C horizons of the Born NE, Born C and Born SW profiles.*

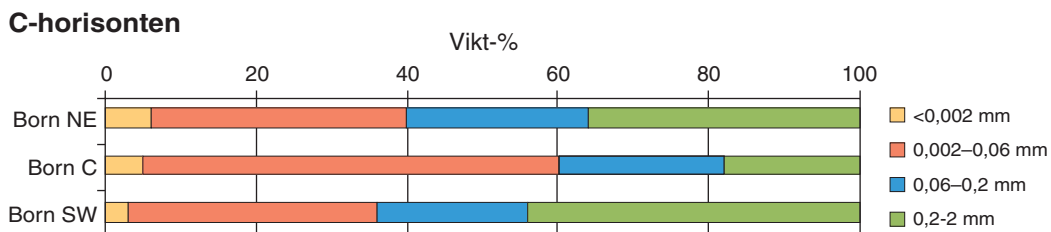


Fig. 3. Kornstorleksfördelning i matrix i profilerna Born NE, Born C och Born SW.

*Distribution between grain sizes in the matrix of the Born NE, Born C and Born SW profiles.*

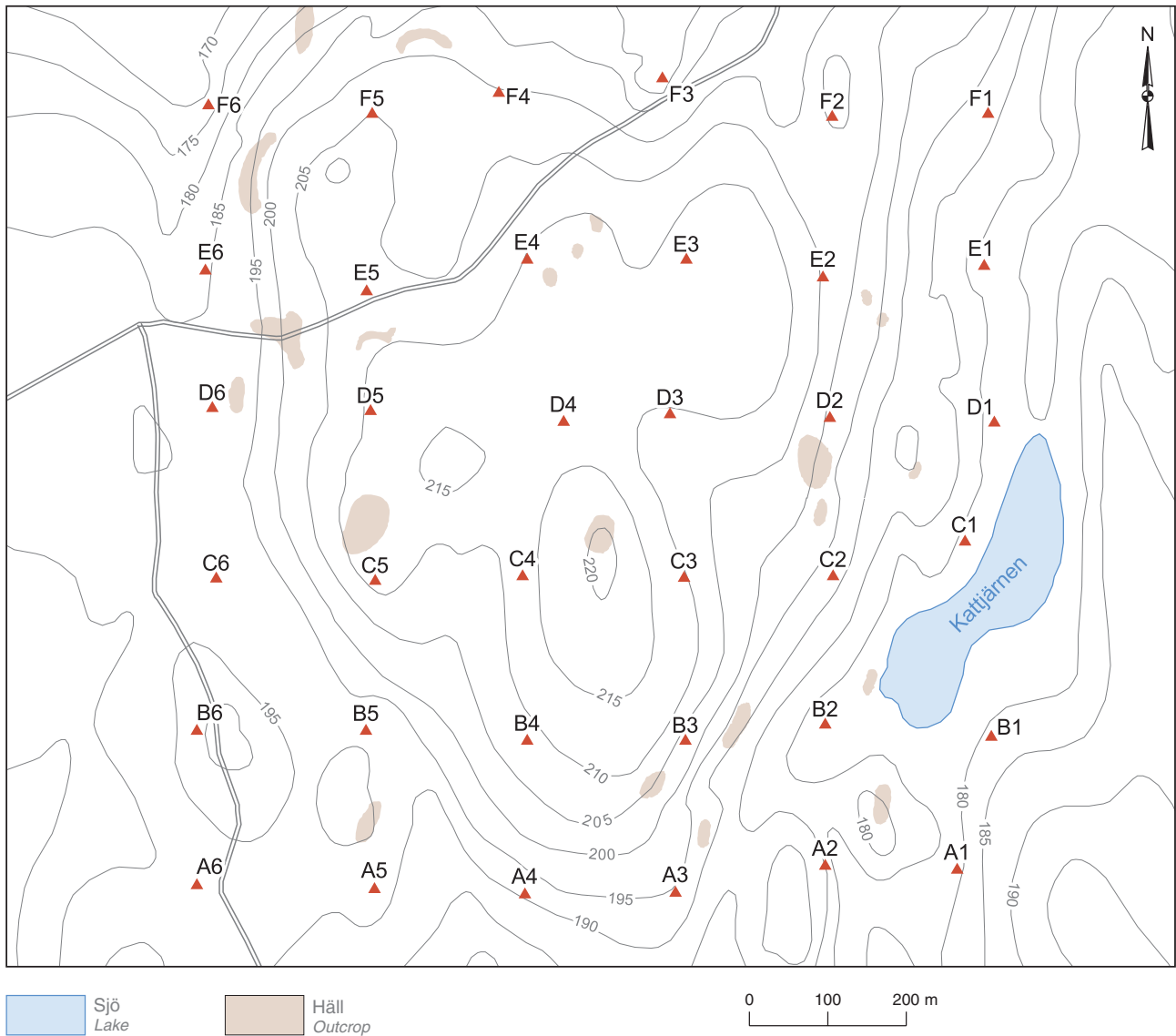


Fig. 4. Provtagningspunkternas id-nummer och läge samt förekomst av häll enligt underlagsmaterial (fältkartor) till jordartskartan (Magnusson 1977). Avståndet mellan provtagningspunkterna är ca 200 m.  
*Positions and identification numbers of the sampling sites within the square. Occurrence of outcrops has been taken from field maps to the map of Quaternary deposits (Magnusson 1977).*

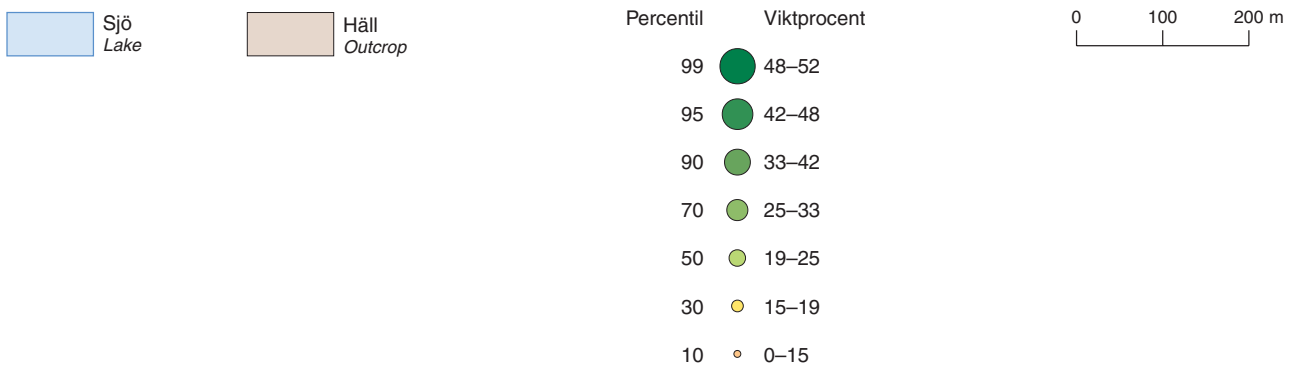
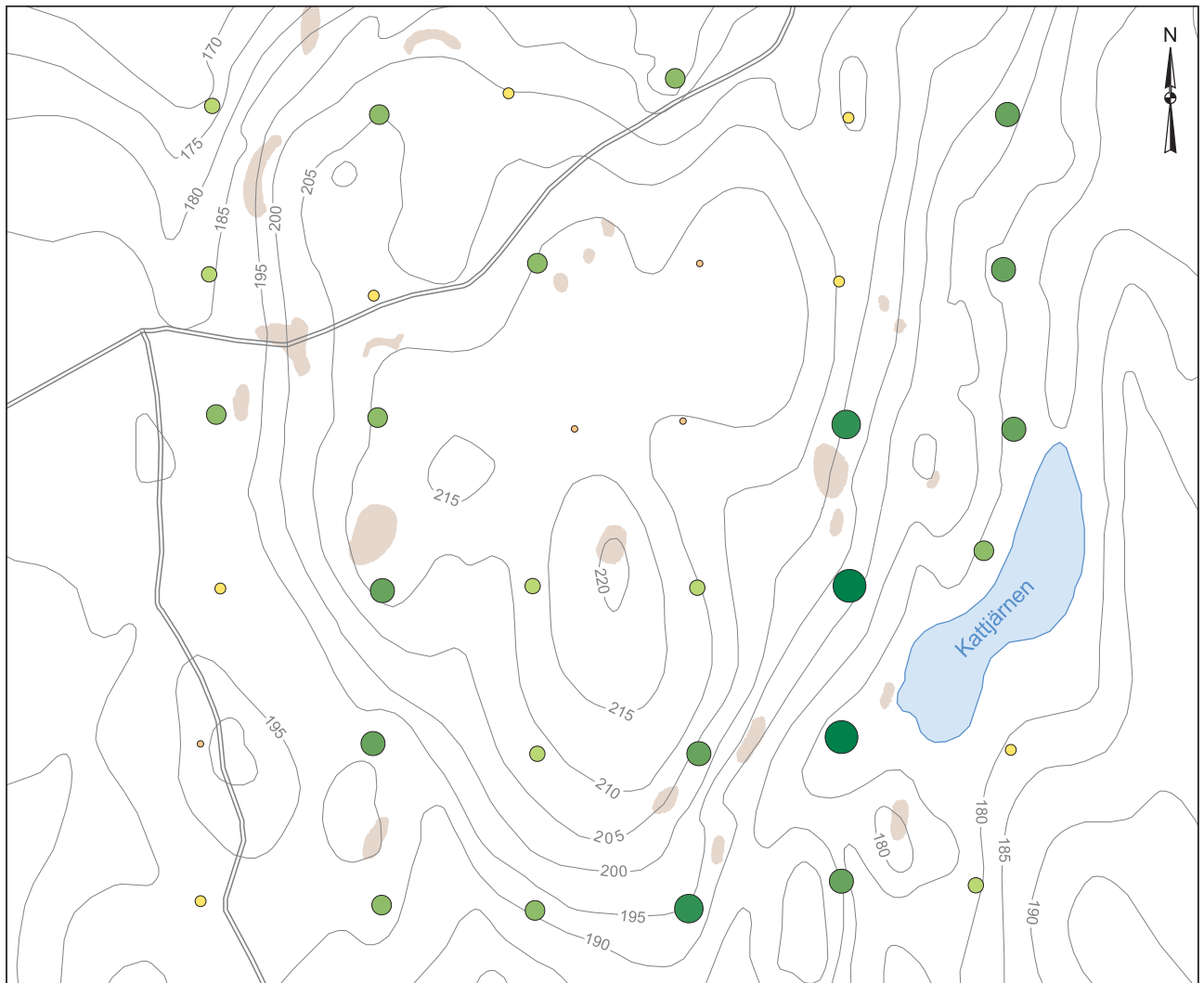
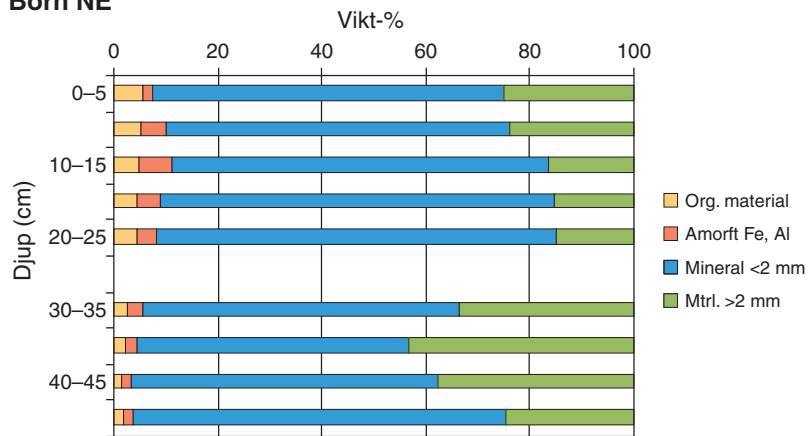
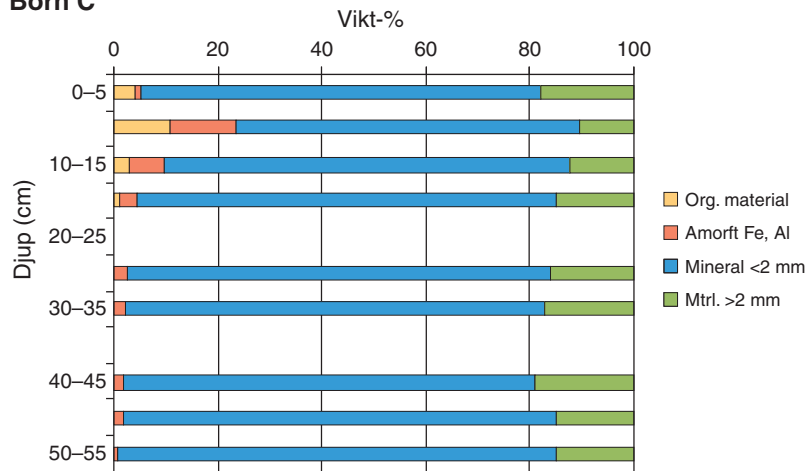


Fig. 5. Grusinhåll i B-horisonten (10–30 cm).  
Content of gravel grains (weight percent) in the B horizon (10–30 cm) at the sampling sites.

### Born NE



### Born C



### Born SW

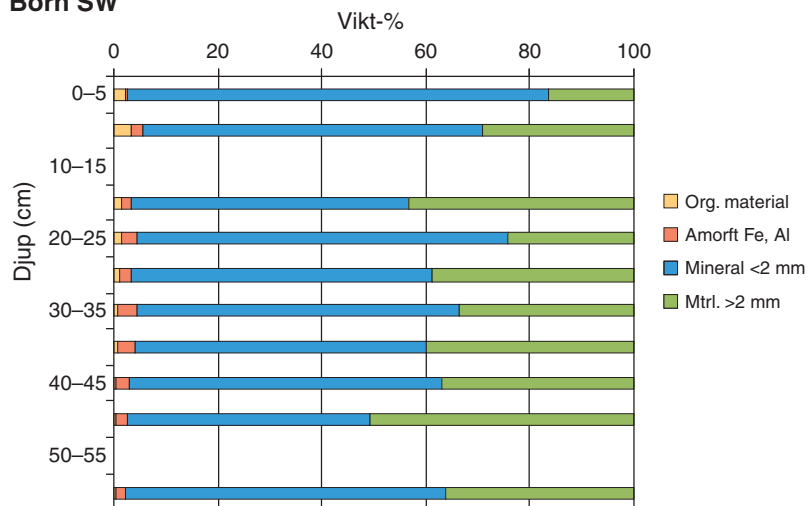


Fig. 6. Innehåll av organiskt material, amorfa järn- och aluminiumoxider/hydroxider, mineraljord i matrix samt material >2 mm (2–20 mm) i de djupare profilerna Born NE, Born C och Born SW.

*Content of organic matter, iron- and aluminium oxides, mineral fraction <2 mm and mineral fraction 2–20 mm (>2 mm) in the deeper profiles at Born NE, Born C and Born SW.*

## Jordlagrens densitet

Genomgående minskar den torra skrymdensiteten från C-horisonten uppåt i profilerna (tabellerna 1, 2 och 3) och är i dessa djupare profiler som lägst i översta delarna av B-horisonten beroende på att denna del av profilen innehåller rikligt med utfällda amorfa järn- och aluminiumoxider och hydroxider samt organiskt material. Den översta

horisonten i profilerna, den urlakade horisonten (E-horisonten), har högre densitet beroende på att den är tätare i strukturen med hög lerhalt. Detta är tydligast i profilerna vid Born C och Born SW. Moränen i Profil Born NE har helt igenom en lägre densitet än de övriga på grund av högre innehåll av organiskt material och möjligen också lägre packningsgrad än de andra profilerna.

Tabell 1. Volym och densitet för matrix och för jordlagren som helhet (per m<sup>2</sup>) samt mineralens vikt (fria från org. material och utfällda järn- och aluminiumföreningar) i profil Born NE.

Djup	Horisontvolym mineralvolym mtrl <2 mm	Fast mtrl <2 mm	Skrymdensitet mtrl <20 mm	Skrymdensitet mtrl <2 mm horisontvis	Mineral
m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>
0,00–0,05	0,05	0,0451	956	790	32,1
0,05–0,10	0,05	0,0458	836	690	27,4
0,10–0,15	0,05	0,0472	855	760	31,0
0,15–0,20	0,05	0,0473	1017	910	38,4
0,20–0,25	0,05	0,0472	1041	940	40,0
0,25–0,30	0,05				
0,30–0,35	0,05	0,0419	1261	1000	38,4
0,35–0,40	0,05	0,0371	1565	1200	41,1
0,40–0,45	0,05	0,0400	1534	1210	45,8
0,45–0,50	0,05	0,0433	1453	1270	52,4

Tabell 2. Volym och densitet för matrix och för jordlagren som helhet (per m<sup>2</sup>) samt mineralens vikt (fria från org. material och utfällda järn- och aluminiumföreningar) i profil Born C.

Djup	Horisontvolym mineralvolym mtrl <2 mm	Fast mtrl <2 mm	Skrymdensitet mtrl <20 mm	Skrymdensitet mtrl <2 mm horisontvis	Mineral
m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>
0,00–0,05	0,05	0,0450	1079	1200	50,5
0,05–0,10	0,05	0,0482	656	680	24,2
0,10–0,15	0,05	0,0475	871	805	34,0
0,15–0,20	0,05	0,0464	1228	1125	49,5
0,20–0,25	0,05				
0,25–0,30	0,05	0,0453	1436	1330	58,3
0,30–0,35	0,05	0,0450	1527	1405	61,5
0,35–0,40	0,05				
0,40–0,45	0,05	0,0438	1620	1500	64,2
0,45–0,50	0,05	0,0453	1699	1600	71,0
0,50–0,55	0,05	0,0453	1778	1670	74,9

Tabell 3. Volym och densitet för matrix och för jordlagren som helhet (per m<sup>2</sup>) samt mineralens vikt (fria från org. material och utfällda järn- och aluminiumföreningar) i profil Born SW.

Djup	Horisontvolym mineralvolym mtrl <2 mm	Fast mtrl <2 mm	Skrymdensitet mtrl <20 mm	Skrymdensitet mtrl <2 mm horisontvis	Mineral
m	m <sup>3</sup>	m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>3</sup>	kg/m <sup>2</sup>
0,00–0,05	0,05	0,0451	1503	1390	60,9
0,05–0,10	0,05	0,0429	1260	1040	41,0
0,10–0,15	0,05				
0,15–0,20	0,05	0,0363	1401	1100	37,6
0,20–0,25	0,05	0,0440	1220	1050	43,4
0,25–0,30	0,05	0,0387	1570	1240	45,4
0,30–0,35	0,05	0,0414	1359	1090	42,1
0,35–0,40	0,05	0,0389	1468	1130	41,0
0,40–0,45	0,05	0,0399	1468	1160	44,1
0,45–0,50	0,05	0,0340	1667	1200	38,7
0,50–0,55	0,05				
0,55–0,60	0,05	0,0383	1728	1440	53,0

### Densitet och innehåll av organiskt material i de grundare profilerna

I de 36 punkterna som ingår i rutnätsprovtagningarna har analyser av moränen gjorts på tre djupnivåer, 0–5 cm (E-horisonten), 5–10 cm (översta delen av B-horisonten) och 10–30 cm (B-horisonten). I de två översta nivåerna har jordartens kornstorleksfördelning i volym- och viktprocent, olika kornstorlekars densitet, halt av organiskt material och halt av lakbara aluminium- och järnoxider/hydroxider bestämts för kvantifiering av vittringen i punkterna. Uppmätt densitet och innehåll av organiskt material i de översta två provtagningsnivåerna av mineraljorden redovisas i tabell 4. De angivna värdena baseras på vikter av materialet i rumstorrt tillstånd.

I provpunkterna tagna inom rutnätet (fig. 4) har jordlagren ännu lägre densitet än i djupprofilerna på vissa ställen, t.ex. i punkterna C1 och E5, i vilka densiteten på E-skiktet är 0,42 g/cm<sup>3</sup> respektive 0,52 g/cm<sup>3</sup> (tabell 4) beroende bl.a. på ett mycket högt innehåll av organiskt material som är 16,5 viktprocent i punkt C1. I E-horisonten i punkt E5 har halten organiskt material bestämts till 6,8 viktprocent. Översta delen av B-horisonten har i dessa fall högre densitet, 0,66 g/cm<sup>3</sup> respektive 0,85 g/cm<sup>3</sup>.

### Mineralfördelning i berggrunden och i C-horisonten i de djupare profilerna

I de tre djupare profilerna har mineralfördelningen i moränernas C-horisont bestämts i såväl matrix som fingrusfrak-

tionen samt i två berggrundsprover från området (fig. 7). De sistnämnda är benämnda Grey mv (från en håll ca 200 m norr om profil Born SW) respektive Red mv (från väghällen norr om provtagningspunkterna D5 och D6, se fig. 4). I kartbladsbeskrivningen (Lundström 1983) presenteras andra mineralogiska analyser av bergarten som finns i området (fig. 7).

Moränerna är genomgående kvartsrikare än berggrunden i området. Kvartshalten i moränernas fingrusfraktion är något över 30 % i proverna från Born NE och Born SW. Detta är något högre än i den bergartstyp som dominerar berggrunden. Klart högre kvartshalt, över 40 %, har fingrusfraktionen i Born C. Ännu kvartsrikare är moränernas matrix med halter omkring 50 % med högst halt i Born C.

Innehållet av plagioklas är klart lägre i moränen än i berggrunden. Halten i matrix är något lägre än i fingrusfraktionen.

Berggrunden uppvisar mycket varierande mikroklininnehåll (Lundström 1983), från 0 till 30 %. Noteras kan, att berggrundprover tagna från hållar inom området (och analyserade i detta arbete) inte innehåller någon mikroklin. Moränens mikroklinhalt är däremot ungefär densamma i matrix som i fingrusfraktionen.

Vissa av berggrundsproverna har mycket högt biotit-innehåll. I moränen är biotitfjällen helt omvandlade till vermikulit och klorit. Epidot ingår i berggrunden men har inte identifierats vid XRD-analysen eftersom det krävs höga halter av detta mineral för att kunna detekteras vid direktanalys utan anrikning av mineralet. Säkert ingår detta mineral också i moränen. Det kan noteras, att moränen innehåller några procent hornblände, som dock ej på-

Tabell 4. Densitet och innehåll av organiskt material och fukt (rumstort material) i provmaterial från de översta 10 cm av mineraljordens matrix (kornstorlek <2 mm).

Punkt	Djup (matrix) cm	Densitet material g/cm <sup>3</sup>	Organiskt (matrix) vikt-%	Fukt vikt-%	Punkt	Djup cm	Densitet (matrix) g/cm <sup>3</sup>	Organiskt material vikt-%	Fukt vikt-%
A1	0-5	1,07	4,5	0,77	D1	0-5	0,85	5,6	0,68
	5-10	1,24	3,7	1,04		5-10	0,91	4,6	0,92
A2	0-5	0,67	11,0	2,56	D2	0-5	0,96	4,4	0,54
	5-10	0,55	20,0	5,53		5-10	1,16	2,5	0,47
A3	0-5	0,54	16,8	3,07	D3	0-5	1,23	3,5	0,53
	5-10	0,74	9,8	6,47		5-10	1,56	1,5	0,31
A4	0-5	1,04	4,9	0,84	D4	0-5	1,20	5,9	
	5-10	1,01	4,9	1,47		5-10	0,68	11,9	
A5	0-5	1,09	4,5	0,62	D5	0-5	0,88	6,5	1,07
	5-10	0,87	2,4	0,60		5-10	0,91	7,2	2,19
A6	0-5	0,86	6,6	0,99	D6	0-5	1,03	6,4	1,05
	5-10	0,72	14,6	5,05		5-10	0,99	6,9	1,82
B1	0-5	1,01	6,1	0,85	E1	0-5	0,87	7,0	1,12
	5-10	1,32	1,3	0,27		5-10	1,43	0,5	0,18
B2	0-5	1,07	5,7	0,93	E2	0-5	1,15	4,1	0,79
	5-10	0,84	10,6	4,00		5-10	0,95	8,5	2,11
B3	0-5	0,60	13,5	2,04	E3	0-5	1,14	5,8	1,15
	5-10	0,61	10,5	2,21		5-10	0,53	19,9	4,22
B4	0-5	0,79	6,7	0,88	E4	0-5	0,93	10,3	1,31
	5-10	0,79	5,5	1,44		5-10	1,23	3,0	0,45
B5	0-5	1,22	5,2	0,72	E5	0-5	0,52	6,7	1,19
	5-10	1,10	3,4	0,55		5-10	0,85	8,0	2,08
B6	0-5	1,21	5,6	1,03	E6	0-5	1,00	6,1	0,58
	5-10	0,85	11,0	3,18		5-10	0,61	5,0	0,90
C1	0-5	0,42	16,5	2,35	F1	0-5	1,00	6,2	0,59
	5-10	0,66	8,3	1,79		5-10	0,90	4,1	0,84
C2	0-5	0,82	7,3	1,10	F2	0-5	1,05	3,8	0,53
	5-10	0,81	5,1	1,09		5-10	1,23	2,3	0,50
C3	0-5	0,63	9,7	1,88	F3	0-5	0,87	5,8	0,89
	5-10	0,92	5,7	1,81		5-10	0,90	5,5	1,48
C4	0-5	1,11	4,4	0,40	F4	0-5	1,16	2,9	0,43
	5-10	1,10	3,9	0,72		5-10	1,05	3,2	0,99
C5	0-5	1,09	5,3	0,77	F5	0-5	1,09	2,9	0,55
	5-10	1,09	4,1	0,99		5-10	0,81	8,7	2,78
C6	0-5	1,00	6,0	0,89	F6	0-5	0,89	9,5	1,73
	5-10	1,09	4,0	0,67		5-10	0,69	14,9	3,19

träffats i den dominerande bergarten i området. Hornbländet härrör sannolikt från jordtäckta mindre diabas/amfibolitgångar, som inte observerats vid berggrundskarteringen.

