



Sveriges geologiska undersökning

Sammansättning av och vittring i jordprofiler över Dalaporfyr i en morän och i en blocksänka vid Grönsberg i Mora kommun



Sven Snäll

Sammansättning av och vittring i jordprofiler
över Dalaporfyr i en morän och i en blocksänka vid Grönsberg i Mora kommun

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

Förord	3
Sammanfattning	3
Inledning	4
Bakgrund och syfte	4
Områdesbeskrivning	4
Allmänt om vittring	6
Material	7
Provberedning	8
Analys	8
Analysresultat	10
Densitet och kornstorleksfördelning i jordlagren	10
Kemisk sammansättning av matrixmaterialet hos jordarterna i profilerna	13
Mineralogisk sammansättning av matrixmaterialet hos jordarterna i profilerna	16
Undersökning av det grövre materialet i profilerna	19
Mineralogisk sammansättning av lermaterialet i profilerna	21
Vittring	22
Kvantifiering av vittringen	24
Diskussion	28
Slutsatser	31
Referenser	32
Bilagor 1-8	

FÖRORD

Omslagsbilden visar en blocksänka omgiven av tallbevuxen morän vid Grönsberg. Omslagsbild och fig. 3 har fotograferats av Jan-Olov Svedlund, som också har framställt fig. 1 och fig. 2 i rapporten. Jan-Olov Svedlund har även varit behjälplig vid provtagningen. Provtagningen har varit möjlig tack vare samarbetet med Sivard Bogg, Boggs Grus, Mora.

Carl-Magnas Backman, laborator vid SGU, har lämnat synpunkter på manuskriptet och gett förslag till förbättringar.

Den rapporterade undersökningen har finansierats med medel från SGUs dokumentationsprogram och med interna forskningsmedel från SGU (FoU-projekt 35086).

SAMMANFATTNING

Två närliggande jordprofiler, en från en blocksänka och en från moränen intill, har undersökts. Modermaterialet till båda består i huvudsak av Dalaporfyrer som sönderdelats och avsatts av inlandsisen.

Materialen i profilerna har undersökts med avseende på kornstorleksfördelning och mineralogisk sammansättning. Matrixen (material med kornstorlek <2 mm) har även analyserats kemiskt och dessutom har vittringen i matrixen bestämts.

I blocksänkan överlagras den till synes homogena sandiga, siltiga mineraljorden av ett 20-30 cm tjockt torvskikt som också i viss omfattning analyserats. Ovanpå torvskiktet ligger sten och block av varierande storlek som når ungefär en meter över torven. Marken sluttar svagt i blocksänkan.

Moränen är provtagen i en profil drygt 30 m från profilen i blocksänkan i ett något högre terrängläge. Den är utbildad som podsol med ett tunt urlakningsskikt och rostjord därunder. Moränen är rik på stenmaterial.

Hos materialet som insamlats (i cylindrar) var innehållet grus något högre och innehåll av matrixmaterial något lägre i moränen än i blocksänkan. I moränen fanns emellertid mycket sten som inte kunde provtas i cylindrarna, därför är innehållet av matrixmaterial i moränen i verkligheten lägre än analyserna visar. Kornstorleksanalyserna av enbart matrixmaterialet från profilerna visar inga större skillnader hos materialen i de två profilerna, möjligen annat än att matrixen i blocksänkan är något homogenerare vad beträffar innehållet av siltmaterial (fraktion 0,002-0,060 mm).

Matrixmaterialet i blocksänkan är något kvartsrikare men fältspatfattigare än matrixen i moränen. Dessa skillnader har inget att göra med processer som skett sedan jordarterna avsattes. De kan förklaras av olikheter i moderbergarternas sammansättning. Profilen i blocksänkan är från en djupare stratigrafisk nivå än moränprofilen och jordmaterialet i blocksänkan har en högre halt av kvartsrikare porfyrer än porfyreerna i moränprofilen.