### Mineralfördelning i de grundare profilerna

I rutnätsprovtagningen har inte C-horisonten provtagits, utan som djupast B-horisonten inom intervallet 10 till ca 30 cm. Fingrusfraktionen från denna nivå innehåller vanligen omkring 40 viktprocent kvarts (fig. 8) men varierar från 46–49 ner till ca 30 viktprocent. I en provpunkt (C5) är kvartshalten avsevärt lägre, 21 viktprocent.

I matrix är kvartshalten genomgående hög (fig. 9). Hal-

ter mellan 50- och 55 viktprocent är vanliga men det finns också provpunkter med kvartshalter varierande från 60 upp till 65 viktprocent. I provpunkten C5 är däremot kvartshalten mycket låg, 31 viktprocent.

Variation hos plagioklasinnehållet i moränens fingrusfraktion (fig. 10) är ganska stor. Halterna ligger dock mestadels inom intervallet 25–35 viktprocent. Högre värden återfinns i prover från östra sluttningen av höjdområdet och i sydöstra delen av området samt i provpunkt C5 i den mindre höjdryggen i västra delen av området. I denna punkt innehåller fingrusfraktion 60 viktprocent plagioklas. Matrix i denna provpunkt har lika hög halt av plagioklas. I övrigt är plagioklashalten något lägre i matrix än i fingrusfraktionen (fig. 11). I de flesta provtagningsspunkterna ligger halterna mellan 21- och 27 viktprocent. Något högre

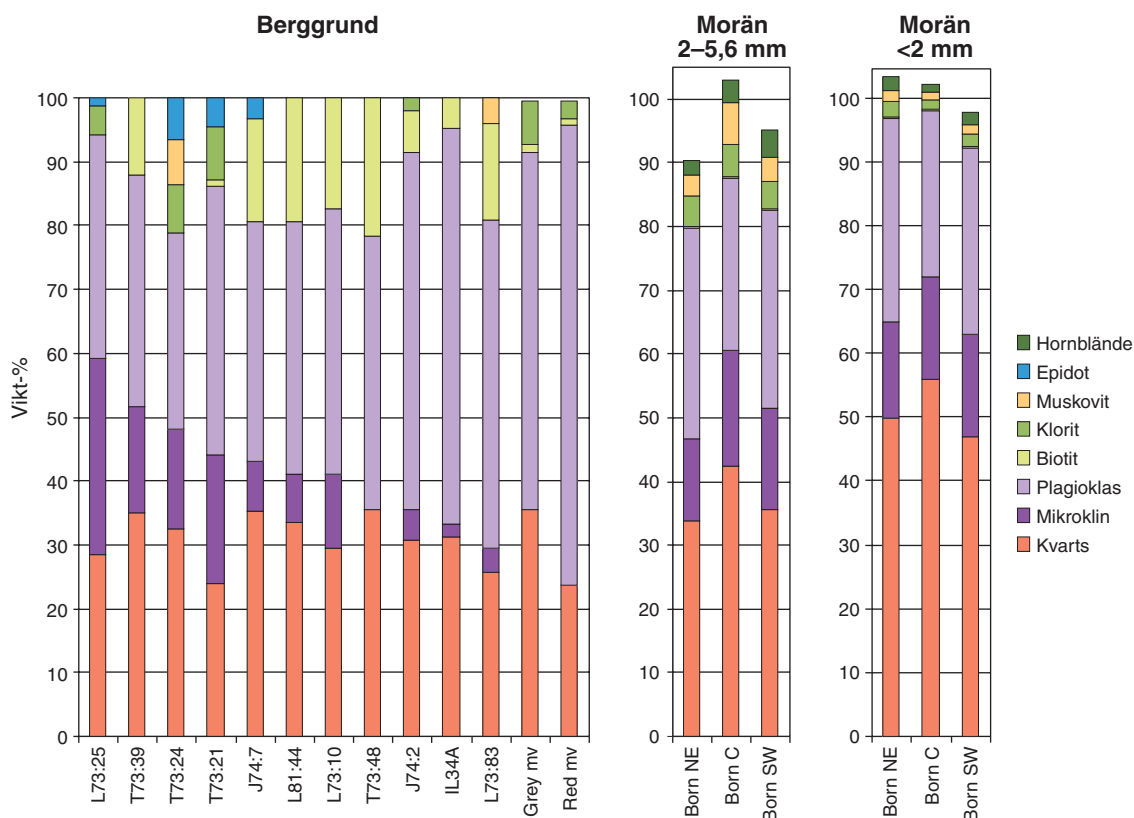


Fig. 7. Mineralfördelning hos prov av den bergart som finns i området (halter omräknade till viktprocent från Lundström 1983) samt i två olika kornstorleksfraktioner från moränen i de tre profilerna Born NE, Born C och Born SW. *Mineralogical composition of the bedrock in the area (volume percentages from Lundström 1983) recalculated as weight percent by weight) and of two grain size fractions (2–5.6 mm and <2 mm) in the C horizon of till in the deeper profiles (Born NE, Born C and Born SW).*

halter har matrix liksom fingrusfraktionen i några av proverna från östsluttningen av höjdområdet samt i den sydöstra delen av området.

Innehållet av mikroklin i fingrusfraktionen varierar i olika delar av området. I de östra och södra delarna av området innehåller fingrusfraktionen mellan 4 och 15 viktprocent mikroklin. I övriga delen av undersökningsområdet varierar halterna mellan 16 och 28 viktprocent. Provpunkt C5 utgör ett undantag och innehåller bara 1 viktprocent. Matrix innehåller mellan 13 och 18 viktprocent mikroklin med få undantag (exempelvis provpunkt C5). I flera prover från de östra och södra delarna av området har matrix högre halt av mikroklin än fingrusfraktionen. I övriga delar av området innehåller fingrusfraktionen mer mikroklin än matrix (med undantag för provpunkt C5).

Fingrusfraktionen innehåller vanligtvis mellan 2 och 4 viktprocent hornblände. En något högre halt, 5,1 och 5,5 viktprocent, har uppmätts i provpunkterna B4 respektive A4, som är belägna centralt i den sydligaste delen av området. Matrix har ett lägre innehåll av hornblände, i allmänhet mellan 1 och 2 viktprocent. Provpunkterna B4, A4 och A5 har dock något högre halt, 2,9–3,2 viktprocent.

Kloritinnehållet i fingrusfraktionen varierar mellan 0,7 och 4 viktprocent. I några provpunkter är halten omkring 5 viktprocent eller något däröver, bl.a. i punkterna A4 och B4 samt i punkt C5 där biotiten är klorit- och vermikulitvandlad. Klorithalten i moränens matrix är lägre, omkring 1 viktprocent med maximum i provpunkt C5 där halten uppmätts till 1,6 viktprocent.

### Kemisk och mineralogisk sammansättning i olika delar av de djupare profilerna

Kemiska analyser har utförts enbart i en profil i området, Born C. Matrix ur 9 horisonter från profilen Born C har analyserats (se Bilaga 1) sedan utfällt järn och aluminium extraherats genom citrat-bikarbonat-ditionit (CBD)-behandling (Mehra & Jackson 1960) och bestämts (fig. 12).

Fördelningen av huvudelementen och vissa spårelement genom profil Born C visas i figur 13. I de två översta horisonterna (E-horisonten, 0–5 cm och översta delen av

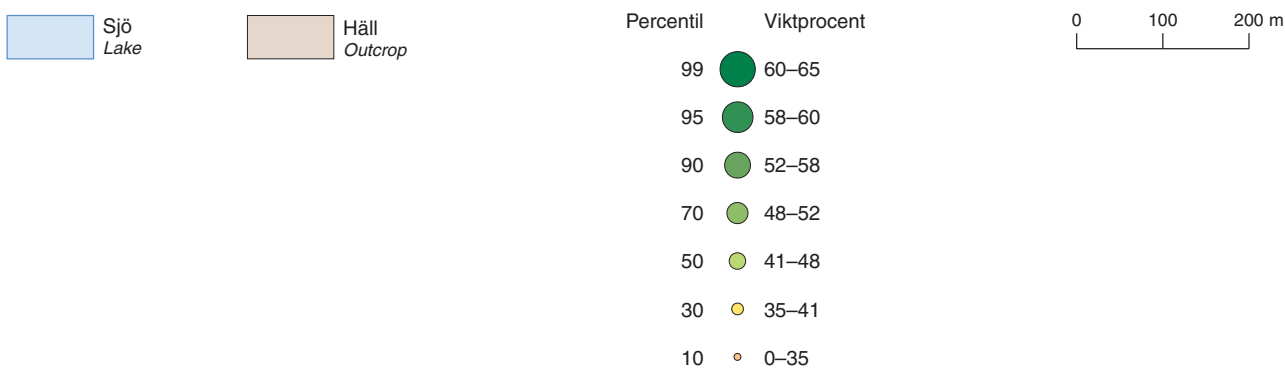
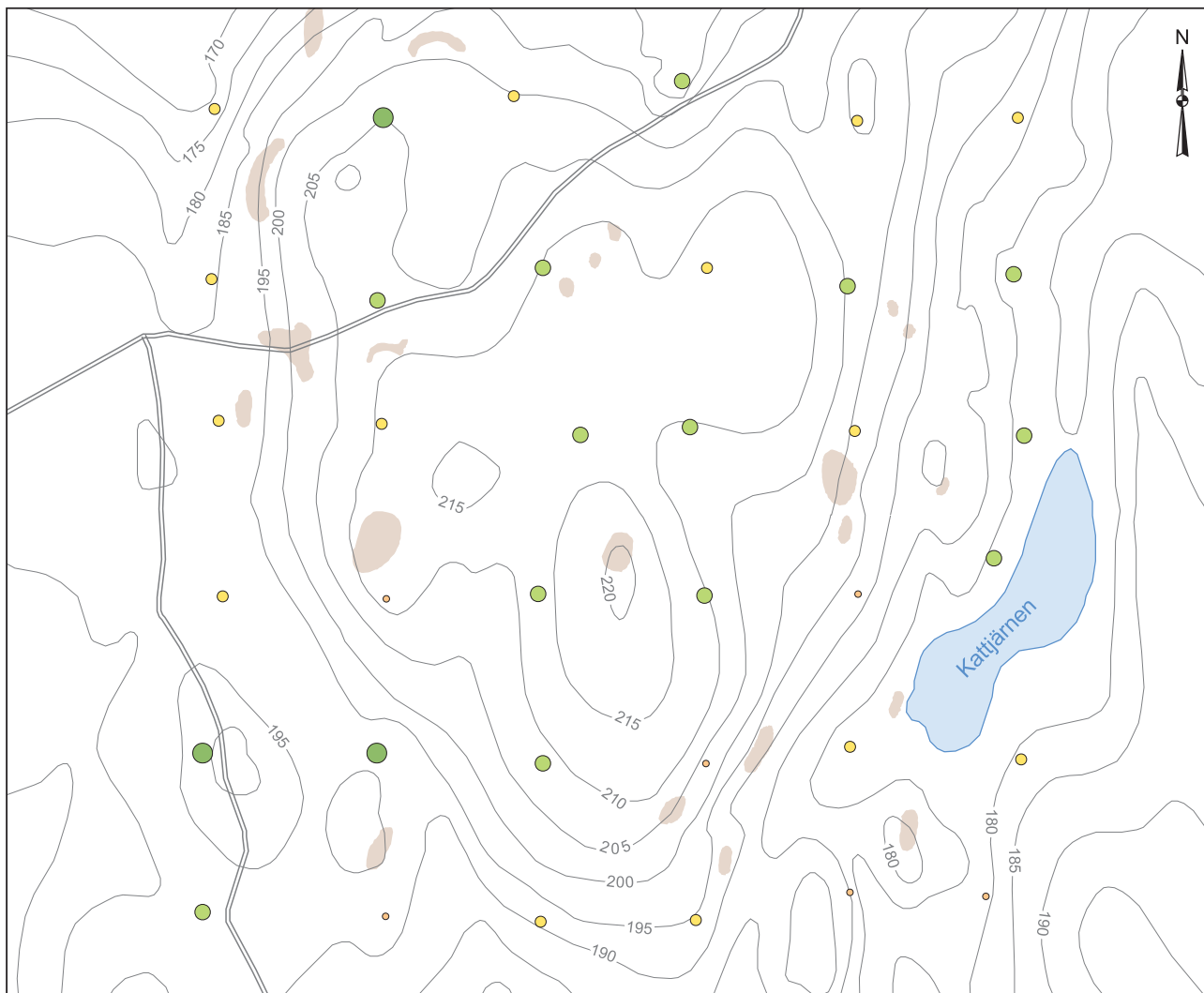


Fig. 8. Kvarthalt i fingrusfraktionen (2–5,6 mm) i B-horisonten (10–30 cm).  
 Quartz content (weight percent) of the gravel fraction (2–5.6 mm) in the B horizon (10–30 cm) of the profiles.

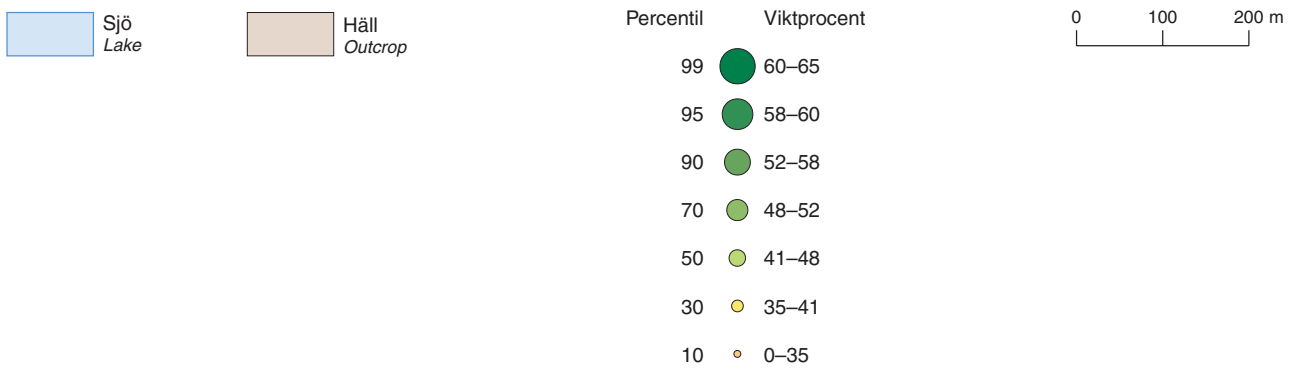
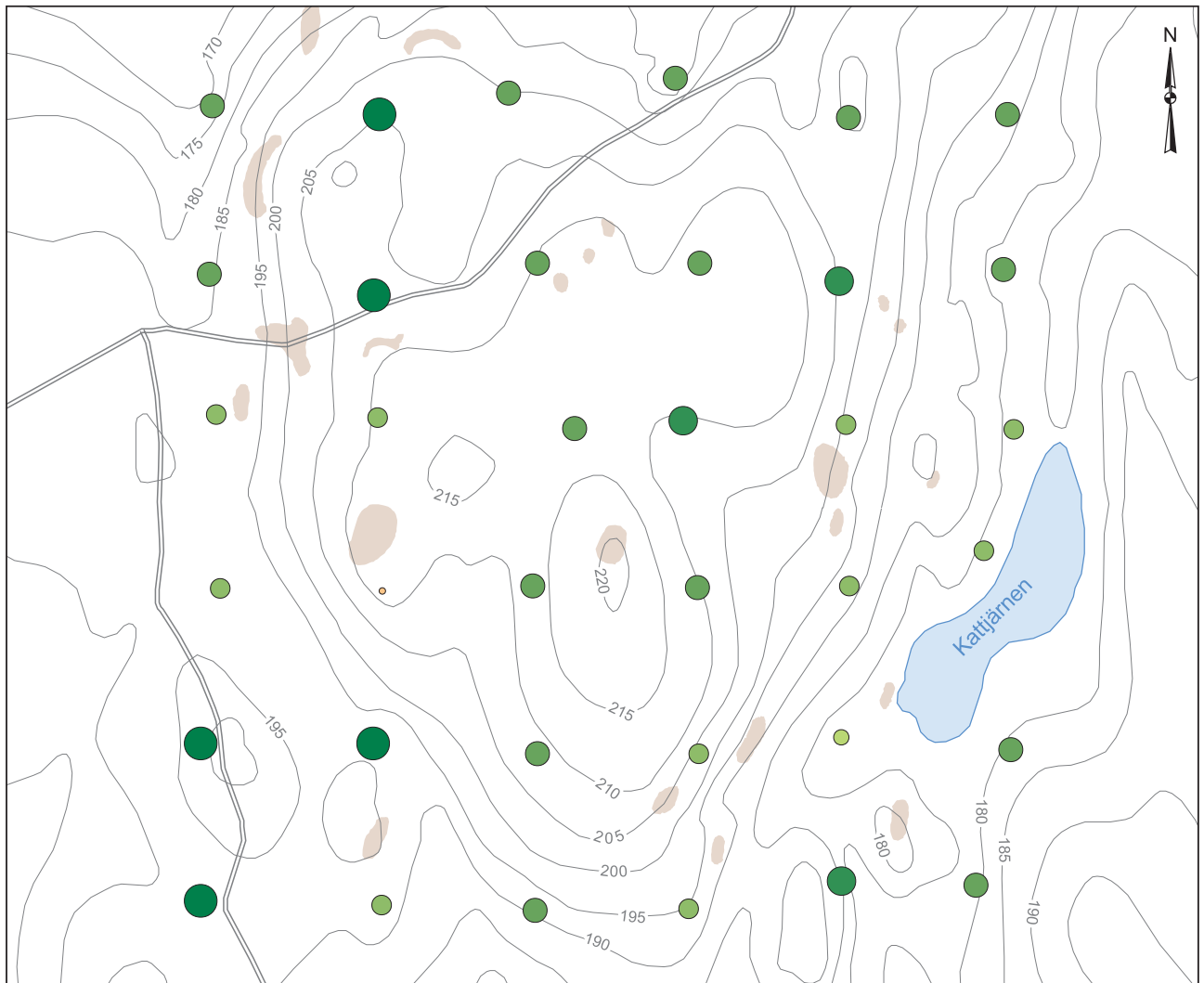


Fig. 9. Kvarthalt i matrixfraktionen (<2 mm) i B-horisonten (10–30 cm).  
 Quartz content (weight percent) in the matrix (<2 mm) in the B horizon (10–30 cm) of the profiles.

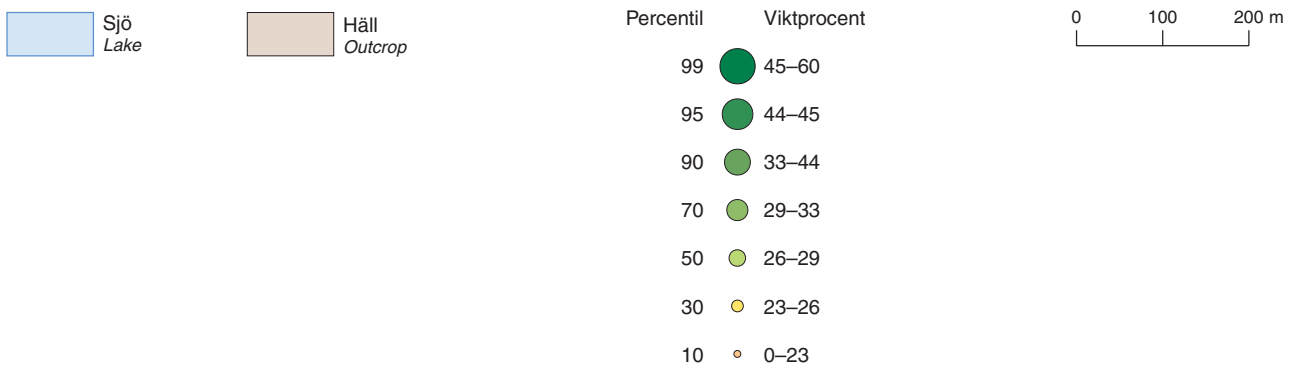
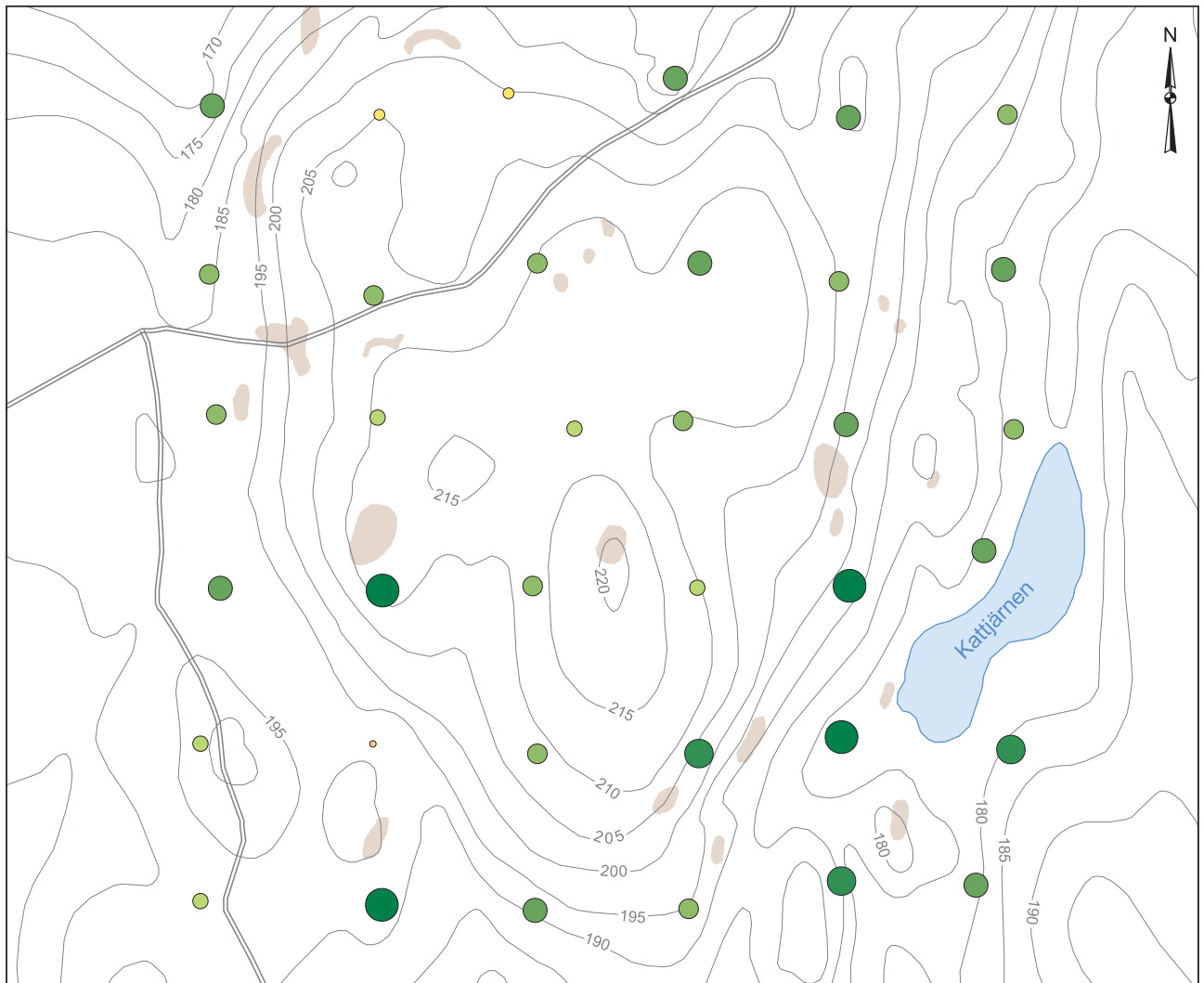


Fig. 10. Plagioklashalt i fingrusfraktionen (2–5,6 mm) i B-horisonten (10–30 cm).  
*Plagioclase content (weight percent) of the gravel fraction (2–5.6 mm) in the B horizon (10–30 cm) of the profiles.*

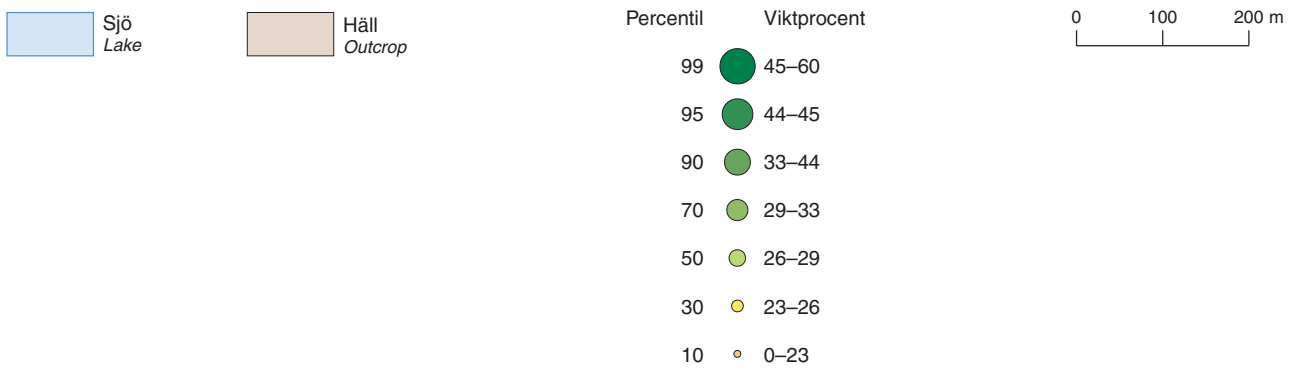
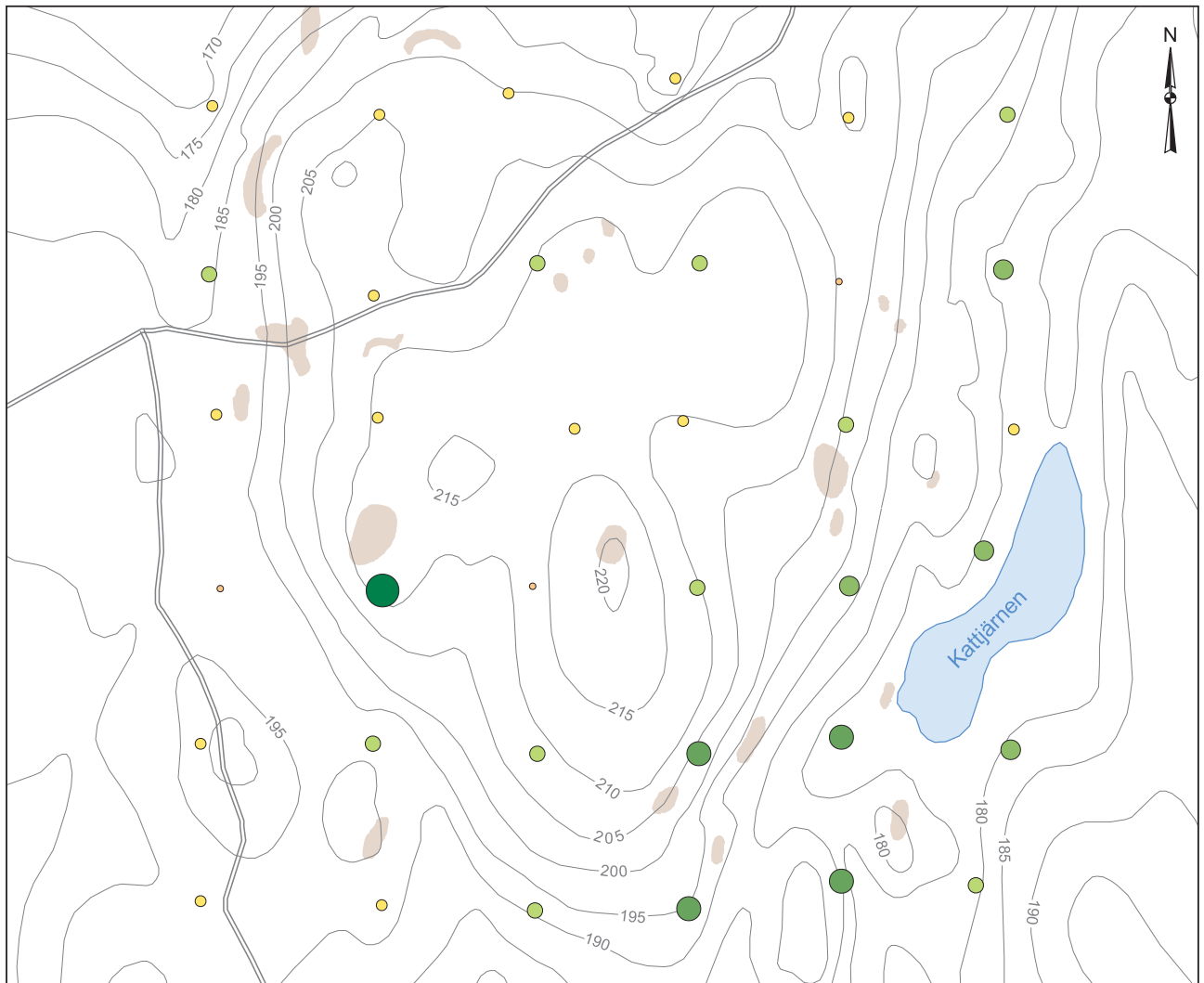


Fig. 11. Plagioklashalt i matrixfraktionen (<2 mm) i B-horisonten (10–30 cm).

*Plagioclase content (weight percent) of the matrix (<2 mm) in the B-horizon (10–30 cm) of the profiles.*

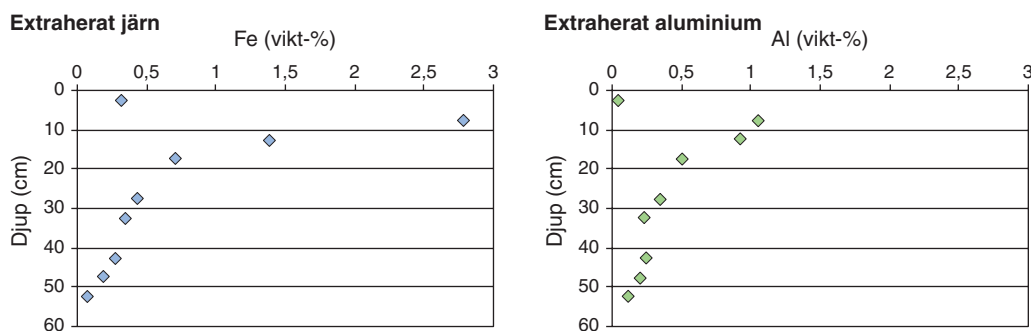


Fig. 12. Järn och aluminium extraherat genom citrat-bikarbonat-ditionitbehandling av matrix från olika horisonter i profil Born C.

*Amounts of iron and aluminium extracted by citrate-bicarbonate-dithionite treatment from soil matrix from different depths in the Born C profile.*

B-horisonen, 5–10 cm) har  $\text{SiO}_2$ -halten anrikats relativt till andra element genom kemisk vittring medan  $\text{Al}_2\text{O}_3$ -halten minskat. En tydlig minskning av  $\text{MgO}$ ,  $\text{CaO}$  och  $\text{Na}_2\text{O}$  kan också observeras i de två översta horisonterna. Även  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  och  $\text{P}_2\text{O}_5$  minskar uppåt i profilen men på ett annat sätt. Elementet  $\text{Zr}$  från det vittringsresistenta mineralet zirkon visar dock ej samma anrikning som  $\text{SiO}_2$  i översta delen av profilen.

Mineralfördelningen (fig. 14) i matrix har beräknats i alla de tre djupare profilerna. Vid jämförelse framgår att mineralfördelningen är något olika i profilerna. Moränen i profil Born C skiljer sig från de övriga framför allt genom en klart högre kvartshalt och en något lägre plagioklshalt än i de två andra profilerna.

I alla profiler kan tydlig förhöjning av kvartshalten observeras i de två översta horisonterna. Minskning av halterna, som ett resultat av kemisk vittring i de ytära horisonterna kan för mikroklin observeras i profil Born NE. Plagioklas och hornblände uppvisar en klar minskning uppåt i profilerna Born NE och Born C, däremot ej i profil Born SW. Klorithalten minskar uppåt i alla tre profilerna.

I moränen utgörs glimmermineralen i huvudsak av illit (av typ muskovit el. sericit). Halterna har inte angetts i figur 14 då lämplig standard för kvantifiering genom XRD-analys inte varit möjlig att åstadkomma. Glimmermineralens närvaro i proverna kan påvisas genom den intensitetsstarkaste toppen vid 10 Å (1,0 nm) i XRD-diagrammen. Denna topp ökar i många fall i intensitet uppåt i profilerna men i flera är förhållandet tvärtom. Dessa mineral är olika väl kristalliserade i olika kornstorleksfraktioner. Det är därför svårt att ta fram en lämplig standard för bestämning av illithalten. Ett värde för en glimmerhalt som uppmäts mot en muskovitstandard från 10 Å-toppens intensitet anges dock i Bilaga 2.

Beräkning av illithalten från  $\text{K}_2\text{O}$ -innehållet (efter reduktion av  $\text{K}_2\text{O}$  bundet i mikroklin och om illiten antas

innehålla 7 viktprocent  $\text{K}_2\text{O}$ ) ger en illithalt av ca 2,5 viktprocent i provet från djupnivån 50–55 cm i profil Born C.

I profil Born C har matrixmaterialet lakats i kungsvatten (aqua regia) och bl.a. har utlakat kalium bestämts. Halten utlakat kalium har använts för beräkning av möjligt innehåll av biotit (Biotit % =  $K_{\text{utlakat}}/K_{\text{biotit}} \cdot 100$ ) då biotiten helt upplöses i kungsvatten (Snäll & Liljefors, 2000). Nederst i profilen är halten som högst, men bara 0,3–0,4 viktprocent (fig. 14).

### Fingrusmaterialets korndensitet

Bergarters vittringsbenägenhet har studerats utifrån densitetsändringar hos bergarterna (Ek & Snäll 1997). Då bergarterna vittrar ökar porositeten i kornen (kornen blir som "tvättsvampsaggregat") och därmed minskar densiteten hos kornen. För att få vederhäftiga mått på vittringen bör kornen inte vara så stora att en kärna ovittrat material blir kvar inuti kornen efter vittringen. Kornen får inte heller vara så små att enstaka korn endast består av ett och samma mineral (monomineraliska korn). Korn ur fingrusfraktionen (fraktion 2–5,6 mm) har bedömts vara lämpligast för densitetsbestämningar, dvs. metodiken passar för studier av bergarter som är finkorniga. Den finkorniga metavulkaniten som finns i området uppfyller således de ställda kraven. Metodiken har beskrivits av Ek & Snäll (1997).

Resultat av densitetsbestämningar (tabell 5) på gruskorn framsiktade ur moränen i de tre djupare profilerna visar att de större densitetsminskningarna finns i de två översta skikten av mineraljorden och som mest i blekjorden inom djupintervallet 0–5 cm. Densiteten hos kornen minskar från 2,57–2,63  $\text{g}/\text{cm}^3$  i djupare delar av profilerna till som mest 2,27  $\text{g}/\text{cm}^3$  i blekjorden i profil Born NE. Densiteten

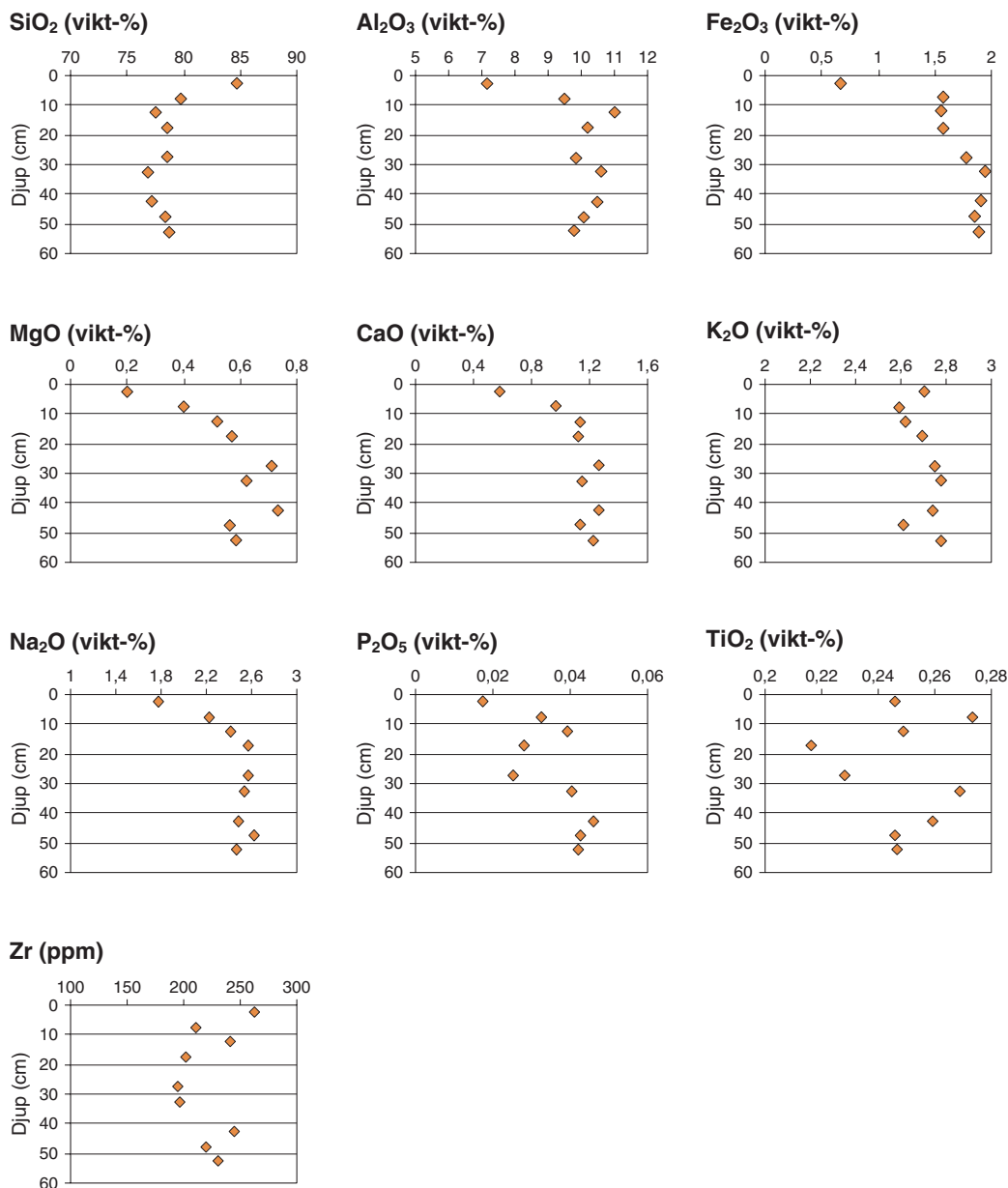


Fig. 13. Fördelning av huvudelement och vissa spårelement hos matrix (<2 mm) i profil Born C.  
*Distribution of major and some minor elements in soil matrix (<2 mm) from different depths in the Born C profile.*

har här således reducerats med 13 %.

Även i proverna som tagits i rutnätet är korndensiteten hos fingrusmaterialet i blekjorden under 2,30 g/cm<sup>3</sup> i ett antal punkter, nämligen i sydöstra delen av området och i tre punkter i sydväst, i punkterna A5, B5 och B6 (tabell 6). I en av punkterna i sydost, punkt B2, är densiteten hos fingrusmaterialet så låg som 2,11 g/cm<sup>3</sup>. I övriga delar av området är densiteten i allmänhet mellan 2,32 g/cm<sup>3</sup> och 2,36 g/cm<sup>3</sup>. Högre densitet, 2,40 g/cm<sup>3</sup> och 2,46 g/cm<sup>3</sup>, har fingrusmaterialet i punkterna B3 och C3.

I de djupaste rutnätsproven, från 10–30 cm djup i B-horisonten, är densiteten 2,57–2,61 g/cm<sup>3</sup> (jfr Born NE, Born C och Born SW) enbart i fem punkter. Detta tyder på att moränen på de flesta ställena är mer eller mindre vittringspåverkad i B-horisonten. Mest vittringspåverkad är gruskornen från B-horisonten i punkterna B5, C3, D1, E2 och F5 i vilka densiteten reducerats med mellan 9 och 12 % om materialet skulle ha haft en densitet av 2,61 g/cm<sup>3</sup> innan vittringen startade i profilen.

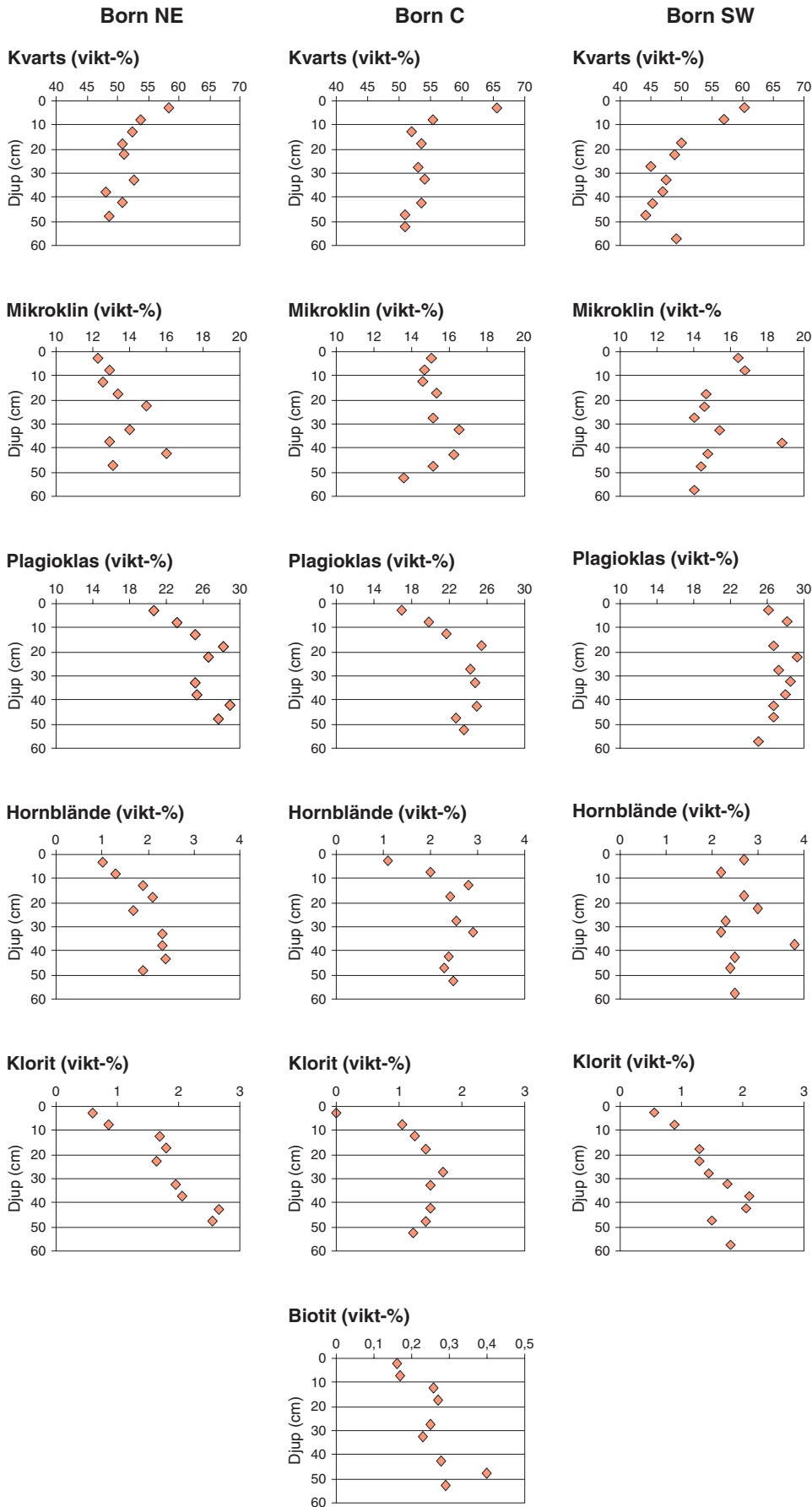


Fig. 14. Fördelning av mineral hos matrix (<2 mm) i de djupare profilerna Born NE, Born C och Born SW.

*Distribution of minerals in soil matrix (<2 mm) from different depths in the Born NE, Born C and Born SW profiles.*

Tabell 5. Densitet hos fingeruskorn (fraktion 2–5,6 mm) som separerats från olika djup i profilerna Born NE, Born C and Born SW.

Djupintervall cm	Korndensitet:		
	Born NE g/cm <sup>3</sup>	Born C g/cm <sup>3</sup>	Born SW g/cm <sup>3</sup>
0–5	2,27	2,32	2,41
5–10	2,51	2,55	2,48
10–15	2,57	2,59	
15–20	2,60	2,58	2,53
20–25	2,58		2,57
25–30		2,60	2,61
30–35	2,58	2,61	2,59
35–40	2,63		2,61
40–45	2,63	2,61	2,60
45–50	2,60	2,60	2,61
50–55		2,61	
55–60			2,63

Tabell 6. Densitet hos gruskorn (fraktion 2–5,6 mm) från djupintervallen 0–5 cm (E-horisonten), 5–10 cm (översta delen av B-horisonten) och 10–30 cm (B-horisonten) i rutnätsprovtagningen.

Provpunkt	Densitet:			Provpunkt	Densitet:		
	Djup 0–5 cm g/cm <sup>3</sup>	Djup 5–10 cm g/cm <sup>3</sup>	Djup 10–30 cm g/cm <sup>3</sup>		Djup 0–5 cm g/cm <sup>3</sup>	Djup 5–10 cm g/cm <sup>3</sup>	Djup 10–30 cm g/cm <sup>3</sup>
A1	2,27	2,26	2,55	D1	2,35	2,37	2,38
A2	2,29	2,45	2,52	D2	2,35	2,42	2,61
A3	2,40	2,38	2,42	D3	2,32	2,36	2,39
A4	2,33	2,42	2,54	D4	2,32	2,55	2,59
A5	2,24	2,21	2,48	D5	2,36	2,37	2,47
A6	2,32	2,50	2,46	D6	2,32	2,51	2,58
B1	2,27	2,25	2,52	E1	2,32	2,46	2,50
B2	2,11	2,30	2,50	E2	2,30	2,33	2,32
B3	2,24	2,31	2,44	E3	2,29	2,35	2,53
B4	2,36	2,38	2,59	E4	2,34	2,44	2,56
B5	2,27	2,25	2,29	E5	2,37	2,37	2,48
B6	2,27	2,27	2,46	E6	2,31	2,36	2,55
C1	2,24	2,37	2,39	F1	2,33	2,36	2,45
C2	2,27	2,30	2,47	F2	2,36	2,36	2,52
C3	2,46	2,48	2,37	F3	2,34	2,43	2,46
C4	2,34	2,44	2,51	F4	2,33	2,42	2,51
C5	2,35	2,38	2,42	F5	2,36	2,38	2,35
C6	2,30	2,45	2,57	F6	2,35	2,50	2,55

## Kvantifiering av vittring i gruskorn utifrån densitetsminskningen

Minskningen av densiteten hos fingruskornen har orsakats av vittringen i markprofilerna. Genom att bestämma hur stor andel dessa gruskorn utgör av jordarten kan deras bidrag till vittringen (i form av viktförluster) beräknas. I profil Born NE utgör fingrusfraktionen 2,2 % av E-horisontens (djupnivå 0–5 cm) volym och viktminskningen beräknat per m<sup>3</sup> är enligt densitetsbestämningarna 2610 kg – 2270 kg = 340 kg. Beräknat på 1 m<sup>2</sup> yta ger detta en viktförlust på 0,37 kg (tabell 7) från E-horisonten. Detta är viktförlusten i kvarvarande gruskorn. Från början var förmodligen grushalten i översta markskiktet densamma som i nuvarande C-horisont, 11,3 volymprocent. I så fall skul-

le viktförlusten från fingrusmaterialet i A2-horisonten bli 1,92 kg (värde angivet inom parentes i tabell 7). På basis av densitetsbestämningarna har viktförlusterna för varje nivå beräknats (till och med 25 cm djup) och summerats i tabell 7.

Motsvarande beräkningar i profilerna Born C och Born SW gav viktförluster som redovisas i tabell 8. Värderna för profil Born NE anges också i tabellen för underlättande av jämförelser.

För beräkning av minskningen av mineralinnehållet i profilerna har ekvationer framtagna av Teveldal m.fl. (1990)

Tabell 7. Viktförluster (baserade på densitets- och volymbestämningar) i gruskorn (2–5,6 mm fraktionen) beräknade per m<sup>2</sup> (A x B x C, kg/m<sup>2</sup>) för varje djupintervall i profil Born NE. Siffror inom parentes ( ) är viktförluster beräknade med förutsättningen att innehållet av gruskorn från början var lika som nuvarande C-horisont i hela profilen.

Djup cm	A Viktförlust/m <sup>3</sup> kg	B Vol./m <sup>2</sup> intervall m <sup>3</sup>	C Halt vol.-% x 10 <sup>-2</sup>	A x B x C Viktförlust/m <sup>2</sup> kg
0–5	2610–2270=340	0,05	0,022	0,37 (1,92)
5–10	2610–2510=100	0,05	0,039	0,20 (0,57)
10–15	2610–2570=40	0,05	0,039	0,08 (0,23)
15–20	2610–2600=10	0,05	0,034	0,02 (0,06)
20–25	2610–2580=30	0,05	0,042	0,06 (0,17)
C-horisonten	2610–2610=0	0,05	0,113	
Summa 0–25				0,73 (2,94)

Tabell 8. Viktförluster (baserade på densitets- och volymbestämningar) i gruskorn (fraktion 2–5,6 mm) i olika djupnivåer och totalt summerat t.o.m. 25 cm i profilerna Born NE, Born C and Born SW. Siffror inom parenteser ( ) är viktförluster beräknade med förutsättningen att innehållet av gruskorn från början var lika som nu föreligger i C-horisonten.