Det finns däremot andra skillnader i mineralsammansättningen mellan profilerna som är betingade av processer som ägt rum på platsen. En viktig skillnad är att moränen innehåller vermikulit, som är ett mineral som bildas vid vittringen av andra mineral. Vermikulithalten

ökar uppåt i profilen mot ytan av jordarten. Samtidigt ökar också kvartshalten då den vittringsresistenta kvartsen blir kvar då andra mineral vittrar bort.

Inga tydligt detekterbara halter av vermikulit har påträffats i mineraljorden från blocksänkan och inte heller ökar kvartshalten uppåt i profilen som i moränen. Det tyder på att inte någon vittringspåverkan har skett uppifrån och nedåt i profilen. Den omröring av materialet som skett i profilen då stenar och block förflyttats uppåt, som följd av deras uppfrysning kan ha utplånat spår av vittringspåverkan, som t.ex. kvartsanrikning mot ytan, men klart detekterbara halter av vermikulit borde i så fall finnas i mineraljorden. Däremot har torven som täcker mineraljorden hög halt av vermikulit. Dessutom har torven jämförelsevis höga halter av vissa spårelement, bl.a. koppar, zink och vanadin.

Utifrån kvartsens fördelning i moränprofilen har mängden material som vittrat bort från övre markskikten sedan senaste istiden beräknats till drygt 30 kg per kvadratmeter markyta. Det är mest fältspater som vittrat bort, 16 kg plagioklas och 13 kg kalifältspat. Beräknade förluster av grundämnen är (som oxider): 0,61 kg CaO, 0,13 kg MgO, 2,34 kg K₂O, 1,68 kg Na₂O, 0,12 kg P₂O₅, 5,90 kg Al₂O₃ och 19,89 kg SiO₂ per m².

Vittringen har inte skett i en helt jämn front uppifrån och nedåt utan också längs kanaler mellan stenarna i markprofilen.

Det faktum att stenar och block frusits upp och utbildat en blocksänka på platsen men inte på den plats där moränprofilen grävts har sannolikt sin förklaring i grundvattenytans läge i området. I blocksänkan är jordmaterialet av och till vattenmättat, vilket möjliggör frys-tö påverkan som skapar uppfrysningsfenomenen när kornstorleksfördelningen i jordarten är den optimala för sådana processer. Kornstorleksfördelningen hos matrixen i moränen är ungefär densamma som den hos mineraljorden i blocksänkan. Orsaken till att samma processer inte ägt rum på platsen för moränprofilen förklaras av att grundvattenytan inte når dit upp där moränprofilen är grävd.

INLEDNING

Bakgrund och syfte

Inom ramen för programmet Geologisk dokumentation påbörjades studier av bergarterna och jordarterna i Grönbergsområdet 2002-2005. Arbetena har avrapporterats i tre rapporter (Svedlund & Snäll 2002, Lundqvist m.fl. 2004 och Snäll & Svedlund 2005). Syftet med arbetet är att mera detaljerat studera berg- och jordmaterialet specifikt i en moränprofil och i en blocksänka i området, som jämförelse, hur kornstorleksfördelning, bergarts- och mineralfördelningen är i jordarterna och hur vittringen skett.

Områdesbeskrivning

Grönsberg som når 375 m ö.h. är ett randberg till Siljansringen drygt 7 km väster om Orsasjön (fig.1). Berggrunden i området, Dalaporfyren och Digerbergsandsten, har påverkats av den meteoritchock som gav upphov till Siljansringen. Porfyren är blottlagd i flera hållar i området. Digerbergsandsten har blottlagts i bergtåkten som finns i området. Den ligger under porfyren med tektonisk kontakt mot porfyren (se Lundqvist m.fl. 2004) men är inte blottlagd i håll i området. Tre typer av Dalaporfyrer har påträffats i området, en röd fältspatporfyrisk, kornig

porfyr med ca 20-25 % strökorn överst ("Grönsberg övre"), en mörkt brunviolett tät porfyr med ca 15-20 % strökorn under denna ("Grönsberg mellersta") och underst en något ljusare brunviolett, tät porfyr med ungefär samma strökornsinnehåll ("Grönsberg undre") enligt Lundqvist m.fl. (2004).