Djup cm	Viktförlust/m <sup>2</sup> Born NE kg	Born C kg	Born SW kg
0–5	0,37 (1,92)	0,41 (0,75)	0,42 (1,01)
5–10	0,20 (0,57)	0,08 (0,16)	0,33 (0,66)
10–15	0,08 (0,23)	0,04 (0,05)	0,37 (0,53)
15–20	0,02 (0,06)	0,07 (0,08)	0,41 (0,40)
20–25	0,06 (0,17)	0,03 (0,04)	0,15 (0,20)
Summa 0–25	0,73 (2,94)	0,62 (1,08)	1,68 (2,80)

## Kvantifiering av vittring utifrån mineralfördelningen i profilerna

nyttjats. Metodiken bygger på kvartsens egenskaper att motstå kemisk vittring och dess relativa fördelning i profilerna. Beräkningarna görs enligt följande:

$$TL\% = (1 - (Q\%U/Q\%W)) \times 100$$

där TL% är minskningen i procent i förhållande till ovittrat provmaterial, Q%U är kvartsinnehållet i det ovittrade provmaterial och Q%W är kvartsinnehållet i det vittrade provmaterialet.

Istället för kvoten (Q%U/Q%W) kan intensitetskvoten mellan kvartstopparna i XRD diagrammen (QIU/QIW) användas direkt för ovittrat respektive vittrat provmaterial om massabsorptionen i proverna i profilerna är ungefär lika (jfr Teveldal m.fl. 1990). I provmaterialet som analyserats i detta arbete har utfällda järnoxider och organiskt material tagits bort för att reducera effekterna av varierande massabsorption så långt som möjligt innan analyserna genomförts. För matrixmaterialet i de djupare profilerna har bestämningarna gjorts direkt utifrån intensitetskvoterna (QIU/QIW) med resultat som visas i detalj i tabell 9, tabell 10 och tabell 11. I övriga fall (för fingrusmaterialet och för proverna i rutnätsprofilerna) är bestämningarna baserade på haltkvoterna (Q%U/Q%W).

För bestämning av absoluta mängder av bortvittrade mineral måste också mängden av tillgängligt material för varje horisont (djupintervall) vara känd. Med följande ekvation (från Teveldal m.fl. 1990) kan den totala vittringen (TLW) i profilerna beräknas:

$$TLW = (W2 \times TL\%)/(100 - TL\%)$$

där TLW är absoluta massförlusten i varje horisont (djupintervall i profilerna), W2 är vikten av varje horisont (mineralens vikt i den fraktion bestämningarna görs).

För bestämning av bortvittrade mängder av enskilda element eller mineral beräknas ett TED-värde (Teveldal m.fl. 1990):

$$TED\% = (DU\% \times 100)/(100 - TL)$$

där DU är halten av komponenten i det ovittrade materialet. Utifrån TED-värdet och halten av den enskilda komponenten i det vittrade materialet (DW%, som tidigare analyserats) beräknas sedan vikt förlusten. Differensen mellan TED% och det observerade värdet (DW%) från analysen ger vikt förlusten i % i det analyserade provet (se Teveldal m.fl. 1990).

## Vittring i de djupare profilerna

### Vittring i matrix

I de tre djupare profilerna har TL-värdena, som är ett mått på vittringsintensiteten, bestämts separat för tre kvartstoppar, topparna vid 20,9° (2θ), 26,7° och 50,1° (med d-värdet 0,425 nm, 0,334 nm och 0,182 nm), i varje djupnivå och i profil Born C som dubbelprov (cylinder I och II) för varje nivå (Tabell 9). TL-värden beräknade för kvartstopparna i matrixen av moränen i profilerna Born NE och Born SW visas i tabell 10 respektive tabell 11. I dessa profiler har ett medelvärde för kvartstopparnas intensitet inom djupintervallen 35–40 cm, 40–45 cm och 45–50 cm antagits som kvartstopparnas intensitet i ”ovittrad” jord.

De beräknade massförlusterna (TL) i tabellerna 9, 10 och 11 visar vittringsintensiteten i mineraljordens matrix i profilerna sedan organiskt material och utfällda järn- och aluminiumoxider/hydroxider tagits bort. Siffrorna visar att vittringsintensiteten är ungefär lika (medelvärden mellan

22 % och 23,5 %) i E-horisonten (djupintervall 0–5 cm) i alla tre profilerna. I profil Born C kan nästan ingen vittring påvisas under översta delen av B-horisonten, från 10 cm djup och nedåt i profilen. I profilerna som tagits i slutningarna i nordost (profil Born NE) och sydväst (profil Born SW) kan vittring av mineralen påvisas ner till 35–40 cm djup.

För beräkning av totala mineralmängder (TLW) som vittrat bort måste hänsyn tas till hur mycket material som finns tillgängligt (kg/m<sup>2</sup>) på varje nivå (jfr tabellerna 1–3). Resultaten av dessa beräkningar (tabell 12) visar att mest material vittrat bort från profilerna som grävts i slutningarna, Born NE och Born SW, och mest från profil Born SW, 32 kg/m<sup>2</sup>. I profil Born NE har mindre mängd vittrat bort beroende framför allt på mindre tillgång på mineraljord som följd av hög halt organiskt material hos moränen i denna profil. I profil Born C med den minsta mängden bortvittrat material, 17 kg/m<sup>2</sup>, har vittringen som

Tabell 9. Massförluster, TL (Teveidal m.fl. 1990), baserade på intensitetskvoter från XRD-analys för tre kvartstoppar i matrix-materialet från profil Born C (cylinder I och II).

Born C djupintervall cm	Cylinder I:			Cylinder II:			Born C TL (Medel) %
	TL (20,9°) %	TL (26,7°) %	TL (50,1°) %	TL (20,9°) %	TL (26,7°) %	TL (50,1°) %	
0-5	20,2	21,0	19,0	23,2	25,1	26,6	22,5
5-10	4,8	5,8	9,5	10,3	12,4	14,5	9,5
10-15	-0,8	-0,2	-3,3	4,0	-0,7	2,0	0,1
15-20	2,6	-2,9	1,5	-1,0	1,5	-0,5	0,2
20-25							
25-30	-2,8	-0,5	-0,5	-0,1	-0,9	-0,2	-0,8
30-35	4,2	4,4	3,5	-2,3	-4,0	-5,4	0,1
35-40							
40-45	-2,0	0,2	-0,1	1,5	0,4	1,4	0,2
45-50	-2,4	-1,6	-4,7	1,8	2,7	4,2	0,0

Tabell 10. Massförluster, TL (Teveidal m.fl. 1990), baserade på intensitetskvoter från XRD-analys för tre kvartstoppar i matrix-materialet från profil Born NE

Born NE djupintervall cm	Born NE			Born NE TL (Medel) %
	TL (20,9°) %	TL (26,7°) %	TL (50,1°) %	
0-5	21,5	22,3	26,6	23,5
5-10	14,9	14,5	14,9	14,7
10-15	2,5	9,6	9,8	7,3
15-20	3,6	3,6	5,5	4,2
20-25	5,1	4,3	10,8	6,7
30-35	6,6	6,7	10,0	7,8
35-40	-1,1	1,9	4,8	1,9
40-45	-4,7	-0,1	-1,2	-2,0
45-50	5,3	-1,9	-4,0	-0,2

Tabell 11. Massförluster, TL (Teveidal m.fl. 1990), baserade på intensitetskvoter från XRD-analys för tre kvartstoppar i matrix-materialet från profil Born SW.

Born SW djupintervall cm	Born SW			Born SW TL (Medel) %
	TL (20,9°) %	TL (26,7°) %	TL (50,1°) %	
0-5	20,9	22,2	22,9	22,0
5-10	14,3	11,7	14,0	13,3
15-20	7,0	3,1	7,0	5,7
20-25	1,9	0,1	-0,1	0,7
25-30	0,5	-0,3	5,0	1,7
30-35	2,3	0,5	4,6	2,4
35-40	0,2	4,0	2,9	2,4
40-45	-3,7	-2,2	-4,0	-3,3
45-50	3,2	-2,1	0,9	0,7

Tabell 12. Absoluta vikt förluster (TLW, kg/m<sup>2</sup>) beräknade för mineraldelen av matrixen (fraktion <2 mm) i profilerna Born NE, Born C och Born SW.

Djupintervall cm	Born NE TLW (kg/m <sup>2</sup> )	Born C TLW (kg/m <sup>2</sup> )	Born SW TLW (kg/m <sup>2</sup> )
0-5	9,9	14,7	17,2
5-10	4,7	2,5	6,3
10-15	2,4	0,03	4,3
15-20	1,7	0,1	2,3
20-25	2,9	-0,2	0,3
25-30	3,1	-0,5	0,8
30-35	3,2	0,1	1,0
35-40	0,8	0,1	1,0
40-45	-0,9	0,1	-1,4
45-50	-0,1	0	0,3
Summa 0-50	27,7	17,0	32,0

Tabell 13. Ackumulerad vikt förlust av element (som oxider) och mineral i matrix (<2 mm fraktionen) i profil Born C, (0-20 cm).

Oxid	Bortvittrat kg/m <sup>2</sup>	Mineral	Bortvittrat kg/m <sup>2</sup>
SiO <sub>2</sub>	3,5	Plagioklas	11,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	4,6	Mikroklin	4,0
CaO	0,9	Hornblende	2,3
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	1,1	Klorit	1,3
K <sub>2</sub> O	0,9	Vermikulit	Ej bestämt
MgO	0,9	Glimmer, illit	Ej bestämt
Na <sub>2</sub> O	1,4	Epidot	Ej bestämt
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,07		
H <sub>2</sub> O	1,3		
Summa	14,7	Summa	19,1

tidigare betonats i huvudsak ägt rum i de översta 10 cm av profilen.

I profil Born C där såväl kemiska som mineralogiska analyser utförts har beräkningar av vittringsförlusterna av både element och mineral genomförts ner till 20 cm djup (tabell 13). Dessa beräkningar ger en total vittring av 14,7 kg/m<sup>2</sup> för huvudelementen (som oxider) och 19,1 kg/m<sup>2</sup> för mineralen. Dessa värden kan jämföras med absoluta massförluster angivna i tabell 11. Diskrepanserna beror på osäkerheter i analysvärdena.

Beräknas mängderna av bortvittrade mineral utifrån elementförlusterna så motsvarar 1,4 kg/m<sup>2</sup> Na<sub>2</sub>O 11,9 kg/m<sup>2</sup> bortvittrad albit, dvs. något mer än den totala mängden bortvittrad plagioklas (11,5 kg/m<sup>2</sup>, se tabell 13) enligt beräkningarna från de mineralogiska analyserna. Räknas förlusten av CaO (0,9 %) som förlust av anortit från plagioklasen så motsvarar denna 4,5 % plagioklas, dvs. den bortvittrade plagioklasen skulle ha haft en anortithalt av 27 %. Men en del av den bortvittrade kalciumoxiden har även varit bunden i hornbländet och möjligen också i epidot. Reduceras bortvittrad CaO för CaO bundet i hornblände (hornblände antas i detta fall innehålla 11 % CaO) fås 0,65 % plagioklasbundet CaO vilket ger en anortithalt av 21 % i den vittrade plagioklasen i profil Born C. Detta är en lägre anortithalt än den i plagioklasen i områdets berggrund vars anortithalt ofta ligger i intervallet 30–35 %. Detta indikerar att all plagioklas i profilen är vittringspåverkad, även materialet i C-horisonten.

Omräknas förlusten av K<sub>2</sub>O till förlust av mikroklin blir denna 5,3 kg/m<sup>2</sup>, således även detta en förlust som något överstiger förlusten (4,0 kg/m<sup>2</sup>) beräknad utifrån mineralbestämningarna. Att göra samma jämförelser med de andra mineralen är inte meningsfullt eftersom deras kemiska sammansättning kan variera inom vida gränser.

I vittringsstudier anges ofta hur mycket baskatjoner som vittrat bort. Värdena i tabell 13 omräknade till ekvivalenter ger för kalcium 32,1 ekv./m<sup>2</sup>, för magnesium 44,7, för kalium 19,1 och för natrium 45,2. I genomsnitt årligen sedan inlandsisen drog sig tillbaka från området för 10 300 år sedan har således 3,1 milliekvivalenter/m<sup>2</sup> Ca, 4,3 Mg, 1,9 K och 4,4 Na, dvs. totalt 13,7 mekv. baskatjoner/m<sup>2</sup> och är vittrat bort från profil Born C.

Bestämningarna för mineralen visar att plagioklasen står för merparten av vittringen i profil Born C. Den bidrar dubbelt så mycket som övriga mineral tillsammans och ca tre gånger så mycket som mikroklinen. Kloriten bidrar minst beroende på att jordarten har ett lågt innehåll av klorit. I det översta markskiktet (djupintervallet 0–5 cm) är den lättvittrade kloriten helt bortvittrad.

### Vittring i grusfraktionen (2–5,6 mm)

I grusfraktionen har ingen vittring påvisats på större djup än 10 cm utifrån kvartsfördelningen i profilerna, inte ens i slutningsprofilerna, Born NE och Born SW (fig. 15), som

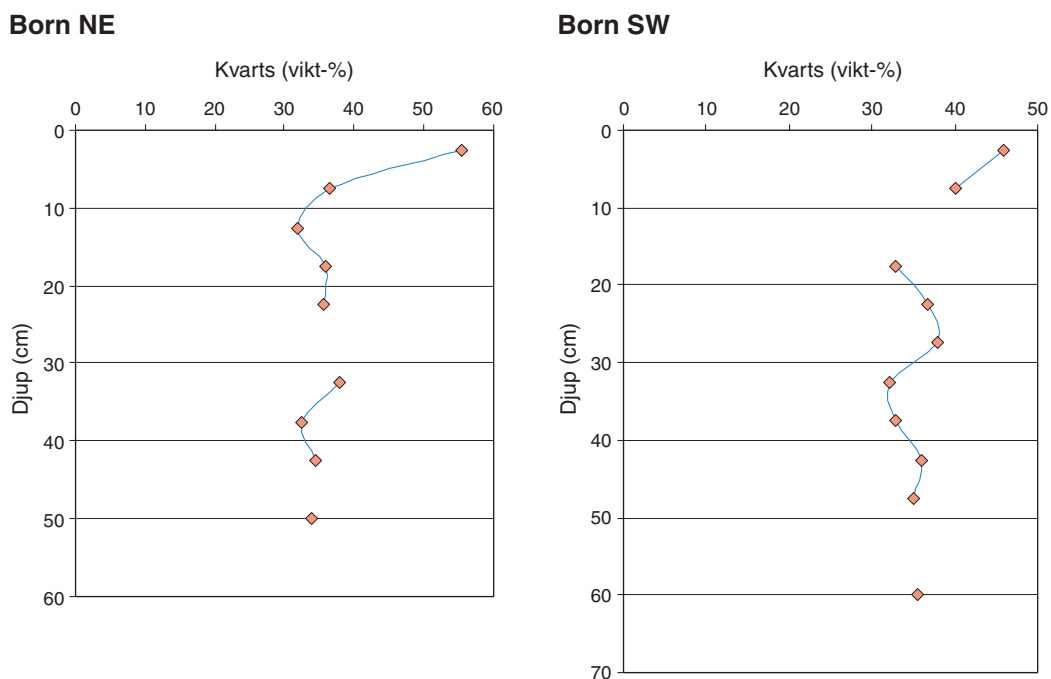


Fig. 15. Kvartsinnehåll i gruskorn (fraktion 2–5,6 mm) i profilerna Born NE och Born SW. Quartz content of gravel grains (fraction 2–5.6 mm) from different depths in the Born NE (left) and Born SW (right) profiles.

i genomsnitt har kvartsinnehåll på 34,8 respektive 34,9 viktprocent på djup större än 10 cm (material ur de volymbestämda cylindrarna).

Beräkning av massförlusten (TL, tabell 14) ger ungefär samma värde för grusmaterialet i profil Born SW som i matrixen i samma horisont. I de två andra profilerna är vittringsintensiteten högre i grusfraktionen än i matrixen (jfr tabell 14 med tabell 11).

Absoluta vikt förlusterna i gruskornen, TLW ( $\text{kg/m}^2$ ), blir då, vid beaktande av hur stor andel av jordarten fingrusmaterialet utgör, de mängder som redovisas i tabell 15. Som mest har 4–4,3  $\text{kg/m}^2$  vittrat bort från gruskornen som nu anträffas i E-horisonten och översta delen av B-horisonten (inom djupintervallet 0–10 cm). Större mängder erhålls först om beräkningarna görs utifrån innehållet av gruskorn i det ovittrade materialet i C-horisonten. I så fall fördubblas och till och med tredubblas mängderna som värdena inom parentes visar.

Tabell 14. Beräknade massförluster, TL, i gruskorn (fraktion 2–5,6 mm), utifrån kvartsfördelningen i profilerna.

Horisont cm	Born NE TL (%)	Born C TL (%)	Born SW TL (%)
0–5	37,2	31,3	23,8
5–10			13,0

Tabell 15. Beräknade vikt förluster, TLW ( $\text{kg/m}^2$ ), i gruskorn (2–5,6 mm fraktionen) i profilerna Born NE, Born C and Born SW. Siffror inom parentes ( ) är vikt förluster beräknade med förutsättningen att innehållet av gruskorn från början var lika som nuvarande i C-horisont, dvs. identiskt i hela profilen.

Horisont cm	Born NE TLW ( $\text{kg/m}^2$ )	Born C TLW ( $\text{kg/m}^2$ )	Born SW TLW ( $\text{kg/m}^2$ )
0–5	4,0 (12,1)	2,6 (4,8)	2,6 (5,6)
5–10			1,7 (2,8)
S:a 0–10	4,0 (12,1)	2,6 (4,8)	4,3 (8,4)

## Vittring i de grundare profilerna (rutnätsprovtagningpunkterna)

Förutom i materialet från B-horisonten (djup 10–30 cm) har mineralbestämningar gjorts i prover från översta delen av B-horisonten (djup 5–10 cm) och i prover från E-horisonten (djup 0–5 cm). Kvartshalterna från dessa bestämningar har använts för beräkning av massförluster (vittringsintensiteten) i provpunkterna i de två översta provtagningsnivåerna, E och översta B. Bestämningar har gjorts i såväl grusmaterialet (fraktion 2–5,6 mm) som i matrixen (tabell 16). Som framgår av tabellen är förlusterna i allmänhet påtagligt mera omfattande i grusmaterialet än i matrixmaterialet. Nästan utan undantag har blekjorden (E-horisonten, djupintervall 0–5 cm) vittrat mer än översta delen av rostjorden (B-horisonten, djupintervall 5–10 cm).

Den totala vittringen i de 36 provtagningspunkterna har beräknats (tabell 17) utifrån värdena (vittringsintensiteten) givna i tabell 16 och det beräknade mineralinnehållet, d.v.s. totala mängden av material korregerat för fuktinnehåll, innehåll av organiskt material och extraherbara aluminium- och järnoxider/hydroxider i de två provtagningsnivåerna. De angivna värdena i tabell 17 är total vittring av mineral (på fuktfritt material som torkats vid 110°C) i de översta markskikten som ägt rum sedan istiden. Härvid antas att materialet i B-horisonten på jorddjupet 10–30 cm inte vittrat i någon påtaglig omfattning.

Tabell 16. Massförluster, TL, beräknade i matrix (fraktion <2 mm) och i gruskorn (fraktion 2–5,6 mm), utifrån kvartsfördelningen i de tre provtagna nivåerna i profilerna.

Punkt	Djup	Fraktion <2 mm	Fraktion 2–5,6 mm	Punkt	Djup	Fraktion <2 mm	Fraktion 2–5,6 mm
	cm	TL %	TL %		cm	TL %	TL %
A1	0–5	18,4	45,6	D1	0–5	13,8	42,2
	5–10	11,2	27,4		5–10	18,1	14,0
A2	0–5	12,3	28,7	D2	0–5	12,3	23,1
	5–10	5,4	12,3		5–10	10,7	8,4
A3	0–5	7,4	7,2	D3	0–5	23,7	42,1
	5–10	10,6	14,5		5–10	10,2	29,6
A4	0–5	15,7	13,8	D4	0–5	18,2	22,5
	5–10	1,2	0,8		5–10	4,1	9,5
A5	0–5	21,8	36,6	D5	0–5	13,7	37,4
	5–10	16,1	27,4		5–10	11,0	28,4
A6	0–5	15,0	26,2	D6	0–5	15,5	24,7
	5–10	0	0,5		5–10	11,2	0
B1	0–5	26,3	50,4	E1	0–5	4,7	22,3
	5–10	18,8	43,4		5–10	0,2	3,8
B2	0–5	22,5	41,4	E2	0–5	5,4	36,7
	5–10	0	0		5–10	0	13,3
B3	0–5	8,7	24,3	E3	0–5	17,0	51,3
	5–10	1,2	15,7		5–10	5,0	5,7
B4	0–5	20,7	28,0	E4	0–5	8,1	26,9
	5–10	13,9	5,7		5–10	9,2	8,3
B5	0–5	13,6	37,3	E5	0–5	6,8	33,7
	5–10	5,9	25,3		5–10	5,1	19,4
B6	0–5	14,1	33,0	E6	0–5	17,5	32,9
	5–10	0	0		5–10	5,7	11,6
C1	0–5	1,0	12,7	F1	0–5	10,9	12,4
	5–10	1,0	0		5–10	6,7	2,4
C2	0–5	11,2	33,8	F2	0–5	19,8	33,9
	5–10	11,2	13,9		5–10	25,7	27,6
C3	0–5	0	0	F3	0–5	12,4	11,9
	5–10	0	0		5–10	11,8	7,3
C4	0–5	15,0	21,5	F4	0–5	19,6	35,5
	5–10	2,8	2,2		5–10	11,5	13,4
C5	0–5	26,0	60,6	F5	0–5	6,8	31,1
	5–10	21,1	44,8		5–10	1,6	0
C6	0–5	26,3	41,7	F6	0–5	17,6	45,9
	5–10	14,4	0		5–10	11,5	3,3

Tabell 17. Vittring, beräknad som absoluta viktförluster (TLW, kg/m<sup>2</sup>, bestämda relativt B-horisontens sammansättning) i matrixen (fraktion <2 mm), fingrusfraktionen (fraktion 2–5,6 mm) och totalt (<5,6 mm) för mineraldelen i de översta jordlagren (djupintervall 0–5 cm och 5–10 cm).

Punkt	Djup	Fraktion <2 mm TLW kg/m <sup>2</sup>	Fraktion 2–5,6 mm TLW kg/m <sup>2</sup>	Fraktion <5,6 mm TLW kg/m <sup>2</sup>	Punkt	Djup	Fraktion <2 mm TLW kg/m <sup>2</sup>	Fraktion 2–5,6 mm TLW kg/m <sup>2</sup>	Fraktion <5,6 mm TLW kg/m <sup>2</sup>
A1	0–5	10,9	1,3	12,2	D1	0–5	5,6	3,4	9,0
	5–10	6,8	1,4	8,3		5–10	7,9	0,6	8,5
A2	0–5	3,5	1,9	5,4	D2	0–5	6,2	0,8	6,9
	5–10	1,0	0,4	1,4		5–10	5,6	0,4	6,0
A3	0–5	1,6	0,3	1,8	D3	0–5	17,9	0,5	18,4
	5–10	3,1	0,9	4,0		5–10	8,1	0,7	8,7
A4	0–5	8,5	0,6	9,1	D4	0–5	12,5	0,4	12,9
	5–10	0,5	0,1	0,5		5–10	1,1	0,1	1,2
A5	0–5	13,6	1,3	14,9	D5	0–5	6,1	1,0	7,1
	5–10	6,8	1,5	8,3		5–10	4,7	0,8	5,4
A6	0–5	6,4	0,6	7,0	D6	0–5	7,6	1,3	8,9
	5–10	0	0	0		5–10	4,9	0	4,9
B1	0–5	16,0	1,3	17,3	E1	0–5	1,8	1,0	2,8
	5–10	13,4	2,3	15,8		5–10	0,1	0,4	0,5
B2	0–5	13,3	3,0	16,2	E2	0–5	2,8	2,6	5,4
	5–10	0	0	0		5–10	0	0,3	0,3
B3	0–5	2,1	1,0	3,0	E3	0–5	10,3	2,3	12,6
	5–10	0,3	0,9	1,2		5–10	1,0	0,1	1,0
B4	0–5	9,1	0,5	9,6	E4	0–5	3,5	0,2	3,7
	5–10	5,1	0,2	5,4		5–10	5,2	0,3	5,6
B5	0–5	8,6	1,4	10,1	E5	0–5	1,7	1,0	2,6
	5–10	3,2	0,9	4,0		5–10	1,8	0,7	2,5
B6	0–5	8,9	0,9	9,8	E6	0–5	9,2	1,8	11,1
	5–10	0	0	0		5–10	1,3	0,9	2,2
C1	0–5	0,2	0,1	0,3	F1	0–5	5,2	0,8	5,8
	5–10	0,2	0	0,2		5–10	2,1	0,2	2,3
C2	0–5	4,2	2,0	6,2	F2	0–5	11,7	1,0	12,7
	5–10	3,5	1,2	4,7		5–10	19,6	0,6	20,2
C3	0–5	0	0	0	F3	0–5	5,1	0,7	5,8
	5–10	0	0	0		5–10	4,7	0,4	5,0
C4	0–5	8,8	1,0	9,8	F4	0–5	12,9	2,2	15,1
	5–10	1,3	0,1	1,4		5–10	5,3	1,3	6,5
C5	0–5	16,9	4,7	21,6	F5	0–5	3,6	0,9	4,6
	5–10	11,2	3,6	14,7		5–10	0,5	0	0,5
C6	0–5	15,6	1,1	16,7	F6	0–5	7,9	1,7	9,6
	5–10	7,6	0	7,6		5–10	3,4	0,1	3,4

## Diskussion

### Allmänt

Detta område i Bergslagen utvaldes då det ansågs passande för studien utifrån tillgänglig geologisk information. Kravet var att undersökningsområdet skulle vara så homogent som möjligt med avseende på berggrund och jordart. Dessutom skulle modermaterial till jordarten, dvs. berggrunden i området, vara finkornig. Dessa villkor syntes uppfylla vid projektets start. Analyserna visade dock att moränen inte uppvisade förväntad homogenitet.

Jordartskartan (Magnusson 1978) visar att jordarten i området är en homogen sandig-moig morän, men i större delen av området är moränen finkornigare (siltig). Dessutom finns betydande partier med grusig morän, i östra sluttningen av höjdområdet och i mindre höjdryggar inom området (se fig. 5). Dessa partier är möjligen ändå för små för att återges på en så generaliserad bild som kartan i skalan 1:50 000 anger.

I de flesta provtagningspunkter skiljer sig moränens mineralogiska sammansättning från berggrundens sammansättning. Moränen har högre kvartshalt och lägre innehåll av plagioklas än berggrunden. I en provtagningspunkt uppvisar dock moränen en mineralogisk sammansättning som är lik berggrundens, nämligen i provpunkt C5. Moränen i denna punkt har låg kvartshalt (se fig. 8 och 9) och hög plagioklashalt (59 % i matrixen, se fig. 10 och 11). Det är tydligt att inlandsisen här tagit upp lokalt berggrundsmaterial. I övriga provtagningspunkter är kvartshalten hög. Plagioklasinnehållet är lågt, mindre än 28 % i större delen av området. Endast i östra kanten och i sydöstra delen av området är plagioklashalten något högre, 28–39 % i moränens matrix. Detta visar att moränen i området inte är lokal utan att den har transporterats en längre sträcka. Under denna transport har bergartskornen till större delen malts ner till kornstorlekar i siltfraktionen (moig morän). I öster och sydost finns dock ett visst inslag av lokalt berggrundsmaterial i moränen, vilket indikeras av en högre plagioklashalt.

Mineralsammansättningen i proverna från olika djupnivåer i provpunkt C5 visar vad som sker vid vittring av i huvudsak lokalt berggrundsmaterial. Den lokala moränen i C5 har ett mycket högt plagioklasinnehåll (liksom berggrunden i området) och halten minskar starkt medan kvartshalten ökar relativt sett uppåt i profilen vid vittringen. I de övriga provtagningspunkterna skiljer sig moränens mineralogiska sammansättning i C- och B-horisonterna från den lokala berggrundens sammansättning genom en betydligt lägre plagioklashalt och en högre kvartshalt. Detta tyder på, att materialet redan vid transporten

varit starkt vittringpåverkat och att vittringen av materialet således skett innan det avsattes.

En XRD-analys av lerfraktionen som separerats från C-horizonten i profilen Born C från större djup, 70–100 cm, visade även den att materialet är vittringpåverkat. Tydlig närvaro av sekundära mineral som vermikulit och blandskiktmineral indikerar detta. Huruvida omvandlingen till sekundära mineral skett på platsen eller tidigare är dock inte möjligt att avgöra från denna analys.

En möjlig förklaring till den relativt höga kvartshalten i den långtransporterade moränen skulle kunna vara en rent mekanisk anrikning av kvarts i vissa kornstorleksfraktioner under transporten, enligt konceptet ”terminal grades” (Dreimanis & Vagners 1971), men denna förklaring är mindre trolig eftersom en stor del av matrix fortfarande består av bergartsfragment, som inte helt krossats ned vid istransporten.

Mekanismerna för moränbildning omfattar även att gamla vattensorterade sediment eller issjosediment inkorporeras i moränen.

Uppmätta densiteter hos gruskornen visar även de att bergartsmaterialet i moränen har vittrat tidigare och minskat i densitet. Densiteten hos den typ av bergart som finns i området är i ovittrat tillstånd  $2,67 \text{ g/cm}^3$  (Snäll 1991). Detta kan jämföras med uppmätta densiteter på  $2,60\text{--}2,63 \text{ g/cm}^3$  för fingruskornen i moränens C-horisont.

Det var en hypotes från början att värden från densitetsbestämningar på gruskorn i morän skulle kunna användas för vittringskartering. Det har emellertid visat sig i denna studie att den metodiken är för osäker och okänselig. Den ger indikationer på att ett material är mer eller mindre vittrat men ger i absoluta termer alldeles för låga värden (jfr tabell 8 med tabell 15). Densitetsminskningen ger bara ett mått på den vittring som sker inuti kornen och som medför att kornen får en porös struktur. Den vittring som sker på ytan av ett korn, som sannolikt är vanligast, blir inte uppmätt med denna metodik. Då fältspatkristaller i ett bergartskorn som består av kvarts och fältspat vittrar och fältspatkristallerna lossnar från ytan av kornet ökar kvartshalten i kornet. Densiteten minskar däremot bara obetydligt i sådana fall, eftersom kvartsens densitet är  $2,65$ , mikroklinsens  $2,57$  och plagioklasens  $2,65\text{--}2,69 \text{ g/cm}^3$  i denna bergart.

Vittringen som sker inuti kornen kan till stor del vara ett resultat av svampars aktivitet i marken i symbios med trädens rötter (se Jongmans m.fl. 1997) i s.k. mykorrhizamattor. Indikationer finns på att svamphyferna utsöndrar svaga syror som i angreppspunkterna löser upp mineralen så att hyferna kan tränga in och bilda gångar i mineral-

kornen. Möjligen kan näringsämnen överföras direkt från svamparna till trädens rötter utan omväg via marklösningar (se van Breemen m.fl. 2000).

För växterna är kalcium ett viktigt mineralämne. I mineraljorden i undersökningsområdet är mineralet plagioklas den främsta kalciumkällan. I plagioklasen ligger kalcium bundet i anortitkomponenten. Plagioklasens anortithalt är oftast relativt hög, 30–35 %, i den berggrund som finns i området (se Lundström 1983). Ur direkt kemisk synvinkel hör kalciumrika plagioklaser (anortit) till de mera lättvittrade mineralen (Sverdrup 1990). Det faktum att vittringen är betydligt starkare (intensivare) i grusfraktionen av moränen än i matrix, i motsats till en förväntad, starkare vittring i matrix (p.g.a. matrixmaterialets större reaktiva yta), kan förklaras av att svamphyferna främst söker sig till den största kalciumkällan, dvs. gruskornen som är rikast på plagioklas.

Därtill skulle den starka vittringen i grusfraktionen kunna förklaras av att svamphyferna söker sig till mineral som innehåller andra för svamparna viktiga näringsämnen. Fosfor är ett sådant ämne (van Breemen m.fl. 2000). Enligt van Breemen m.fl. (2000) är inneslutningar av fosformineral (apatit) typiskt i fältspater, men apatit finns också som fria mineralkorn i jordarterna.

Bestämningarna av mineralfördelningen i de undersökta proverna har gjorts genom kvantitativ XRD-analys. Ekvationer för samband mellan halter och intensiteter på identifierade minerals toppar i XRD-diagrammen som redovisas i Snälls (1999) rapport har nyttjats. Den standard som använts för kloriten i rapporten (Snäll 1999) visade sig dock ge ungefär dubbla den verkliga klorithalten. Detta har undersökts genom detaljerad haltbestämning av kloriten genom separation av mineralet. Mineral med densitet  $>2,68 \text{ g/cm}^3$  separerades ur provet från B-horisonten i provpunkt C5 (material ur fraktion 2–5,6 mm krossat till kornstorlek  $<0,5 \text{ mm}$ ). Det visade sig att 5 viktprocent av materialet hade densitet  $>2,68 \text{ g/cm}^3$  och att detta material i huvudsak bestod av klorit. Klorithalten bestämd genom XRD-analys var i detta fall 10 %. Det innebär att de halter som ekvationen gällande för den standardklorit Snäll (1999) gett måste reduceras till hälften för att anpassas till den klorit som ingår i detta provmaterial (genomfört i Bilaga 2).

## Moränerna i området

Utifrån deras mineralogiska sammansättning och kornstorlekssammansättning kan moränerna i området indelas i fem grupper:

1) En långtransporterad, finkornig, kvartsrik morän som återfinns i de norra delarna och inom höjdpartierna i de

centrala delarna av området samt i det mindre höjdområdet i sydvästligaste delen av området. I denna morän är jorddjupet mycket tunt, ofta bara 20–40 cm i provtagningspunkterna.

2) En lokal morän med en sammansättning som starkt liknar berggrundens med ett mycket högt plagioklasinnehåll representerad av moränen i punkt C5. Provtagningspunkten är belägen i en höjdrygg omedelbart söder om en större håll (se fig. 4).

3) En grovkornig morän i östsluttningen av höjdområdet.

4) Moränen i sydostligaste delen av området.

5) Moränen i den lilla höjdryggen i sydväst, representerad av provpunkterna A5 och B5, som har en något avvikande sammansättning på grund av ett högre innehåll av hornblände och klorit än moränerna i övriga provpunkter.

Moränen i östsluttningen och moränen i sydostligaste delen av området (3 och 4) har ett relativt högt plagioklasinnehåll och ett lägre mikroklininnehåll än i andra delar av området. Detta framträder om kvoterna mellan plagioklashalterna och mikroklinhalterna beräknas (tabell 18). I proverna från den branta östra sluttningen av höjdområdet och i sydost är kvoterna i nästan samtliga punkter  $>2$  (provpunkterna A1, A2, A3, B1, B2, B3, C1, D1, D2 E1). Moränen i övriga delen av området karakteriseras av ett lägre plagioklas/mikroklinförhållande (utom i provpunkt C5).

Grupperas moränerna på detta sätt synes mineralsammansättningen vara en av de viktigare faktorerna för vittringen i jordarten.

## Vittringsintensitet

Genom kemisk vittring har podsolvjordar vanligen fått en väl utvecklad vit, gråvit eller grå urlakningshorisont (E-horisonten) eller s.k. blekjord. Så är också fallet här. I de allra flesta punkter i området är denna ca 5 cm tjock. Några få undantag finns dock. Mäktigare blekjord finns i punkterna E1 (10 cm) och E4 (8 cm) och tunnare i punkterna C5 (4 cm), D5 (1 cm) och E5 (2 cm). I punkt C3 har ingen blekjord utvecklats. Avsaknaden av urlakningshorisont i punkt C3 beror sannolikt på att markberedning gjorts i denna del av området och att den naturliga lagerföljden blivit störd (omvänd).

Någon högre vittringsintensitet i stort (beräknad som massförlust, TL%, tabell 16) har inte kunnat påvisas i provpunkter med mäktigare urlakningshorisonter.

Tabell 18. Kvoter mellan uppmätta halter av plagioklas och mikroklin i matrix (fraktion <2 mm) från moränens B-horisont. Prov från östsluttningen och området i sydost är understrukt i tabellen.

Provpunkt	Plagioklas vs. mikroklin kvot	Provpunkt	Plagioklas vs. mikroklin kvot	Provpunkt	Plagioklas vs. mikroklin kvot
A1	2,3	<u>C1</u>	3,4	<u>E1</u>	2,7
A2	2,5	<u>C2</u>	1,8	E2	1,6
<u>A3</u>	2,5	<u>C3</u>	1,9	E3	1,8
A4	1,6	C4	1,5	E4	1,6
A5	1,8	C5	14,8	E5	1,4
A6	1,5	C6	1,6	E6	1,9
<u>B1</u>	2,1	<u>D1</u>	2,3	<u>F1</u>	1,9
<u>B2</u>	3,3	<u>D2</u>	2,2	F2	1,7
<u>B3</u>	2,4	D3	1,4	F3	1,2
B4	1,5	D4	1,5	F4	1,4
B5	1,6	D5	1,6	F5	1,5
B6	1,8	D6	1,7	F6	1,7

Mycket hög vittringsintensitet har däremot uppmätts i provpunkten med 4 cm tjock blekjord (punkt C5).

I punkterna med mycket tunn urlakningshorisont (D5 och E5) är den totala vittringen (i  $\text{kg/m}^2$ , tabell 17) också mycket låg beroende på ett jämförelsevis lågt innehåll av vittringsbara mineral i de översta markskikten.

Graden av vittringspåverkan (vittringsintensiteten) varierar starkt inom området (tabell 16, fig. 16 och 17). Som mest vittringspåverkade är mineralen i prover från en mindre höjdrygg, väster om den större höjden, samt i prover från den sydostligaste delen av området. I båda dessa delar av området är det stark vittringspåverkan i såväl urlakningshorisonten (E) som i översta delen av B-horisonten. Även i prover från den isolerade höjden i nordost (provpunkt F2) uppvisar mineralen stark vittringspåverkan liksom i provpunkt D3 uppe i stora höjdområdet.

I många av provpunkterna är vittringen jämförelsevis hög i urlakningshorisonten, men det är framför allt den vittring som sker i översta delen av B-horisonten som visar skillnaderna mellan provtagningspunkterna. I vissa av provtagningspunkterna är vittringsintensiteten mycket låg i översta delen av B-horisonten. Nästan genomgående är vittringspåverkan större i grusmaterialet än i matrixen (fig. 18). I termer av totala mängder ( $\text{kg/m}^2$ ) av bortvittrat material <5,6 mm utgör dock bidraget till vittringen från grusmaterialet bara en mindre del beroende på kornstorlekssammansättningen i jordarten. Fingrusmaterialet utgör i merparten av proverna en betydligt mindre andel av moränen än matrixen.

## Total vittring

I över hälften av proverna är bidraget från fingrusfraktionen till den totala vittringen <15 % och i några bara 4–7 % (se tabell 17). Det sistnämnda gäller framför allt i prover från den finkorniga moränen uppe på de högsta höjderna i centrala delen av området (jfr fig. 19, 20 och 21). Det finns också prov där vittringen från fingrusfraktionen bidrar med en stor andel, 30–50 %, av vittringen. Det är i de grovkorniga moränerna i östsluttningen av höjdområdet som bidraget från grusmaterialet är stort, men totalt sett är vittringen i dessa provpunkter jämförelsevis låg.

I punkt C5, med morän vars mineralogiska sammansättning mest liknar den lokala berggrundens, är den totala vittringen högst i hela området. Totalt har  $36,4 \text{ kg/m}^2$  vittrat bort, varav matrix bidrar med  $28,1 \text{ kg/m}^2$  och fingrusfraktionen med  $8,3 \text{ kg/m}^2$ . Här är således bidraget från fingrusfraktionen till totala vittringen betydande (23 %).

## Faktorer som påverkar vittringen

Det är stora variationer i vittringen inom området. Olikheter i mineralsammansättning i moränerna är en förklaring till variationerna. Plagioklas är det mineral som bidrar mest av mineralen till vittringen (jfr Bain m.fl. 1994) även i morän som är relativt fattig på lättvittrade mineral som i den finkorniga kvartsrika moränen i profil Born C där plagioklasen står för mer än hälften av det bortvittrade materialet (se tabell 13). Än större betydelse har sannolikt plagioklasinnehållet för den mycket starka vittringen i den lokala grovkorniga moränen i provpunkt C5 (med  $36,4 \text{ kg/m}^2$  vittring). Mineralsammansättningen är också

av betydelse för vittringen i den finkorniga moränen med relativt högt förhållande mellan plagioklas och mikroklin i sydostligaste delen av området.

Den relativt starka vittringen i den lilla höjdryggen i sydväst med något grovkornigare morän (i provpunkt A5 med 23,2 kg/m<sup>2</sup> vittring) kan förklaras av att moränen där är rikare på de lättvittrade mineralen hornblände och klorit samt att proverna är tagna i västsluttning. Läget i västsluttning ger en lång tids solexponering under dygnets varmare period och därmed en högre dygnsmedeltemperatur än t.ex. nord- och östsluttningar. En högre temperatur ger en högre vittringshastighet (Sverdrup 1990).

Jämförelser av kartorna över vittringsintensitet (fig. 16 och 17) och plagioklashalt i B-horisonten (fig. 10 och 11) och det faktum att vittringen i den plagioklasrikare fingrusfraktionen vittrar betydligt starkare än den plagioklasfattigare matrixen (se fig. 18) tyder också på ett visst samband mellan dessa parametrar. Sambandet gäller dock inte generellt för alla provtagningspunkter. Enkel regressionsanalys av data (plagioklashalt i material <5,6 mm i B-horisonten – total vittring) gav ett mycket svagt samband,  $R^2 = 0,06$  (se fig. 22, vänstra diagrammet). Den låga korrelationen beror framför allt på att det är en sådan liten variation i plagioklashalten (mellan 23 och 30 %) i det övervägande antalet av provpunkterna. Det är tydligt att det är många andra faktorer som också påverkar vittringen i området. Om den finkorniga, siltiga moränen som dominerar ytmässigt i området undantas och samband upprättas med den mera grovkorniga moränen, som finns i den östra delen av området och i provpunkt C5, ökar korrelationskoefficienten till 0,49 (se fig. 22, högra diagrammet). Detta tack vare att de plagioklasrika moränerna i punkt C5 (med 59 % plagioklas) och moränen i den flacka terrängen i punkt B2 (med 45 % plagioklas) får en större andel av populationen.

Undantas dessa provpunkter (fig 22, högra diagrammet) upphör sambandet. I de grovkorniga moränerna från östsluttningen har skillnaderna i vittring således andra förklaringar än mineralogiska. I sådant grovkornigt material är den reaktiva ytan mindre än i en finkornigare jordart. Den grovkornigare jordarten har dessutom mindre vattenhållande förmåga och därmed kortare reaktionstid för vittringsprocesserna än en finkornigare jordart. Lutningen på markytan är här mycket brant vilket medför att vattnet i marken sannolikt till stor del rör sig utmed sluttningen och inte vertikalt ner genom profilen. Vittringen blir därigenom inte lika koncentrerad till de översta markskikten som är de skikt i vilka vittring uppmätts i denna studie. Från de två djupare profilerna, som också tagits i sluttande terräng (profil Born NE och Born SW), har en väsentlig vittring observerats på större djup i dessa profiler (se tabell 12).

Det prov som har den lägsta vittringen (C1) är taget vid foten av branten och på fastmarken alldeles intill myrmarken som omger Kattjärnen. Platsen utgör sannolikt ett utströmningsområde för grundvatten. Podsolprofilen är här svagt utbildad och innehåller rikligt med organiskt material (se tabell 4).

De mera homogena siltiga (moiga) moränerna med den ytmässigt största utbredningen uppvisar sinsemellan stora variationer i vittringen (jfr fig. 5, 21 och 22). Moränen i sydostligaste delen av området, representerade av provpunkterna A1 och B1, med 20,4 respektive 33 kg/m<sup>2</sup> vittring, kan tydligt utskiljas. I de siltiga övriga delarna av området, i norra, centrala och västra delarna, är vittringen i allmänhet betydligt lägre, mellan 5 och 15 kg/m<sup>2</sup>. I två av provtagningspunkterna, D3 och F2, är dock vittringen högre, 27,2 respektive 32,9 kg/m<sup>2</sup>.

I den sydostligaste delen av området (i provpunkterna A1 och B1) är det många faktorer som är gynnsamma för vittringen. Mineralogin är god i jämförelse med moränerna i de centrala delarna av området (se tabell 18) och markytan sluttar svagt mot väster. I provpunkt F2 kan den starka vittringspåverkan möjligen förklaras av punktens läge i terrängen, i en sydvästsluttning av en mindre höjdrygg. Provpunkten D3 ligger däremot i helt flack terräng och mineralsammansättningen i B-horisonten avviker inte speciellt från de andra finkorniga moränerna i området. En högre biologisk omsättning över tiden i dessa punkter (jfr Stendahl m.fl. 2002) ligger närmast till som förklaring till den relativt starka vittringen. I provpunkt D3 är mineraljorden täckt av ett för området ovanligt tjockt lager av organiskt material (14 cm mårskikt, annars vanligen <10 cm). Över tiden varierande biologisk omsättning, varav mykorrhizavittring (se Jungmans m.fl. 1997 och van Breemen m.fl. 2000) kan utgöra en betydande del, kan vara förklaringen till skillnaderna i vittringspåverkan i många av provtagningspunkterna med likartad mineralogi. Det finns förstås också fel i analyserna som gjorts för beräkning av vittringen. Även de ger upphov till mindre skillnader i den uppmätta vittringen i provpunkterna.

I de djupare profilerna som grävts utanför rutnätet, Born SW och Born NE, är den mineralogiska kvaliteten något bättre än i centrala delarna av området (se fig. 7, jfr profil Born C) och vittringen något större (se tabellerna 12 och 15). I profil Born NE sker en betydande vittring under E- och översta delen av B-horisonten ner till 35–40 cm djup (se tabell 12). I den profilen synes det höga innehållet av organiskt material (Corg.-halten har uppmätts till 3,3 viktprocent i matrix från E-horisonten, jfr även fig. 6) vara av betydelse för vittringen. Organiska syror bildas vid nedbrytningen av det organiska materialet, vilket kan bidra till en ökning av vittringshastigheten (jfr Lundström & Öhman 1990). Mätning av pH på matrixmaterial (upp-

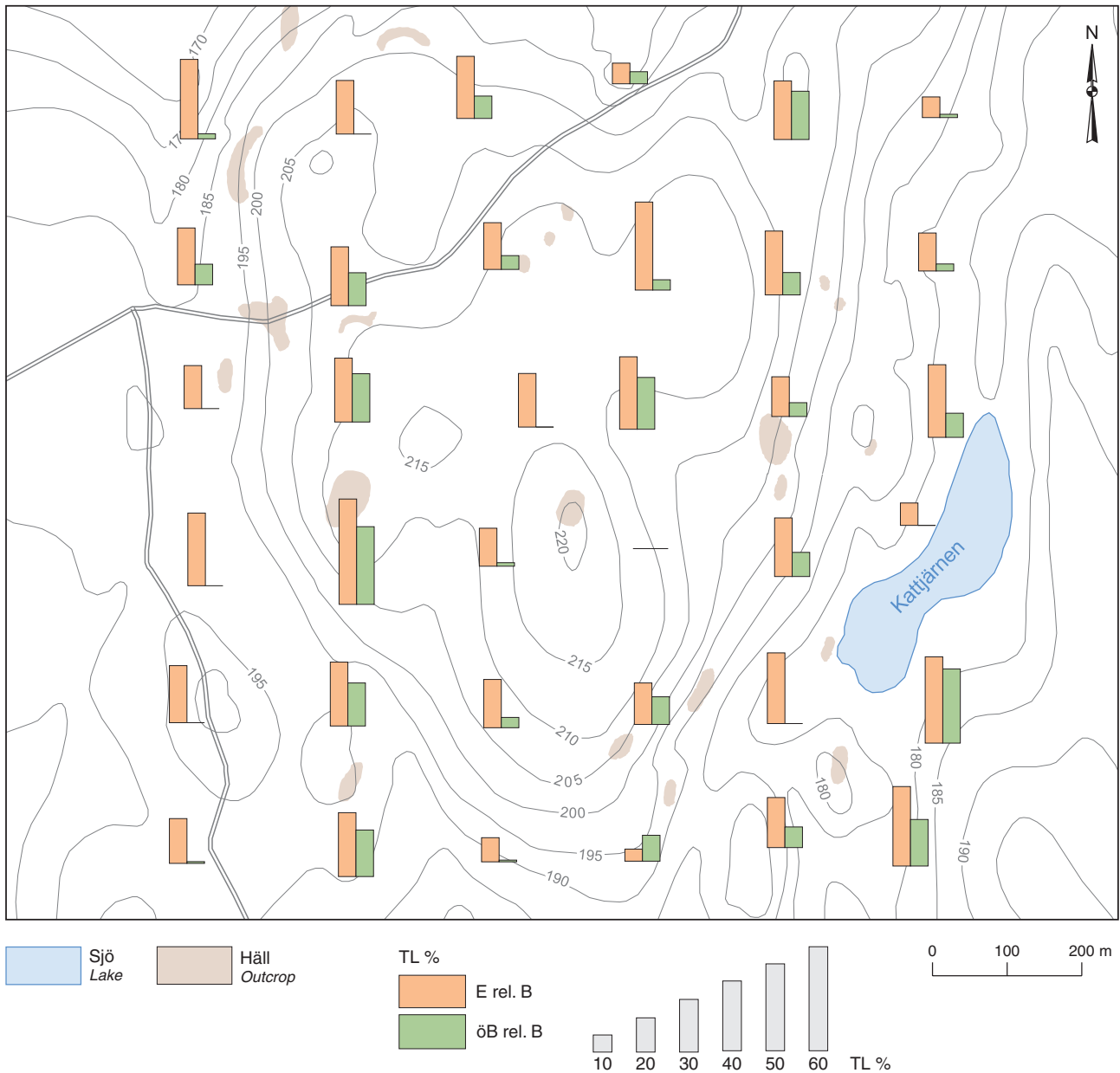


Fig. 16. Vittringsintensitet (beräknad som massförlust, TL, enl. Teveldal et al. 1990) i fingrusfraktionen (2–5,6 mm) i E-horizonten respektive i öB-horizonten.