Moräntäcket är relativt tunt i de högre terrängpartierna, från 300 m ö. h. och uppåt, medan de flackare delarna som omger berget upptas till störst del av en mäktig morän, ofta i form av moränbacklandskap. Ett stort antal blocksänkor finns utbildade SSO om berget (Snäll & Svedlund 2005) (fig. 2).

Vegetationen på moränen utgörs av 30-40 årig tallskog och marken är täckt av fönsterlav och ljung i den del av området där studien genomförts. I blocksänkorna växer olika slags lavar på stenarna och blocken.



Fig. 1. Översiktskarta som visar var Grönsberg ligger i förhållande till mera kända platser i Siljansområdet.

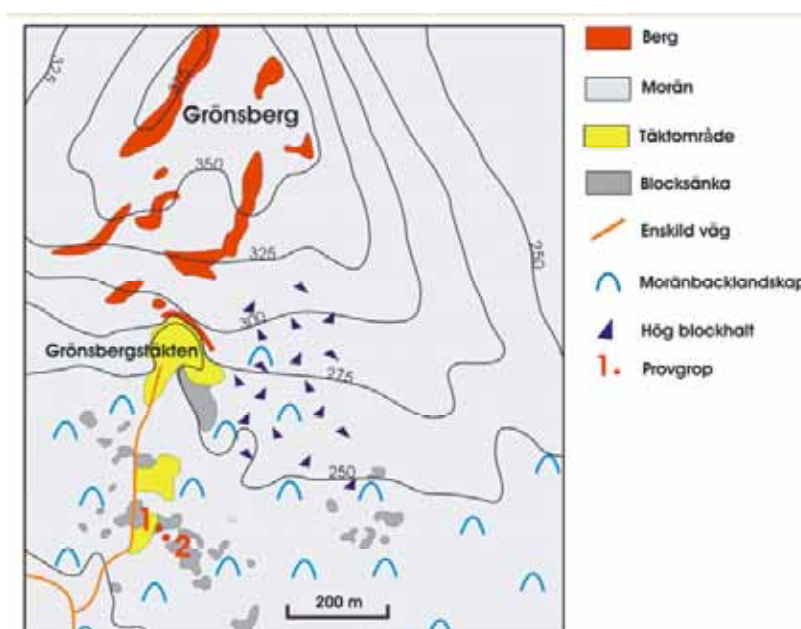


Fig. 2. Karta över undersökningsområdet och dess omgivningar. Avståndet mellan provgrop 1 (profilen i blocksänkan) och provgrop 2 (moränprofilen) är drygt 30 m.

Allmänt om vittring

Vittringen är en fundamental process i det geologiska kretsloppet som direkt påverkar levande organismer på vår jord (Wilson 2004). Den förmår bryta ner berg till jord, den spelar en central roll för en jordarts bördighetsstatus genom att frigöra näringsämnen till växligheten och vittringen av mineral fungerar också som en buffert mot olika hot i miljön (*op.cit*), t.ex. buffrar surt atmosfäriskt nedfall.

I berggrund upptas vatten kapillärt i mikrosprickor och kemisk jämvikt inställer sig mellan vattenfasen och mineralfaserna. Vittringsprodukterna blir då till sammansättning och struktur avhängiga till vilka mineral vattenfaser har kontakt med. I mera permeabla bergarter och jordarter, där markvattnet fritt kan transporteras, upprätthålls de kemiska jämvikterna mellan mineral och vattenfas ej längre. Karaktären hos markvattnet och typen av vittringsprodukter blir då en återspegel av bulksamansättningen av de olika faserna (Wilson 2004).

I jordarter täckta av vegetation blir vittringsprocesserna än mer komplicerade av organiska ligander som bildats vid nedbrytningen av organiskt material eller direkt från jordmikrobers aktivitet eller från växternas rötter (*op.cit*). Den biologiska vittringen har större betydelse i övre delarna av jordprofilerna än den oorganiska.

Vittringen i en jordprofil återspeglar således en samverkan mellan klimat, topografi, modermaterial, samt den levande faunan och floran på platsen.