Mass losses, TL (Teveldal et al. 1990), from gravel grains (fraction 2–5.6 mm) from the E horizon (0–5 cm), left bar, and the upper B horizon (5–10 cm), right bar, of the shallower profiles within the studied area.

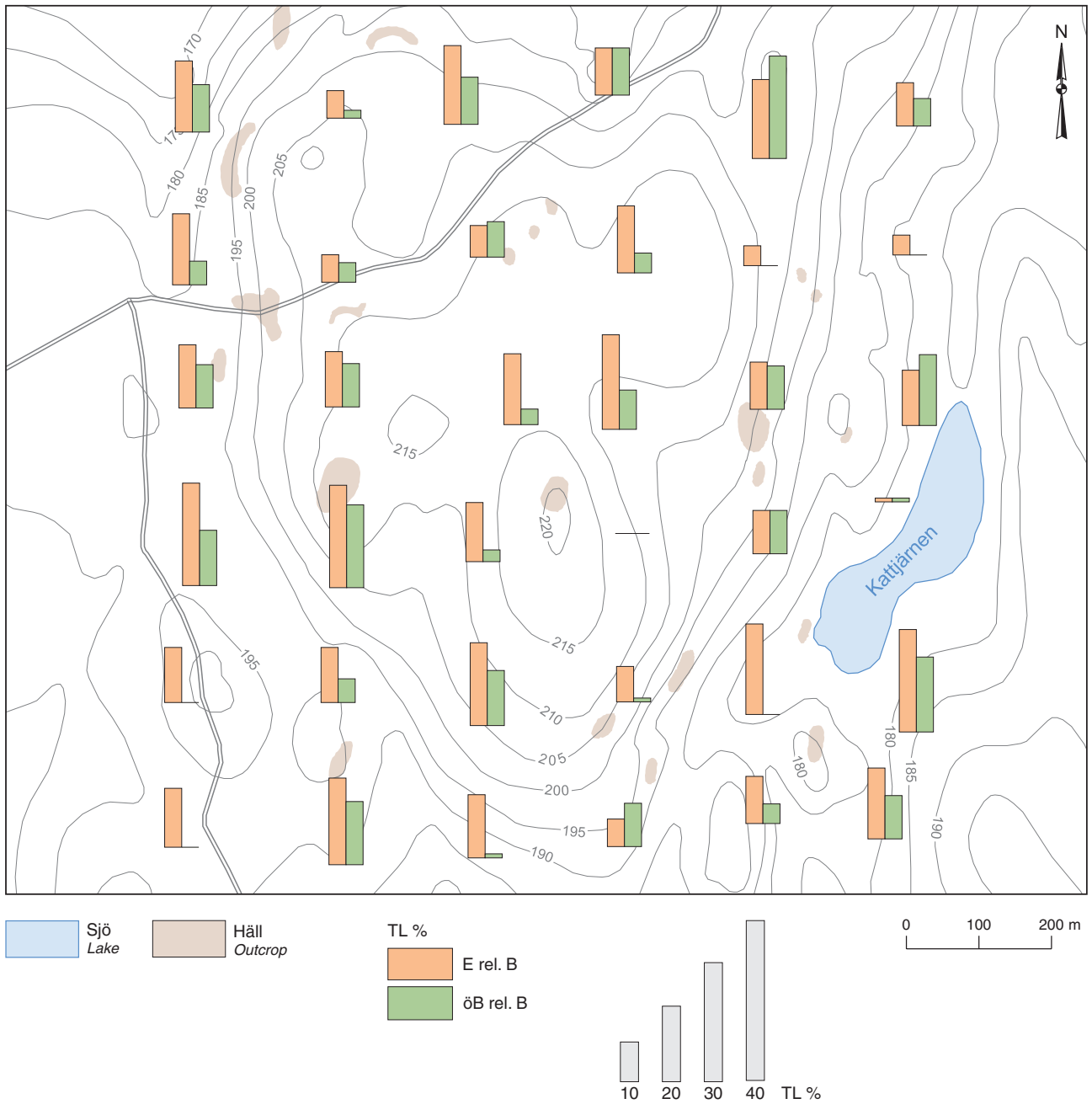


Fig. 17. Vittringsintensitet (beräknad som massförlust, TL) i matrixfraktionen (<2 mm) i E-horizonten respektive i öB-horizonten. Mass losses, TL (Tevelidal et al. 1990), from matrix (fraction <2 mm) from the E horizon (0–5 cm), left bar, and the upper B horizon (5–10 cm), right bar, of the shallower profiles within the studied area.

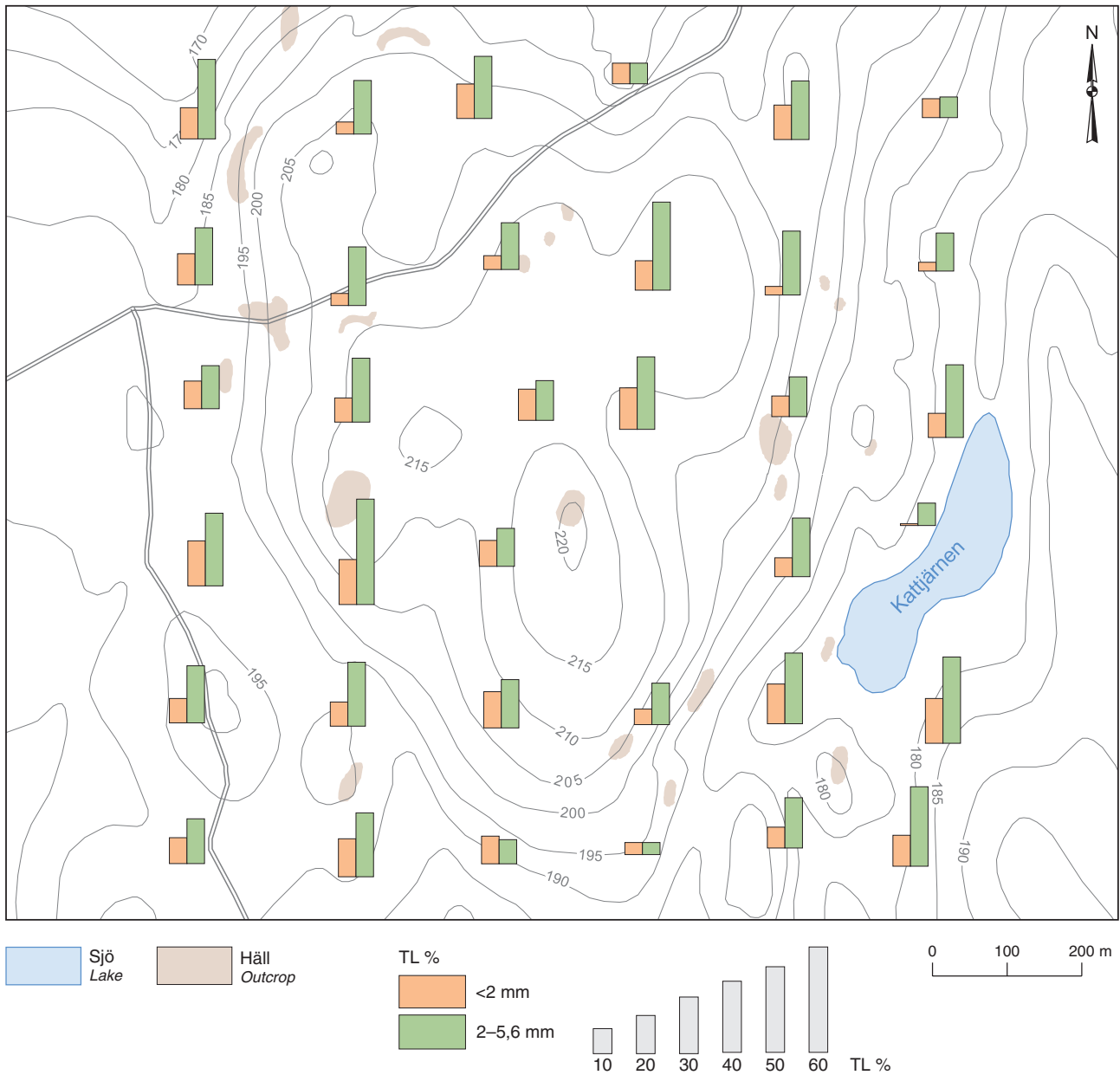


Fig. 18. Vittringsintensitet (beräknad som massförlust, TL) i E-horisonten i matrixfraktionen (<2 mm) respektive i fingrusfraktionen. Mass losses, TL (Teveldal et al. 1990), from matrix (fraction <2 mm), left bar, and from gravel grains (fraction 2–5.6 mm), right bar, in the E horizon of the shallower profiles within the studied area.

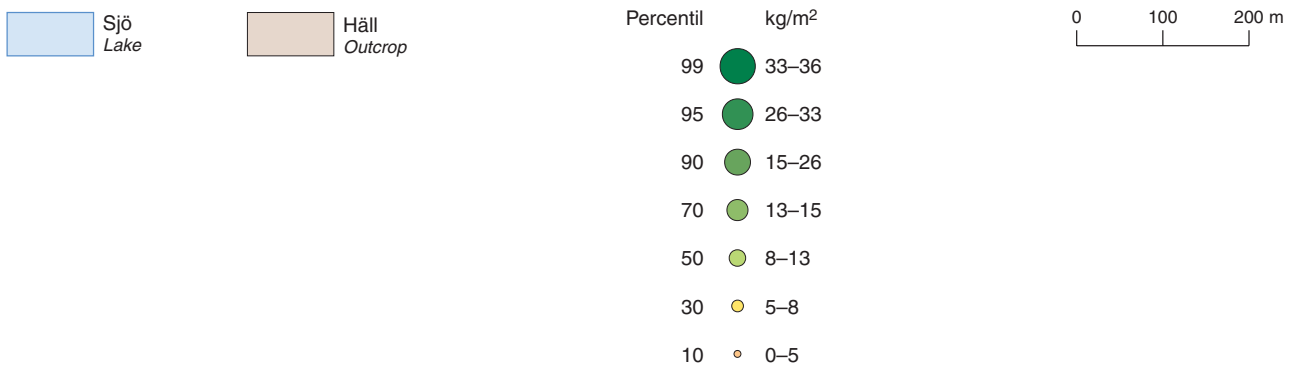
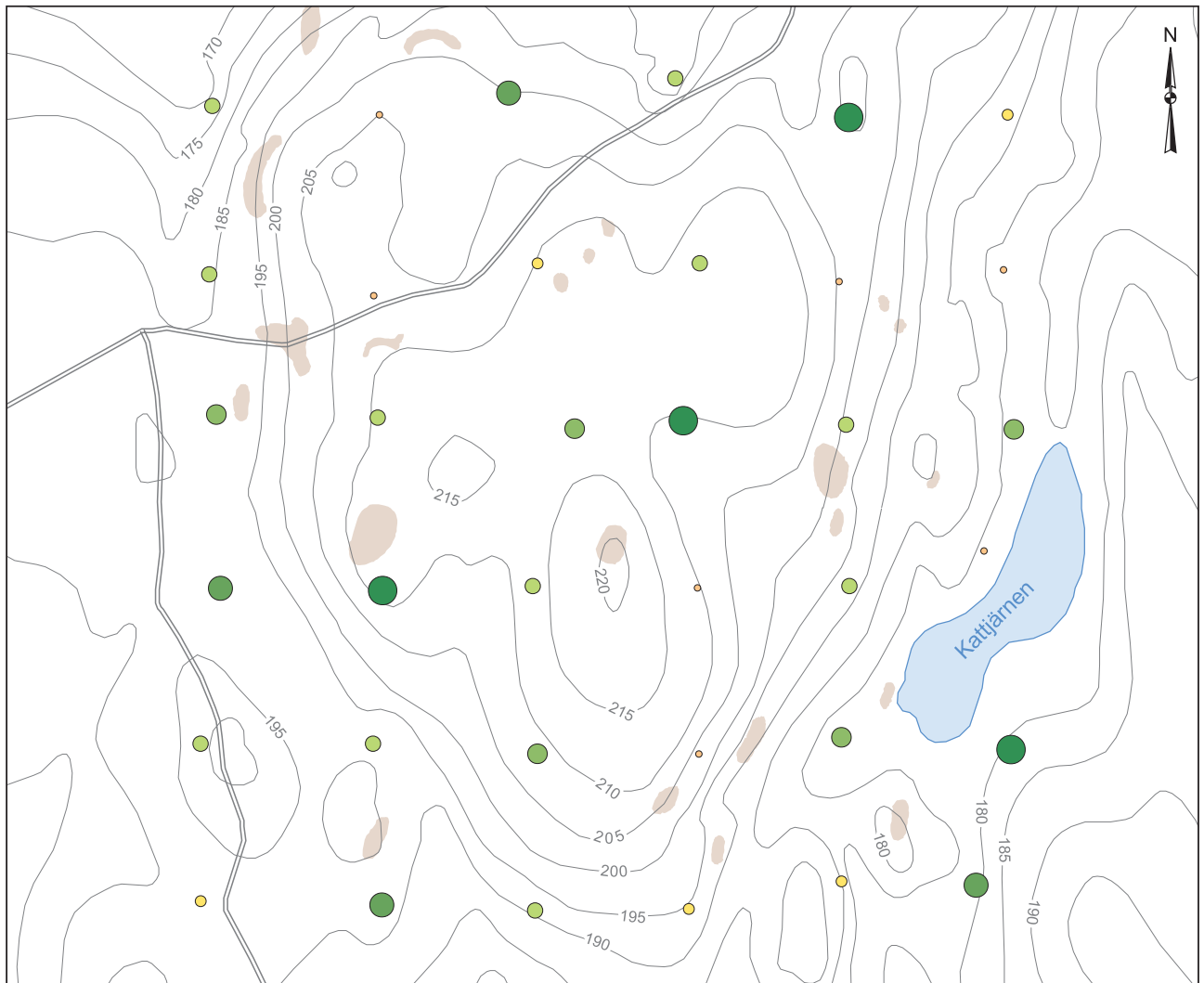


Fig. 19. Vittring, absolut i matrix (<2 mm) i E+öB-horisonterna.

*Absolute weight losses, TLW (Teveldal et al. 1990), from matrix (fraction <2 mm) in the E + upper B horizons (0–10 cm) of the shallower profiles within the studied area.*

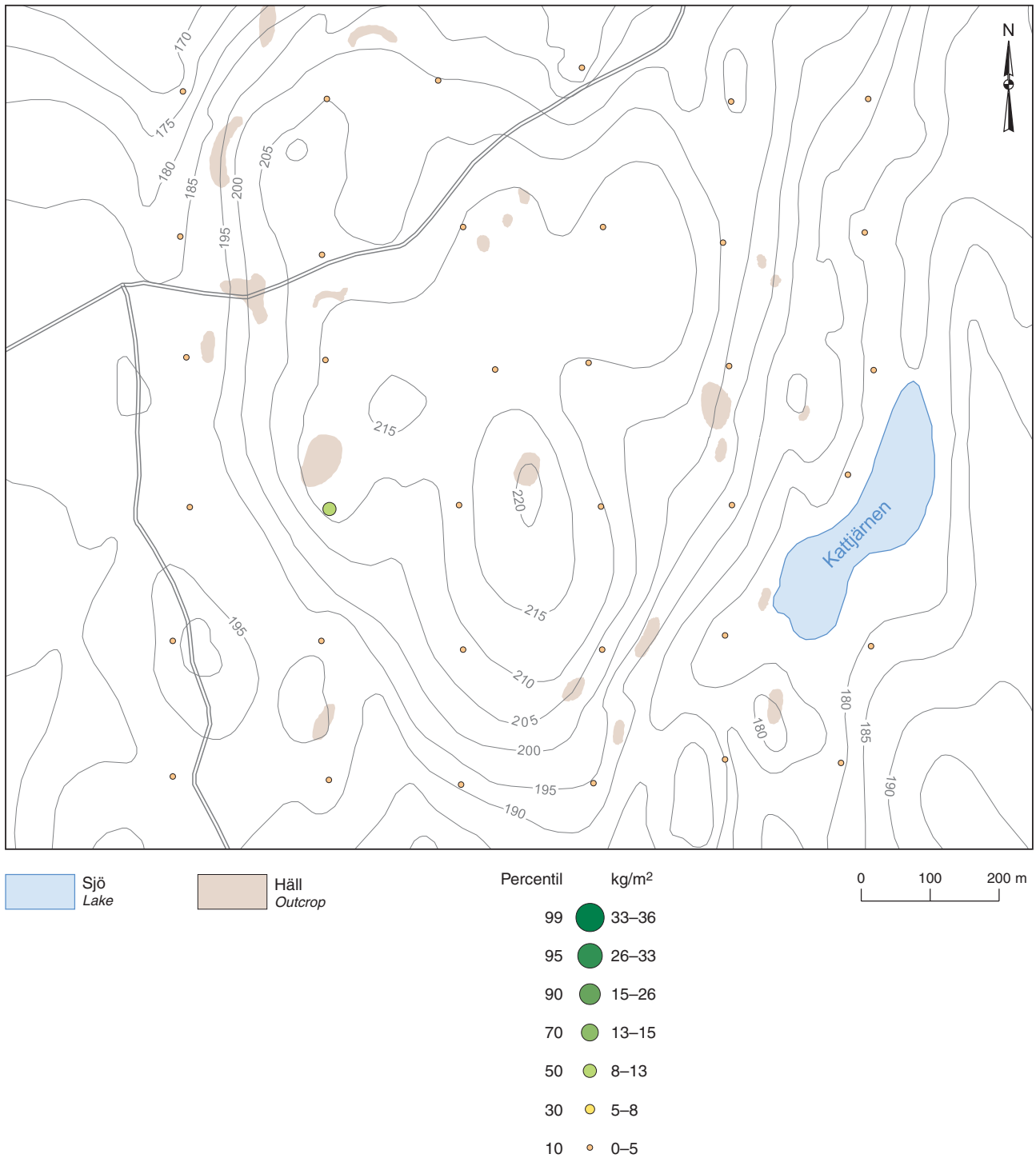


Fig. 20. Vittring, absolut i fingrusfraktionen (2–5,6 mm) i E+öB-horisonterna.

*Absolute weight losses, TLW (Tevelidal et al. 1990), from gravel grains (fraction 2–5.6 mm) in the E + upper B horizons (0–10 cm) of the shallower profiles within the studied area.*

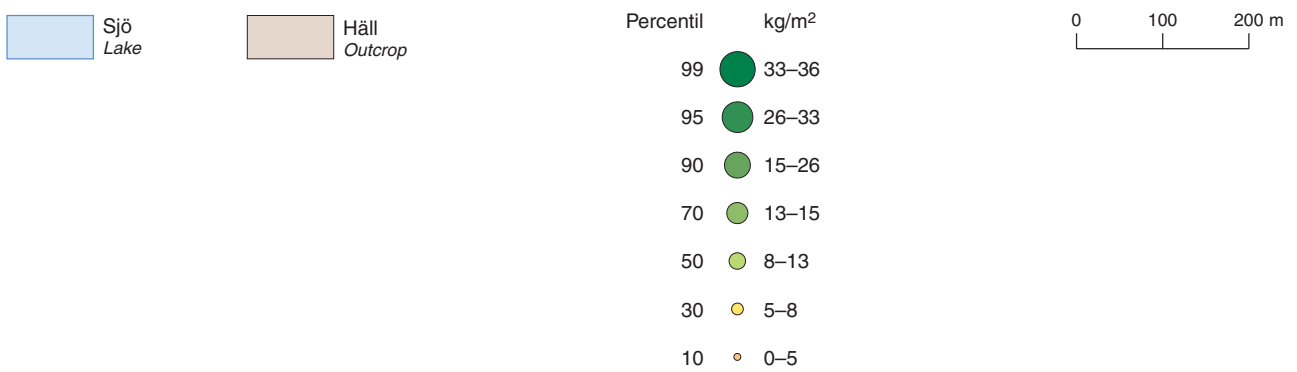
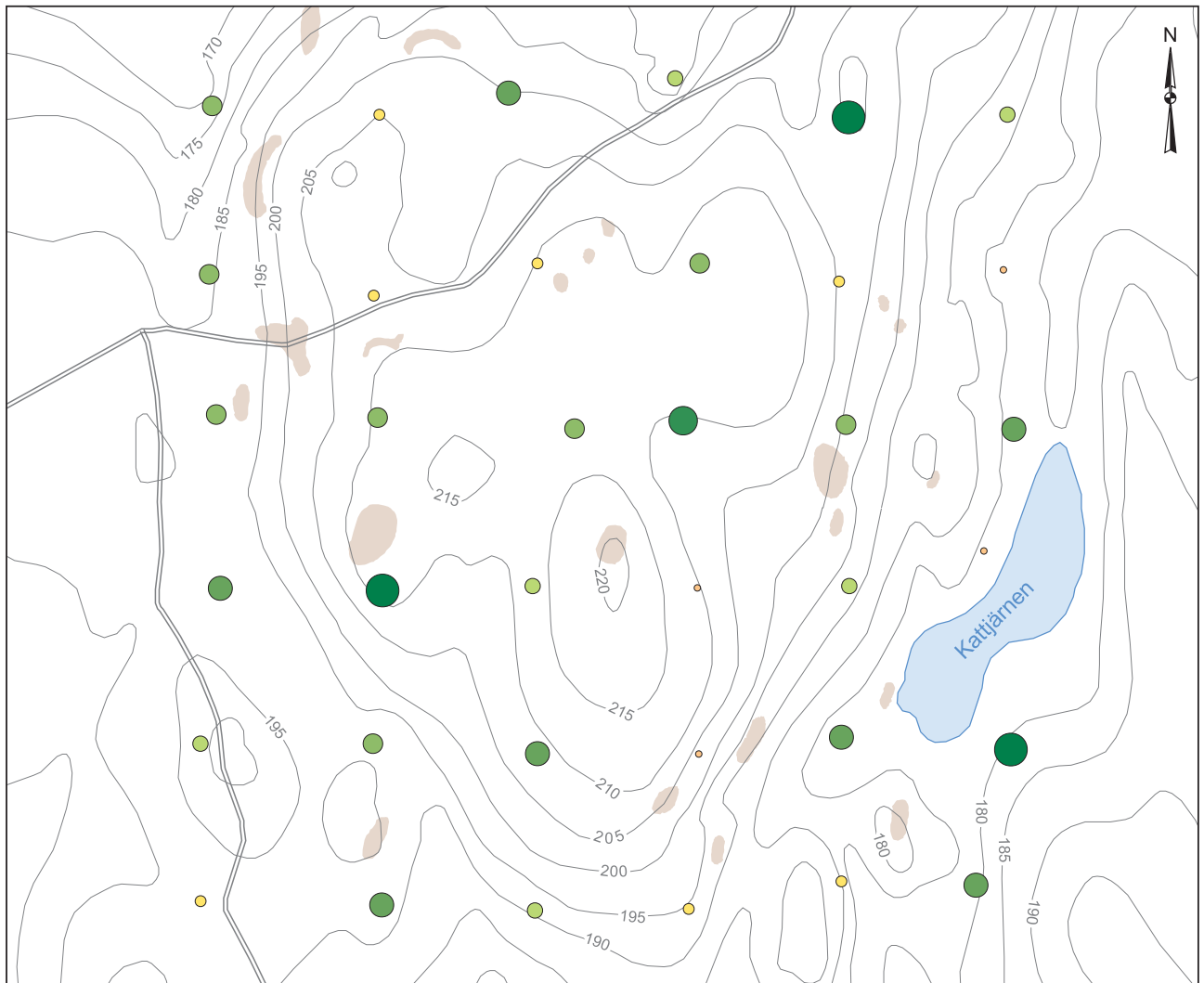
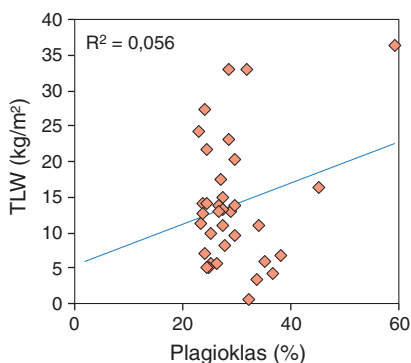


Fig. 21. Vittring, absolut i matrix + fingerfraktionen (material <math><5,6\text{ mm}</math>) i E+öB-horisonterna.  
 Absolute weight losses, TLW (Teveldal et al. 1990), from matrix + gravel grains (fraction <math><5.6\text{ mm}</math>) in the E + upper B horizons (0–10 cm) of the shallower profiles within the studied area.

**Tot. vittring vs. plagioklasinnehåll i B-horisonten (fraktion <5,6 mm)**



**Dito, i grovkorniga moräner i östra delen av området + C5**

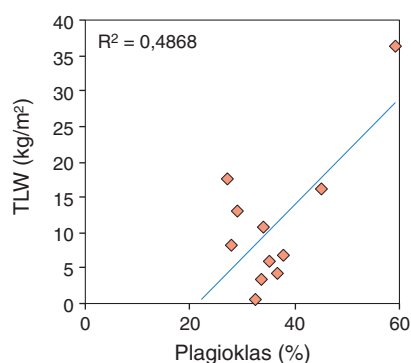


Fig. 22. Samband mellan total vittring ( $\text{kg/m}^2$ ) och plagioklasinnehåll i matrix plus fingrus i provmaterial från moränernas B-horisont.

*Correlation between absolute weight losses, TLW (Tevelde et al. 1990), and plagioclase content of the fraction <5.6 mm in the B horizon of the shallower profiles within the studied area (left diagram) and of the coarse-grained tills + profile C5 (right diagram).*

slammat i destillerat vatten) gav ett så lågt värde som 4,5 i C-horisonten i denna profil jämfört med pH 5,0 respektive pH 5,2 i profilerna Born C och Born SW.

För moränerna i området tycks dock inte det totala innehållet av organiskt material ha någon generell betydelse för vittringen. Prov med mycket högt innehåll av organiskt material är jämförelsevis lite vittringspåverkade, t.ex. i provpunkt C1 med 16,9 viktprocent organiskt material. Där har bara 0,2  $\text{kg/m}^2$  vittrat bort av matrix ur E-horisonten. Det organiska materialet består av såväl rottrådar som organiska nedbrytningsprodukter av olika slag. Kol efter skogsbränder är också ett mycket vanligt inslag i de övre horisonterna i markprofilerna i området. Vittringspåverkan från det organiska materialet beror sannolikt på vilken typ av organiskt material som jordarten innehåller och i vilket nedbrytningsstadium det föreligger.

## Jämförelse av uppgifter om skogsmarken och vittringsdata

Undersökningsområdet domineras av tallskog. Rena granbestånd finns bara i östra kanten av området. Marken är täckt av husmossa och undervegetationen består av ljung, blåbärsris och lingonris.

Ståndortsindex (Hägglund & Lundmark 1977) för tallskogen i området är vanligen mellan T20 och T24 och för granskogen G22 till G24 enligt uppgifter från skogsvårdsstyrelsen i Lindesberg (pers. medd.). Den högsta boniteten har marken vid provpunkterna A1 och B1, där också några av värdena för starkaste vittringspåverkan uppmätts.

Ståndortsindex för tallskogen är här T26 och för granskogen G26 vilket motsvarar en bonitet på tallen av 6,8 respektive 7,9  $\text{m}^3\text{sk/ha.år}$  för granen. Däremot anger inte skogsvårdsstyrelsen någon högre bonitet (än för omgivande terräng) i området vid provpunkt C5 där den starkaste vittringspåverkan för området uppmätts.

Den lägsta boniteten för området är vid provpunkt E5 enligt skogsvårdsstyrelsen, bara 2,4  $\text{m}^3\text{sk/ha.år}$  (ståndortsindex T14). I denna provpunkt är urlakningshorisonten mycket tunn, bara 2 cm och totala vittringen bara 5,1  $\text{kg/m}^2$  (se tabell 17). Ännu tunnare blekjord, 1 cm, uppmättes i intilliggande (mot söder) provtagningspunkt, D5, men vittringen är här högre, 12,5  $\text{kg/m}^2$ . Även ståndortsindex är högre, T20. Marken är helt täckt av vit fönsterlav och ljung.

Ståndortsindex för granskogen i östra kanten av området är relativt högt, G24, men den uppmätta vittringen är mycket låg i vissa av provpunkterna (se tabell 17), t.ex. bara 0,5  $\text{kg/m}^2$  i provpunkt C1 och 3,3  $\text{kg/m}^2$  i provpunkt E1. En förklaring till den låga vittringen i dessa punkter trots relativt högt ståndortsindex är att de ligger vid foten av branten mot öster i ett utströmningsområde för grundvattnet. Möjligen får vegetationen här sin näring av grundvatten som rör sig utmed sluttningen och att vittringen sker på större djup under de översta markskikten. En annan förklaring kan vara att vittringen uppmätts inom en mycket begränsad yta, i en punkt inom ett högst 1  $\text{m}^2$  stort markområde, medan skogstillväxten skattats över ett betydligt större område.

I vissa delar av området finns skogsbestånd av annan typ, nämligen i de brantare delarna av östsluttningen, där

några av proverna är tagna i den grövre moränen. Vegetationen här avviker från de övriga punkterna. Där finns relativt få barrträd. Inslag av älgbetad rönn är vanligt. På vissa ställen är marken nästan helt ljungbevuxen (provpunkt A3) och på andra (provpunkterna B3 och C2) är marken bevuxen med gräs och ormbunkar. Ett rent lövbestånd (asp) anstår i provpunkt F1 där tidigare sannolikt gran vuxit. Skogsvårdsstyrelsen anger ståndortsindex G24 för punkt F1 men vittringen har uppmätts till enbart 9,1 kg/m<sup>2</sup>. Trots jämförelsevis god mineralogi (hög plagioklashalt, se fig. 10 och 11) har inte heller någon starkare vittringspåverkan uppmätts i de andra provpunkterna i den grovkorniga moränen i den branta östslutningen (se tabell 17) även om ståndortsindex överensstämmer med de flesta andra punkter i området (T22 och G22). Förklaringen är sannolikt att växterna får sin näring från vatten som strömmar utmed slutningen och vittringen därmed inte blir koncentrerad till de översta markskikten. Det vill säga, att de hydrologiska förhållandena är gynnsamma för en skogsproduktion.

### Jämförelser med vittringen i andra områden

Profilerna med den mest omfattande vittringen i detta område uppvisar ungefär samma vittringshastighet i matrix som Teveldal m.fl. (1990) uppmätte i sin studie av vittringen i sandjord i södra Norge. Teveldal m.fl. (1990) bestämde den genomsnittliga vittringshastigheten till 3,2 g/m<sup>2</sup>.år sedan istiden. I området som undersökts i detta arbete ger de totala massförlusterna på 31–32 kg/m<sup>2</sup> genomsnittliga vittringshastigheter på 3,0–3,1 g/m<sup>2</sup>.år i matrixen där vittringen är som starkast. I profiler från olika delar av Sverige har Olsson & Melkerud (1991) uppmätt

vittringshastigheter från 2 till 20 g/m<sup>2</sup>.år. Land m.fl. (1999) uppmätte den genomsnittliga vittringshastigheten till 5,8 g/m<sup>2</sup>.år i granitmorän i Kalixälvens avrinningsområde i Norrbotten. Lägre vittringshastigheter, 0,9 g/m<sup>2</sup>.år uppmättes av Ulén & Snäll (1998) i en moränprofil nära Flen i Södermanland. I en profil vid Skultuna i Västmanland (Snäll & Ek 1996) beräknades vittringshastigheten till 1,3 g/m<sup>2</sup>.år utifrån moränens kemiska sammansättning med hjälp av empiriska ekvationer framtagna av Olsson m.fl. (1993).

Bain m.fl. (1990, 1994) har studerat vittringen bl.a. i avrinningsområden i Skottland och uppmätt vittringshastigheter mellan 26 och 72 mekv./m<sup>2</sup>.år för baskatjonerna utifrån kemiska bestämningar i profiler med Zr som icke mobilt element. I föreliggande arbete i Noraområdet har kemiska analyser gjorts enbart i profil Born C och här uppmättes vittringen av baskatjoner till 13,7 mekv./m<sup>2</sup>.år. I de mest vittrade profilerna i Noraområdet (t.ex. i profilerna B1 och C5 med upp till 36 kg/m<sup>2</sup> massförlust) kan förlusterna av baskatjoner sannolikt fördubblas till samma nivåer som uppmätts i några av de skotska områdena.

Vittringen av plagioklas utgjorde ett betydande bidrag till den totala vittringen i de skotska jordarna (Bain m.fl. 1990, 1994). I Noraområdet står plagioklasvittringen för en ännu större del av den totala vittringen. En slående skillnad mellan vittringen i de skotska jordarna och vittringen i Noraområdet är att så liten mängd kalium vittrar bort i profil Born C. Detta måste bero på den jämförelsevis låga tillgången på lättvittrade kaliummineral i moränen i Noraområdet. Det är i huvudsak bara mikroklin som kan bidra med kaliumjoner. En kaliumkälla, som lättvittrad biotit utgör, finns i berggrunden men saknas praktiskt taget i moränen. Här har glimvern i något skede omvandlats, framför allt till vermikulit.

## Sammanfattning och slutsats

Studien har visat att det i ett utifrån tillgänglig geologisk information (i form av berggrunds- och jordartskartor) mycket homogent område kan förekomma stora variationer i jordarternas sammansättning och egenskaper.

Jordarten i området är morän. Den mineralogiska sammansättningen hos moränen visar att bara i en av 36 punkter inom det 1 km<sup>2</sup> stora området är moränen lokal och har samma sammansättning som berggrunden i området. I större delen av området har moräntäcket en annan sammansättning än berggrunden.

Undersökningsområdet är till betydande del beläget på en större höjd. De mest markanta skillnaderna mellan berggrundens och moränens sammansättning återfinns i de högsta terränglägena centralt i området. Där täcks berggrunden av någon eller några decimeters lager av finkornig (siltig) morän, som är långtransporterad och successivt har krossats ner av inlandsisen. Den låga densiteten hos kvarvarande gruskorn jämfört med densiteten hos ovittrat berg i området visar att moränmaterialet består av nedkrossat berg som sannolikt vittrat innan det avsattes i sitt nuva-

rande läge. Genom vittringen har moränen anrikats på kvarts på bekostnad av framför allt plagioklas vars halt starkt reducerats.

Grov, grusig morän återfinns i den branta östsluttningen av höjden. Denna morän är rikare på plagioklas vilket visar att ett något högre inslag av lokal berggrund ingår i denna morän. Även i sydost, utanför det stora höjdområdet har moränen ett högre inslag av lokalt berggrundsmaterial med jämförelsevis högt plagioklasinnehåll och låg mikroklinhalt (kvot plagioklas/mikroklin), men moränmaterialet har här malts ner av isen så att huvudmassan består av silt (moig morän). Moränerna i de två djupare profilerna, norr respektive söder om det stora undersökningsområdet, Born NE och Born SW, är grovkornigare men har en likartad mineralogisk sammansättning.

Den uppmätta vittringen är som störst i moränen i sydostligaste delen av området och i moränen i en liten höjdrygg i västra delen av området (i en provpunkt med lokal morän med mycket hög plagioklashalt och i två provpunkter med något högre hornblände- och klorithalt). Hög vittring har också uppmätts i sydvästsluttningen av en mindre höjd i nordöstra delen av området.

I moräner med den starkaste vittringspåverkan inom det tätt provtagna området har 29–31 kg/m<sup>2</sup> av matrix vittrat bort från de översta 10 cm av markskiktet. Om även vittringen i fingrusfraktionen räknas in blir förlusten 31–36 kg/m<sup>2</sup>. Detta är minimivärden eftersom bestäm-

ningarna gjorts i förhållande till sammansättningen i B-horisonen (10 till ca 30 cm djup). Sannolikt har vittringen nått djupare (densiteten hos gruskorn från B-horisonen indikerar detta) i vissa av punkterna, t.ex. i A1 och B1. I de djupare profilerna, Born NE och Born SW, är vittringen i motsvarande horisoner bara 14,6 till 23,5 kg/m<sup>2</sup> i matrix. I sluttningsprofilerna sker dock en betydande vittring även på större djup så att totala vittringen i profilerna uppgår till 27,7 och 32,0 kg/m<sup>2</sup> i profil Born NE respektive Born SW.

Inom större delar av området, i den kvartsrika finkorniga moränen, i de högre partierna av området, är vittringen betydligt lägre, ofta bara hälften eller mindre än i de mest vittrade punkterna. I de finkorniga moränerna utgör bidraget till vittringen från grusmaterialet bara en mindre del. I de grovkorniga moränerna i ostsluttningen är också vittringen liten i kvantitativa termer men här utgör bidraget från fingrusfraktionen en betydande andel av den totala vittringen.

Undersökningen har visat att mineralfördelning, kornstorlekssammansättning och terrängläge har stor betydelse för vittringen av en jordart, men att det även är andra faktorer som påverkar vittringen såsom hydrologiska egenskaper, omsättning av organiskt material (uppväxt och nedbrytning av träd och andra växter) och möjligen också aktivitet av mykorrhizasvampar.

## Summary and conclusions

It has been shown that, although this is a homogeneous area according to geological maps (bedrock map and map of the Quaternary deposits), large variations in the composition and properties of the soil may be found within the area.

The Quaternary deposits of the area are made up of glacial till. In only one out of 36 profiles is the till of apparently local origin within the 1 km<sup>2</sup> area. At this location, the mineralogical composition is similar to that of the underlying bedrock. In the rest of the area, the mineralogy of the till is different from that of the bedrock of the area.

The area studied consists mainly of a large hill. The most apparent differences between bedrock and till mineralogy were observed in the highest terrain. In these parts of the area, the bedrock is covered to a depth of a few decimetres by a fine-grained (silty) till, which has been transported a long distance and comminuted by the continental ice sheet.

The till material had probably been weathered before deposition at its present site. This is indicated by the low density of the remaining gravel grains (crushed bedrock) in the till, compared with the density of unweathered bedrock. Through weathering, the till has been enriched in quartz and its content of more weatherable minerals, mainly plagioclase, has been reduced.

The higher plagioclase content of the coarse gravelly till on the eastern slope of the hill, compared with the till covering the central part of the hill, suggests a higher content of more local bedrock in this till. A higher content of local bedrock material is also suggested for the till in the south-eastern part of the area beyond the hill. Although silty (similar to the till in the centre of the area), the till in this part of the area has a relatively high plagioclase content (high plagioclase/microcline ratio). In the deeper profiles outside the square, on the north-eastern (Born NE) and south-western slopes (Born SW), the till is more coarse-

grained (cf. Fig. 2 and Fig. 3) than the till in the centre of the area (Born C). The mineralogical composition in these profiles is similar to that of the till in the south-eastern part of the square and accordingly richer in plagioclase than the till in the centre of the area (Born C, cf. Fig. 0).

Weathering is most marked in the till in the south-easternmost part of the area and in a small ridge of the hill in the western part of the area (in profile C5, with the local plagioclase-rich till, and in two profiles with a somewhat higher hornblende and chlorite content). Strong weathering was also found on the south-western slope of a local rise in the terrain in the north-eastern part of the area.

Within the area of dense sampling, 29–31 kg/m<sup>2</sup> of soil matrix has been leached from the uppermost 10 cm of the soil profile at the most weathered sites. If weathering of gravel grains is included, 31–36 kg/m<sup>2</sup> has been lost. These are the minimum losses, as the determinations were performed using the B horizon (depth 10–30 cm) as the level of zero weathering. Most likely weathering is deeper in some of the profiles, e.g. in profiles A1 and B1 (indicated by the low density of the gravel grains from the B horizon). In the deeper profiles from the slopes, Born NE and Born

SW, weathering in the upper 10 cm of the profiles is only 14.6 and 23.5 kg/m<sup>2</sup>, respectively, in the matrix fraction of the till. In these profiles, however, considerable weathering was detected at greater depth, and total weathering in the matrix of these profiles was determined to be 27.7 and 32 kg/m<sup>2</sup>, respectively.

In the greater part of the area, in the fine-grained, silty till, and on the higher terrain, weathering is less pronounced, in most profiles only half or less than that found in the profiles with the strongest weathering. The contribution of gravel grains to total weathering in these fine-grained (silty) tills is small. In the coarse-grained, gravelly tills on the eastern slope, on the other hand, the contribution of gravel grains to weathering is considerable, although total weathering in these profiles is low.

The present study has shown that location in the terrain, mineral composition and grain size of the soil are important factors for weathering, but there are also other factors, such as hydrology, cycling of organic matter (growth and decomposition of trees and other plants) and the possible action of mycorrhizal fungi.

## Referenser

- Bain, D.C., Mellor, A., Wilson, M.J. & Duthie, D.M.L., 1990: Weathering in Scottish and Norwegian catchments. I B.J. Mason (red.): *The surface waters acidification programme*. Cambridge University Press, Cambridge, 223–236.
- Bain, D.C., Mellor, A., Wilson, M.J. & Duthie, D.M.L., 1994: Chemical and mineralogical weathering rates and processes in an upland granitic till catchment in Scotland. *Water, Air, and Soil Pollution* 73, 11–27.
- Van Breemen, N., Finlay, R., Lundström, U., Jongmans, A.G., Giesler, R. & Olsson, M., 2000: Mycorrhizal weathering: A true case of mineral plant nutrition? *Biogeochemistry* 49, 53–67.
- Brindley, G.W., 1980: Quantitative X-ray mineral analysis of clays. I G.W. Brindley & G. Brown (red.): *Crystal structures of clay minerals and their X-ray identification*. Mineral Society, London, 411–438.
- Cassidy, M.M. & Mankin, C.J., 1960: Chlorox used in preparation of black shale for clay mineral analysis. *Oklahoma Geology Notes*. *Oklahoma Geol. Surv.* 20, 275–281.
- Dreimanis, A. & Vagners, U.J., 1971: Bimodal Distribution of Rock and Mineral Fragments in Basal Tills. I R.P. Goldwait (red.): *Till; a Symposium*. Ohio State Univ. Press (Columbus), 237–250.
- Ek, J. & Snäll, S., 1997: Vittringsbenägenhet hos olika bergarter. *Sveriges geologiska underökning BRAP 97003*.
- Fredén, C., 1994: Jordtäcket. I C. Fredén (red.) *Berg och jord*. *Sveriges Nationalatlas*. Bokförlaget Bra Böcker, Höganäs.
- Goehner, R.P., 1982: X-ray diffraction quantitative analysis using intensity ratios and external standards. I J.C. Russ, C.S. Barrett, P.K. Predecki & D.E. Leyden (red.): *Advances in X-ray analysis*. Plenum Press, New York och London, 309–313.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E., 1977: Skattning av höjdboniteten med ståndortsfaktorer. Tall och gran i Sverige. *Rapporter och Uppsatser 28*. Skogshögskolan, Stockholm.
- Hägglund, B. & Lundmark, J.-E., 1987: Handledning i bonitering med skogshögskolans boniteringssystem. Del 2. Diagram och tabeller. *Skogsstyrelsen, Jönköping* 1987.
- Jongmans, A.G., van Breemen, N., Lundström, U., van Hees, P.A.W., Finlay, R.D., Srinivasan, M., Unestam, T., Giesler, R., Melkerud, P.-A. & Olsson, M., 1997: Rock-eating fungi. *Nature* 389, 682–683.
- Land, M., Ingri, J. & Öhlander, B., 1999: Past and present weathering rates in northern Sweden. *Applied Geochemistry* 14, 761–774.

- Lundström, I., 1979: Berggrundskartan 11F Lindesberg SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 126*.
- Lundström, I., 1983: Beskrivning till berggrundskartan Lindesberg SV. *Sveriges geologiska undersökning Af 126*, 140 s.
- Lundström, U. & Öhman, L.-O., 1990: Dissolution of feldspars in the presence of natural organic solutes. *Journal of Soil Science* 41, 359–369.
- Magnusson, E., 1977: Jordartskartan Lindesberg SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 30*.
- Magnusson, E., 1978: Beskrivning till jordartskartan Lindesberg SV. *Sveriges geologiska undersökning Ae 30*, xx s.
- Mehra, O.P. & Jackson, M.L., 1960: Iron oxide removal from soils and clays by a dithionite-citrate system buffered with sodium bicarbonate. *Clays Clay Miner. 7th Nat. Clay Conf. (1958)*, 317–327.
- Olsson, M. & Melkerud, P.-A., 1991: Determination of weathering rates based on geochemical properties of the soil. *Geological Survey of Finland. Special Paper 9*, 69–78.
- Olsson, M., Rosén, K. & Melkerud, P.-A., 1993: Regional modelling of base cation losses from Swedish forest soils due to whole-tree harvesting. *Applied Geochemistry, Suppl. Issue 2*, 189–194.
- Snäll, S., 1991: Krossbergsinventering omkring Lindesberg i Örebro län. Regionala inventeringar av grus m.m. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 1991:6 och Länsstyrelsen i Örebro län, miljöenheten publ. nr 1992:1*.
- Snäll, S., 1999: Kvantitativa bestämningar av mineral i jordarter med röntgendiffraktionsteknik. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 99018*.
- Snäll, S. & Ek, J., 2000: Moräners mineralogi och kemi över vissa bergartstyper i Sverige. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden 104*, 161 s.
- Snäll, S. & Liljefors, T., 2000: Leachability of major elements from minerals in strong acids. *Journal of Geochemical Exploration* 71, 1–12.
- Stendahl, J., Snäll, S., Olsson, M. & Holmgren, P., 2002: Influence of soil mineralogy and chemistry on site quality within geological regions in Sweden. *Forest Ecology and Management* 170, 75–88.
- Svensk Standard SS 13 21 24: Bilaga 1. Bestämning av korndensitet med pyknometermetoden. Betongprovning – Ballast – Korndensitet (pyknometermetod). *SIS – Standardiseringskommissionen i Sverige*.
- Sverdrup, H.U., 1990: *The kinetics of base cation release due to chemical weathering*. Lund University Press, Lund, Sweden.
- Sverdrup, H.U., Warfvinge, P., Frogner, T., Håöya, A.O., Johansson, M. & Andersen, B., 1992: Critical Loads for Forest Soils in the Nordic Countries. *Ambio* 21, 348–355.
- Teveldal, S., Jørgensen, P. & Stuanes, A.O., 1990: Long-term weathering of silicates in a sandy soil at Nordmoen, southern Norway. *Clay Minerals* 45, 447–465.

## Bilaga 1

Kemiska analyser utförda av SGAB Analytica, Luleå

Analys enligt paket G-1

0,125 gram prov har smälts med 0,375 gram LiBO<sub>2</sub> och upplösts i 5% HNO<sub>3</sub>.

Slutbestämning av metallhalter har skett med:  
Plasma-emissionsspektrometri ICP-AES

I rapporten används följande förkortningar:

- E före analysvärde betyder att slutbestämning skett med ICP-AES.  
före analysvärde betyder vikt  
± föregår ett värde som representerar den instrumentella spridningen vid upprepade mätningar (n=4), uttryckt som standardavvikelse.