Vid vittringen av jordarterna utvecklas en jordmån i översta markskikten. I vårt kalltempererade fuktiga klimat är podsol den vanligaste jordmånen i skogsmark. Brunjordsjordmåner förekommer också i vissa områden med högt inslag av basiskt eller sedimentärt bergartsmaterial i jordarten. Podsoler karakteriseras av att mer eller mindre distinkta horisonter utbildas i markprofilerna i mineraljorden under förnan och måren (se Minell & Troedsson 1990, s. 42). Överst utbildas en 1-20 cm mäktig urlakningshorisont, E (el. A₂)-horisonten. Den kallas blekjorden och är ofta vit eller grå till färgen. Under blekjorden följer en roströd-mörkbrun anrikningshorisont, B(el. I)-horisonten, med varierande mäktighet, från några enstaka cm upp till 50-70 cm, ibland mer. Denna kallas också rostjorden. B-horisonten övergår nedåt successivt i den egentliga (ursprungliga) jordarten, C-horisonten.

Vittringen leder till att de primära mineralen upplöses eller omvandlas till sekundära mineral och därmed att joner frigörs till vattnet i marken. Karbonater är mest lättvittrade. De upplöses helt vid vittringen. Bland silikaterna är oliviner, pyroxener och calciumrika plagioklaser (anortiter) de mest lättvittrade. Därefter följer amfiboler och vissa skikt-silikater som biotiter och kloriter. Kalifältpater, natriumrika plagiolaser (albitar) och glimrar av muskovittyp är däremot svårvittrade (Sverdrup 1990). Kvarter och zirkon betraktas som inerta i vittringsavseende. Från många av ovan nämnda mineral bildas sekundärt vermikulit och blandskiktmineral med vermikulitskikt och andra som omvandlingsprodukter. Närvaro av vermikuliten i en bergart eller jordart är det vanligaste kännetecknet på vittringspåverkan i vårt klimat. Mer eller mindre välkristalliserade järnoxider/hydroxider är också vanliga vittringsprodukter.

MATERIAL

För att undersöka uppbyggnaden av en blocksänka i jämförelse med den vanliga moränen grävdes och uttogs material i två profiler nära varandra för få likartat modermaterial så att studier av processer skulle underlättas. Avståndet mellan profilen i blocksänkan med koordinaterna 1421710/6776160 och profilen i moränen med koordinaterna 1421740/6776150 blev 31-32 m (se fig. 2, provgrop 1 och provgrop 2). Två större gropar upptogs med hjälp av grävmaskin. Volymbestämda prover uttogs sedan i stålcyllindrar genom ingrävning i väggarna i groparna och nertryckning av cylindrarna i avplanade ytor. Cylindrarna var 5 cm höga och med diameter 7,2 cm. Material i tre cylindrar uttogs för varje 5 cm intervall ($627,5 \text{ cm}^3$) ner till 70 cm djup under blocken och torven i blocksänkan, och till 75 cm djup i den vanliga moränen.

Blocksänkan var uppbyggd av ett ca 1 m mäktigt lager av sten och block med storlekar upp till 50-80 cm med de grövsta blocken överst (se fig. 3a och 3b) och finare, stenigare material nedåt. Det underlagrades av ett 20-30 cm tjockt torvlager. Därunder finns en siltig jordart som provtogs ner till 70 cm djup. Ingen podsol är utbildad i blocksänkan.



Fig. 3a. Profil i blocksänka vid provgrop 1.



Fig. 3b. Samma provgrop året därefter. Grundvattennivån ligger vid torvlagret.

Moränen har en svagt utvecklad podsolprofil. Under förnan och humusskiktet är en 0,5-1,5 cm mäktig undulerande urlakningshorisont (E-horisont) utbildad. Rostjorden (under E-horisonten) når som mest ett djup av 35 cm att döma av färgen på jordarten i profilväggen. Prov av E-horisonten togs genom hopskrapning av material inom en 1125 cm^2 stor yta. Därunder provtogs moränen som nämnts i 5 cm intervaller ner till 75 cm djup på samma sätt som i blocksänkan. Då moränen var mycket stenig måste provtagningscylindrarna i varje provtagningsnivå sättas på sådant sätt att större stenar inte insamlades i cylindrarna, för att jordarten över huvud taget skulle kunna provtas. Följden av detta är att det insamlade materialet blir finkornigare än vad jordarten i sin helhet är.