Provnummer	903450	901451	903452	901453
Beteckn 1	Born C/0–5 cm	Born C/5–10 cm	Born C/10–15 cm	Born C/15–20 cm
Beteckn 2	<2 mm	<2 mm	<2 mm	<2 mm
SiO <sub>2</sub>	% E 84.7 ± 0.1	E 79.8 ± 0.1	E 77.5 ± 0.1	E 78.6 ± 0.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% E 7.18 ± 0.01	E 9.47 ± 0.01	E 11.0 ± 0.1	E 10.2 ± 0.1
CaO	% E 0.586 ± 0.003	E 0.966 ± 0.002	E 1.13 ± 0.01	E 1.12 ± 0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	% E 0.670 ± 0.001	E 1.57 ± 0.01	E 1.56 ± 0.01	E 1.58 ± 0.01
K <sub>2</sub> O	% E 2.70 ± 0.01	E 2.59 ± 0.01	E 2.62 ± 0.01	E 2.69 ± 0.01
MgO	% E 0.198 ± 0.001	E 0.401 ± 0.001	E 0.520 ± 0.002	E 0.571 ± 0.003
MnO <sub>2</sub>	% E 0.0238 ± 0.0001	E 0.0341 ± 0.0001	E 0.0369 ± 0.0001	E 0.0360 ± 0.0001
Na <sub>2</sub> O	% E 1.78 ± 0.01	E 2.23 ± 0.01	E 2.41 ± 0.01	E 2.57 ± 0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% E 0.0173 ± 0.0010	E 0.0327 ± 0.0004	E 0.0393 ± 0.0015	E 0.0282 ± 0.0010
TiO <sub>2</sub>	% E 0.246 ± 0.001	E 0.273 ± 0.001	E 0.249 ± 0.001	E 0.216 ± 0.001
Summa	% 98.1	97.4	97.1	97.6
LOI	% V 0.5	V 1.4	V 1.7	V 1.0
Ba	ppm E 437 ± 1	E 440 ± 1	E 471 ±	E 466 ± 1
Be	ppm E 0.846 ± 0.027	E 1.32 ± 0.01	E 2.52 ± 0.04	E 1.87 ± 0.04
Co	ppm E <5.22	E <5.33	E <5.89	E <5.92
Cr	ppm E 23.7 ± 0.6	E 25.9 ± 0.5	E 26.9 ± 1.0	E 44.7 ± 1.6
Cu	ppm E <5.22	E <5.33	E <5.89	E <5.92
La	ppm E 6.30 ± 2.17	E 8.84 ± 2.19	E 13.5 ± 1.3	E 18.9 ± 3.6
Mo	ppm E <5.22	E <5.33	E <5.89	E <5.92
Nb	ppm E <5.22	E <5.33	E <5.89	E 9.47 ± 2.00
Ni	ppm E <10.4	E <10.7	E <11.8	E 14.8 ± 1.5
Sc	ppm E 1.89 ± 0.40	E 3.27 ± 0.26	E 3.99 ± 0.26	E 4.89 ± 0.66
Sn	ppm E <20.9	E <21.3	E <23.6	E <23.7
Sr	ppm E 555 ± 1	E 2140 ± 6	E 3190 ± 7	E 1330 ± 1
V	ppm E 11.9 ± 0.8	E 20.7 ± 0.7	E 17.8 ± 0.7	E 19.8 ± 1.5
W	ppm E <52.1	E <53.3	E <59.0	E <59.2
Y	ppm E 12.3 ± 0.3	E 14.2 ± 0.3	E 18.2 ± 0.2	E 17.6 ± 0.5
Zn	ppm E <10.4	E 14.4 ± 0.6	E <11.8	E <11.8
Zr	ppm E 262 ± 1	E 210 ± 1	E 241 ± 1	E 202 ± 2

Provnummer	903454		901455		903456		901457	
Beteckn 1	Born C/25–30 cm		Born C/30–35 cm		Born C/40–45 cm		Born C/45–50 cm	
Beteckn 2	<2 mm		<2 mm		<2 mm		<2 mm	
SiO <sub>2</sub>	%	E 78.5 ± 0.1	E 76.9 ± 0.1	E 77.1 ± 0.1	E 78.4 ± 0.1			
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	E 9.84 ± 0.03	E 10.6 ± 0.1	E 10.5 ± 0.1	E 10.1 ± 0.1			
CaO	%	E 1.27 ± 0.01	E 1.15 ± 0.01	E 1.27 ± 0.01	E 1.13 ± 0.01			
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	E 1.77 ± 0.01	E 1.94 ± 0.01	E 1.91 ± 0.01	E 1.85 ± 0.01			
K <sub>2</sub> O	%	E 2.75 ± 0.01	E 2.78 ± 0.01	E 2.74 ± 0.01	E 2.61 ± 0.01			
MgO	%	E 0.714 ± 0.002	E 0.619 ± 0.001	E 0.736 ± 0.001	E 0.566 ± 0.001			
MnO <sub>2</sub>	%	E 0.0430 ± 0.0001	E 0.0405 ± 0.0001	E 0.0386 ± 0.0001	E 0.0335 ± 0.0001			
Na <sub>2</sub> O	%	E 2.57 ± 0.01	E 2.54 ± 0.01	E 2.49 ± 0.01	E 2.62 ± 0.01			
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	E 0.0255 ± 0.0006	E 0.0406 ± 0.0010	E 0.0458 ± 0.0011	E 0.0424 ± 0.0006			
TiO <sub>2</sub>	%	E 0.228 ± 0.001	E 0.269 ± 0.001	E 0.259 ± 0.001	E 0.246 ± 0.001			
Summa	%	97.7	96.9	97.1	97.6			
LOI	%	V 1.1	V 1.6	V 1.4	V 1.2			
Ba	ppm	E 476 ± 1	E 505 ± 1	E 465 ± 1	E 468 ± 1			
Be	ppm	E 1.37 ± 0.03	E 1.67 ± 0.02	E 1.52 ± 0.04	E 1.58 ± 0.03			
Co	ppm	E <5.40	E <5.30	E <5.72	E <5.29			
Cr	ppm	E 32.4 ± 0.5	E 46.0 ± 0.8	E 35.3 ± 0.5	E 53.4 ± 1.0			
Cu	ppm	E <5.40	E <5.30	E <5.72	E <5.29			
La	ppm	E 14.3 ± 1.0	E 12.9 ± 1.5	E 14.3 ± 2.7	E 17.9 ± 1.8			
Mo	ppm	E <5.40	E <5.30	E <5.72	E <5.29			
Nb	ppm	E <5.40	E <5.30	E <5.72	E 5.87 ± 1.03			
Ni	ppm	E <10.8	E 12.6 ± 0.9	E <11.4	E 18.5 ± 1.2			
Sc	ppm	E 4.49 ± 0.12	E 4.33 ± 0.30	E 4.29 ± 0.48	E 4.86 ± 0.27			
Sn	ppm	E <21.6	E <21.2	E <22.9	E <21.2			
Sr	ppm	E 558 ± 1	E 104 ± 1	E 107 ± 1	E 112 ± 1			
V	ppm	E 19.4 ± 0.3	E 23.1 ± 0.8	E 22.7 ± 1.0	E 22.1 ± 0.7			
W	ppm	E <54.0	E <53.0	E <57.2	E <52.9			
Y	ppm	E 17.3 ± 0.1	E 20.5 ± 0.2	E 23.4 ± 0.3	E 24.0 ± 0.3			
Zn	ppm	E <10.8	E 11.6 ± 0.4	E 14.7 ± 0.8	E 19.7 ± 0.5			
Zr	ppm	E 194 ± 1	E 196 ± 1	E 244 ± 1	E 220 ± 1			

Provnummer	903458			
Beteckn 1	Born C/50–55 cm			
Beteckn 2	<2 mm			
SiO <sub>2</sub>	%	E	78.8	± 0.1
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	E	9.77	± 0.01
CaO	%	E	1.23	± 0.01
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	%	E	1.89	± 0.01
K <sub>2</sub> O	%	E	2.78	± 0.01
MgO	%	E	0.587	± 0.002
MnO <sub>2</sub>	%	E	0.0716	± 0.0001
Na <sub>2</sub> O	%	E	2.47	± 0.01
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	%	E	0.0423	± 0.0018
TiO <sub>2</sub>	%	E	0.247	± 0.001
Summa	%		97.9	
LOI	%	V	0.9	
Ba	ppm	E	473	± 1
Be	ppm	E	1.45	± 0.02
Co	ppm	E	<5.41	
Cr	ppm	E	50.6	± 0.7
Cu	ppm	E	39.3	± 1.1
La	ppm	E	21.0	± 2.8
Mo	ppm	E	<5.41	
Nb	ppm	E	8.48	± 1.43
Ni	ppm	E	16.1	± 1.5
Sc	ppm	E	5.78	± 0.46
Sn	ppm	E	<21.7	
Sr	ppm	E	105	± 1
V	ppm	E	25.4	± 1.3
W	ppm	E	<54.1	
Y	ppm	E	19.4	± 0.4
Zn	ppm	E	26.2	± 0.4
Zr	ppm	E	230	± 2

## Bilaga 2

Tabell 1. Kvantitativa mineralogiska XRD-analyser av moränmaterial fritt från järn- och aluminiumutfällningar och organiskt material. Halter i viktprocent. Plag. = plagioklas, Mikr. = mikroklin och Hornbl. = hornblende.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
Born C/<2 mm								
x = 6605100	0-5	66	17	15	1,1	0	1,8	101
y = 1459150	5-10	56	20	15	2,0	1,1	1,4	96
	10-15	53	22	16	2,8	1,3	1,1	96
	15-20	54	25	15	2,4	1,4	1,3	99
	20-25							
	25-30	54	24	15	2,6	1,7	1,4	99
	30-35	54	25	17	2,9	1,5	1,5	102
	35-40							
	40-45	54	25	16	2,4	1,5	1,5	100
	45-50	51	23	14	2,3	1,4	1,5	93
	50-55	52	24	16	2,5	1,2	1,2	97
	-							
	70-100	56	25	16	2,4	1,3	1,6	102
Born C/2–5,6 mm								
	0-5	62	12	19	1,1	0,8	6,0	101
	70-100	56	24	16	2,4	1,3	1,6	101
Born NE/<2 mm								
x = 6606250	0-5	61	21	10	1,0	0,6	1,4	95
y = 1459575	5-10	56	23	10	1,3	0,9	1,6	93
	10-15	53	25	14	1,9	1,7	1,8	97
	15-20	53	28	15	2,1	1,8	1,5	101
	20-25	54	27	17	1,7	1,7	2,2	104
	25-30							
	30-35	55	25	14	2,3	2,0	2,2	101
	35-40	50	25	14	2,3	2,1	2,0	95
	40-45	51	29	16	2,4	2,6	2,5	104
	45-50	51	28	13	1,9	2,6	1,8	98
	50-60	50	32	12	2,8	2,3	2,1	101

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
Born NE/2–5,6 mm								
	0-5	55	21	12	1,0	1,0	6,8	97
	5-10	36	38	10	2,5	3,7	2,9	93
	10-15	32	36	16	1,9	4,7	3,2	94
	15-20	36	36	11	3,8	4,6	3,0	94
	20-25	36	31	15	3,2	4,3	3,4	93
	25-30							
	30-35	38	39	15	25,2	3,2	10,2	
	35-40	33	33	13	1,2	3,6	3,2	87
	40-45	34	36	15	2,5	4,9	3,0	95
	45-60	34	33	13	2,2	4,7	3,7	91
Born SW/<2 mm								
x = 6603950	0-5	60	26	16	2,7	0,5	1,2	106
y = 1459075	5-10	58	28	15	2,2	0,9	1,3	105
	10-15							
	15-20	52	27	15	2,7	1,3	1,4	99
	20-25	50	29	17	3,0	1,3	1,3	102
	25-30	46	27	16	2,3	1,5	1,3	94
	30-35	49	28	18	2,2	1,7	1,6	101
	35-40	46	28	18	3,8	2,1	1,7	100
	40-45	45	27	15	2,5	2,1	1,8	93
	45-50	46	27	16	2,4	1,5	1,4	94
	50-55							
	55-60	51	25	16	2,5	1,8	1,8	98
	60-70	47	29	17	3,5	2,0	1,8	100
Born SW/2–5,6 mm								
	0-5	46	26	17	2,0	1,5	4,3	97
	5-10	40	27	20	1,7	2,4	2,3	93
	10-15							
	15-20	33	27	21	2,6	3,0	2,9	90
	20-25	37	38	16	5,6	4,2	1,3	102
	25-30	38	34	20	4,0	5,0	2,8	104
	30-35	32	31	21	3,7	3,8	3,0	95
	35-40	33	28	19	3,2	4,7	3,4	91
	40-45	36	33	18	2,8	3,1	3,1	96
	45-50	35	28	18	2,3	3,4	3,3	90
	55-70	36	31	16	4,3	4,5	4,0	96

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
A1/<2 mm	0-5	68	21	14	1,3	0,6	0,7	106
x = 6604520	5-10	63	23	13	0,7	0,6	0,7	101
y = 1459660	10-30	56	28	12	2,1	0,9	1,0	100
A1/2–5,6 mm	0-5	63	28	13	1,0	0,9	4,0	110
	5-10	47	31	14	1,1	1,1	3,3	98
	10-30	34	41	19	1,3	2,2	1,4	99
A2/<2 mm	0-5	58	30	12	1,1	0,5	1,2	103
x = 6604525	5-10	53	33	14	3,3	0,8	1,1	105
y = 1459489	10-30	50	35	14	2,2	1,4	0,8	103
A2/2–5,6 mm	0-5	41	35	10	2,2	1,8	2,2	92
	5-10	33	45	9	3,3	3,1	1,5	95
	10-30	29	44	9	3,5	3,7	1,5	91
A3/<2 mm	0-5	54	32	14	2,6	0,5	1,3	104
x = 6604490	5-10	56	36	15	1,8	0,5	1,1	110
y = 1459295	10-30	50	37	15	2,1	0,6	1,5	106
A3/2–5,6 mm	0-5	40	29	18	2,2	2,2	2,3	94
	5-10	45	29	18	2,2	2,1	2,7	99
	10-30	37	32	17	3,6	2,9	2,4	95
A4/<2 mm	0-5	66	24	16	1,3	0,4	1,2	109
x = 6604488	5-10	56	27	16	2,8	0,6	1,1	104
y = 1459100	10-30	55	28	17	2,8	0,7	1,2	105
A4/2–5,6 mm	0-5	43	18	15	1,1	0,7	2,4	81
	5-10	37	26	16	2,9	2,1	2,0	86
	10-30	37	33	15	5,5	4,5	2,6	98
A5/<2 mm	0-5	64	21	12	1,2	0,5	0,6	99
x = 6604495	5-10	60	22	15	3,2	0,5	0,8	102
y = 1458905	10-30	50	23	13	3,1	1,2	0,7	91
A5/2–5,6 mm	0-5	48	26	19	2,6	0,7	4,2	100
	5-10	42	22	14	2,1	0,9	2,2	83
	10-30	31	45	10	3,1	3,7	1,4	94
A6/<2 mm	0-5	71	19	14	0,7	0,6	1,1	106
x = 6604500	5-10	58	24	16	2,0	0,8	0,6	101
y = 1458675	10-30	60	23	15	1,4	0,6	0,7	101
A6/2–5,6 mm	0-5	59	17	10	2,1	1,4	4,0	94
	5-10	44	28	18	4,3	3,1	3,4	101
	10-30	44	28	23	4,2	2,6	2,7	104

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
B1/<2 mm x = 6604692 y = 1459704	0-5	76	19	13	0,6	0,6	0,5	110
	5-10	69	22	12	0,6	0,5	0,9	105
	10-30	56	29	14	1,4	0,8	1,0	102
B1/2–5,6 mm	0-5	72	15	12	0,7	0,6	3,2	103
	5-10	63	22	13	0,9	0,6	2,7	102
	10-30	36	44	12	2,2	3,2	1,7	99
B2/<2 mm x = 6604708 y = 1459489	0-5	61	33	8	0,5	0,5	1,0	104
	5-10	47	37	9	1,5	1,3	1,1	97
	10-30	47	39	12	1,8	1,3	1,0	102
B2/2–5,6 mm	0-5	61	37	4	0,6	0,5	2,3	105
	5-10	35	54	4	0,8	2,7	2,1	99
	10-30	37	56	4	1,2	2,9	1,6	103
B3/<2 mm x = 6604687 y = 1459308	0-5	54	32	11	0,9	0,5	0,5	99
	5-10	50	31	13	1,7	0,7	0,7	97
	10-30	49	33	14	2,4	1,1	0,9	100
B3/2–5,6 mm	0-5	42	32	10	3,3	1,7	2,8	92
	5-10	38	36	14	2,3	2,7	2,2	95
	10-30	32	44	12	2,9	5,9	2,0	99
B4/<2 mm x = 6604687 y = 1459103	0-5	70	18	14	0,9	0,5	0,7	104
	5-10	65	22	16	2,0	0,7	1,0	107
	10-30	56	27	18	3,2	1,0	1,1	106
B4/2–5,6 mm	0-5	62	14	18	0,9	0,6	4,4	100
	5-10	48	19	23	1,4	1,5	4,0	97
	10-30	45	29	23	5,1	4,9	4,5	111
B5/<2 mm x = 6604700 y = 1458894	0-5	75	19	12	0,6	0	1,1	108
	5-10	69	19	13	0,5	0	1,4	103
	10-30	65	26	15	1,7	0	2,2	110
B5/2–5,6 mm	0-5	76	8	16	0,7	0,5	4,5	106
	5-10	64	12	18	1,6	0,5	4,5	101
	10-30	48	17	19	2,2	0,7	4,5	91
B6/<2 mm x = 6604700 y = 1458675	0-5	70	20	13	0,7	0	1,0	105
	5-10	60	21	11	0,9	0	0,8	94
	10-30	60	23	13	1,7	0	0,8	99
B6/2–5,6 mm	0-5	65	12	16	0,5	0,6	3,2	97
	5-10	40	29	19	2,8	3,3	3,6	98
	10-30	48	28	20	3,6	2,2	3,6	105

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
C1/<2 mm x = 6604945 y = 1459670	0-5	51	28	11	1,3	0,5	0,9	93
	5-10	52	29	12	2,5	0,5	0,9	97
	10-30	51	31	9	1,4	0,5	0,9	94
C1/2–5,6 mm	0-5	47	36	12	0,8	0,7	2,5	99
	5-10	39	46	13	2,5	1,9	2,9	105
	10-30	44	38	11	1,0	1,4	2,2	98
C2/<2 mm x = 6604900 y = 1459499	0-5	54	31	11	1,4	0,6	0,7	99
	5-10	54	29	10	1,4	0,7	0,9	96
	10-30	48	30	17	2,6	1,5	1,3	100
C2/2–5,6 mm	0-5	51	42	9	1,1	1,1	2,7	107
	5-10	40	41	10	2,1	1,6	2,2	97
	10-30	34	45	10	3,2	3,5	2,4	98
C3/<2 mm x = 6604898 y = 1459306	0-5	52	26	15	1,1	0,7	1,1	96
	5-10	54	27	16	2,3	1,0	1,1	101
	10-30	63	23	14	1,4	0,7	0,8	103
C3/2–5,6 mm	0-5	38	31	18	2,1	2,4	3,1	95
	5-10	39	35	15	2,0	2,5	3,2	97
	10-30	46	28	20	2,3	1,8	4,0	102
C4/<2 mm x = 6604900 y = 1459097	0-5	61	20	15	1,3	0,6	0,7	99
	5-10	53	20	15	1,9	0,7	0,9	92
	10-30	52	21	14	1,9	0,9	0,8	91
C4/2–5,6 mm	0-5	52	25	19	1,5	0,6	3,3	101
	5-10	42	26	19	2,2	2,0	3,5	95
	10-30	41	29	19	2,0	3,4	3,5	98
C5/<2 mm x = 6604894 y = 1458906	0-5	41	51	5	0,4	0,7	0	98
	5-10	39	52	5	0,8	0,7	0	98
	10-30	31	59	4	0,6	1,6	0	96
C5/2–5,6 mm	0-5	53	36	12	1,6	1,1	1,7	105
	5-10	38	50	8	1,8	1,6	1,3	101
	10-30	21	60	1	0,8	5,4	0,5	89
C6/<2 mm x = 6604897 y = 1458700	0-5	70	21	11	0,6	0,6	0,6	104
	5-10	60	24	11	0,7	0,7	1,0	97
	10-30	51	21	13	1,7	0,8	0,4	88
C6/2–5,6 mm	0-5	69	19	13	0,4	0,6	3,2	105
	5-10	40	26	18	2,6	2,9	2,7	92
	10-30	40	33	21	3,5	4,9	3,6	106

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
D1/<2 mm x = 6605099 y = 1459708	0-5	60	29	13	1,3	0	1,2	105
	5-10	60	27	12	2,0	0	1,4	102
	10-30	49	25	12	1,9	0	1,0	89
D1/2-5,6 mm	0-5	71	17	14	0,6	0,5	3,3	106
	5-10	48	26	16	2,5	1,2	3,4	97
	10-30	41	31	14	3,8	1,3	2,0	93
D2/<2 mm x = 6605105 y = 1459495	0-5	54	23	13	1,0	0	0,9	92
	5-10	53	25	14	1,3	0	0,8	94
	10-30	48	28	13	2,3	0	1,5	93
D2/2-5,6 mm	0-5	52	25	20	1,2	0,6	3,9	103
	5-10	44	30	18	3,2	1,5	3,3	100
	10-30	40	36	14	3,0	3,1	3,6	100
D3/<2 mm x = 6605110 y = 1459288	0-5	76	15	14	0	0	1,1	106
	5-10	65	18	15	0,4	0	1,2	100
	10-30	58	23	17	0,8	0	1,2	100
D3/2-5,6 mm	0-5	73	11	14	0,5	0,5	3,4	102
	5-10	60	14	21	0,9	1,0	3,6	101
	10-30	42	30	16	1,5	1,8	2,7	94
D4/<2 mm x = 6605100 y = 1459150	0-5	66	17	15	1,1	0	1,8	101
	5-10	56	20	15	2,0	1,1	1,4	96
	10-30	54	24	16	2,6	1,4	1,4	99
D4/2-5,6 mm	0-5	62	12	19	1,1	0,8	6,0	101
	5-10 90-100	43	27	18	2,4	1,3	1,6	101
D5/<2 mm x = 6605114 y = 1458900	0-5	59	20	14	0,6	0	0,9	95
	5-10	58	21	14	0,7	0,7	0,8	95
	10-30	51	23	14	1,6	0,9	0,7	91
D5/2-5,6 mm	0-5	58	18	13	1,9	1,2	3,3	95
	5-10	51	25	18	1,6	2,3	3,6	101
	10-30	37	26	18	1,5	2,8	3,1	88
D6/<2 mm x = 6605118 y = 1458695	0-5	61	24	16	1,5	0,5	0,7	104
	5-10	58	24	16	1,5	0,7	1,4	101
	10-30	51	25	15	2,2	0,6	0,9	95
D6/2-5,6 mm	0-5	52	22	18	1,5	0,6	3,8	98
	5-10	39	29	18	3,8	2,8	2,8	95
	10-30	40	32	20	1,8	4,3	2,9	101

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
E1/<2 mm x = 6605302 y = 1459695	0-5	55	28	12	1,4	0,5	1,4	98
	5-10	53	32	10	1,3	1,0	1,3	99
	10-30	53	32	12	1,7	1,1	1,2	101
E1/2–5,6 mm	0-5	52	30	19	1,9	0,8	3,0	107
	5-10	42	41	16	1,9	2,9	3,2	107
	10-30	41	40	13	3,1	2,9	2,4	102
E2/<2 mm x = 6605287 y = 1459486	0-5	62	24	15	1,7	0	1,0	104
	5-10	58	22	13	1,8	0	0,7	96
	10-30	58	22	14	3,0	0	1,4	98
E2/2–5,6 mm	0-5	69	17	17	1,1	0,5	4,0	108
	5-10	50	26	20	2,5	1,6	4,1	104
	10-30	44	29	18	4,7	1,3	3,4	100
E3/<2 mm x = 6605310 y = 1459309	0-5	66	21	12	0,4	0	1,4	101
	5-10	58	24	14	1,2	0	0,9	98
	10-30	55	27	15	2,4	1,3	0,9	102
E3/2–5,6 mm	0-5	81	8	8	0,1	0,5	2,2	100
	5-10	42	29	18	2,4	2,4	3,8	98
	10-30	40	37	16	1,5	5,1	4,2	103
E4/<2 mm x = 6605310 y = 1459103	0-5	58	25	16	0,9	0,5	2,2	103
	5-10	59	27	15	0,8	0,6	1,3	104
	10-30	53	26	16	1,2	0,7	1,1	98
E4/2–5,6 mm	0-5	58	24	21	1,7	1,0	3,1	109
	5-10	46	29	22	1,7	2,6	2,5	104
	10-30	42	31	21	2,1	3,1	2,6	102
E5/<2 mm x = 6605269 y = 1458895	0-5	64	19	16	1,4	0,5	0,9	102
	5-10	63	20	15	1,2	0,6	1,0	101
	10-30	60	24	17	1,8	1,0	1,2	105
E5/2–5,6 mm	0-5	60	18	15	0,3	0,5	3,3	97
	5-10	45	22	17	2,4	2,9	4,5	94
	10-30	40	29	19	1,6	3,7	3,0	96
E6/<2 mm x = 6605296 y = 1458686	0-5	63	23	14	0,5	0	0,9	101
	5-10	56	28	15	0,9	0	1,2	101
	10-30	53	26	14	1,9	0,8	0,9	97
E6/2–5,6 mm	0-5	59	14	15	0,3	0,6	3,3	92
	5-10	45	29	19	2,4	2,9	4,5	103
	10-30	40	32	22	1,6	3,7	3,0	102

Tabell 1, forts.

Profil/fraktion och koord.	Djup cm	Mineral:						
		Kvarts %	Plag. %	Mikr. %	Hornbl. %	Klorit %	Glimmer %	S:a %
F1/<2 mm x = 6605499 y = 1459700	0-5	60	25	14	1,5	0	1,0	102
	5-10	57	25	14	1,9	0,8	1,3	100
	10-30	53	27	14	1,7	0,6	1,2	98
F1/2-5,6 mm	0-5	40	24	14	1,2	1,0	3,3	84
	5-10	41	25	16	2,1	1,4	2,5	88
	10-30	40	30	19	2,8	2,1	2,6	97
F2/<2 mm x = 6605495 y = 1459498	0-5	65	20	12	0,9	0,6	0,7	99
	5-10	68	20	14	0,9	0,5	0,7	104
	10-30	52	24	14	2,2	0,8	0,9	94
F2/2-5,6 mm	0-5	61	15	17	0,7	0,7	2,0	96
	5-10	55	18	17	1,6	1,0	1,9	95
	10-30	40	38	21	4,7	3,7	2,8	110
F3/<2 mm x = 6605545 y = 1459278	0-5	60	23	13	1,5	0	1,1	99
	5-10	59	23	15	1,8	0	1,3	100
	10-30	52	24	20	2,3	1,0	1,8	101
F3/2-5,6 mm	0-5	46	26	18	1,3	1,4	3,2	96
	5-10	44	29	19	2,8	3,5	2,7	101
	10-30	41	35	20	1,0	4,1	3,3	104
F4/<2 mm x = 6605526 y = 1459066	0-5	68	22	14	1,3	0	1,0	106
	5-10	62	20	13	1,1	0	1,2	97
	10-30	55	24	17	2,5	1,2	0,9	101
F4/2-5,6 mm	0-5	61	17	18	0,8	0,6	3,3	101
	5-10	46	21	20	3,5	1,6	3,1	95
	10-30	40	25	19	2,9	3,2	2,2	92
F5/<2 mm x = 6605499 y = 1458902	0-5	64	21	12	0,5	0	1,5	99
	5-10	61	23	15	1,1	0	1,0	101
	10-30	60	24	16	1,6	0	1,6	103
F5/2-5,6 mm	0-5	68	14	13	0,5	0,7	4,4	101
	5-10	44	26	19	3,7	2,0	4,6	99
	10-30	49	25	19	1,6	1,7	3,9	100
F6/<2 mm x = 6605510 y = 1458690	0-5	63	21	13	1,7	0,7	1,7	101
	5-10	58	22	13	1,3	0,7	1,3	96
	10-30	52	24	14	2,7	1,0	2,7	96
F6/2-5,6 mm	0-5	65	19	16	1,0	1,2	2,9	105
	5-10	37	34	19	2,8	3,2	2,9	99
	10-30	35	35	24	2,4	4,0	3,9	104





Geological Survey of Sweden  
Box 670  
SE-751 28 Uppsala  
Phone: +46 18 17 90 00  
Fax: +46 18 17 92 10  
[www.sgu.se](http://www.sgu.se)

Uppsala 2002  
ISSN 0349-2176  
ISBN 91-7158-676-8  
Print: Elanders Tofters AB