PROVBEREDNING

Materialet som insamlats i plastpåsar fick lufttorka i fem och en halv månad. Därefter vägdes proverna vid temperaturen 22 °C och 45 % relativ fuktighet för bestämning av skrymdensitet. Därefter torrsiktades materialen i skakapparat ca 12 minuter för varje prov över 2 mm och 5,6 mm siktar. Proverna från blocksänkan var mycket kompakta och så hårda att de bara delvis sönderdelades vid siktningen i skakapparaten. Dessa måste manuellt finfördelas genom att aggregaten gnuggades sönder över siktarna.

Från fraktionerna <2 mm avdelades 18-25 g som i laboratoriekross (Retsch BB51) krossades ner och siktades genom en 0,5 mm sikt. Därifrån avdelades ca 4 g för extraktion av utfällda järn- och aluminiumoxider genom citrat-bikarbonat-ditionit lakning enligt Mehra & Jackson (1960). Från det lakade materialet, som tvättats och torkats, avdelades 1,800 g och 0,200 g ZnO tillfördes för preparation av prover för kvantitativ röntgendiffraktionsanalys. Dessa maldes (10 min.) i alkohol i en kvarn (McCrone Micronising Mill) till analysprov. Efter bortfiltrering av alkoholen och torkning packades proverna i särskilda provhållare före röntgendiffraktionsanalyserna.

Ca 30 g avdelades för separation av lermaterial i proverna. Materialet slammades upp i destillerat vatten och behandlades i ultraljud för dispergering av partiklarna. Partiklarna fick sedan sedimentera en bestämd tid varefter den del av suspensionerna med partiklar <2 µm sögs av och filtrerades för beredning av prov enligt Drever (1973) för kvalitativ lermineralanalys.

För kemiska analyser avdelades ytterligare 15-20 g från fraktionerna <2 mm och för pH bestämningar 4 g av varje prov. Dessutom avdelades 50-60 g från fyra prover, två från moränprofilen och två från profilen i blocksänkan för jämförelse kornstorleksfördelningen i matrixmaterialet i de två profilerna.

ANALYSER

Analysen av kornstorleksfördelningen i matrix (fraktion <2 mm) har utförts vid institutionen för markvetenskap (biofysik), SLU, Uppsala på fyra prover. Pipettmetodik har tillämpats vid analyserna. Innan analyserna utfördes behandlades proverna med väteperoxid (H₂O₂) för borttagning av det organiska materialet.

De kemiska analyserna (oxider av huvudelement och vissa spårelement) har utförts av Analytica AB i Luleå enligt deras G-2 analyspaket. Provmaterialet smälts med litiummetaborat, varefter smältan upplöses i utspädd salpetersyra. Haltbestämningarna har sedan skett med ICP-AES och ICP-QMS.

Elementbestämningarna i lakvätskor, efter citrat-bikarbonat-ditionit lakningen, genomfördes vid SGUs geokemiska laboratorium med ICP-MS. Vid samma laboratorium gjordes även pH bestämningarna, pH(H₂O) mätt på 4 g prov + 20 ml MilliQ-vatten och pH1 efter tillsats av syra 8 ml 12,5mM H₂SO₄.

De mineralogiska analyserna av matrixmaterialet utfördes vid SGU med en Siemens D5000 (theta-theta) diffraktometer med kopparstråning ($\text{CuK}\alpha$) och grafitmonokromator. 50 kV spänning och 40 mA strömstyrka genererades för analyserna. Diffraktogram (som råfiler) togs upp inom 2-theta intervallen 5° - 65° och 59° - 64° med svephastighet stegvis $0,02^\circ$ (2-theta) per 2 sek inom det förstnämnda intervallet och stegvis $0,01^\circ$ (2-theta) per 5 sek inom det andra intervallet (se Srodon m.fl. 2001). I strålgången satt en 2° divergensspalt och 0,1 mm "receiving" spalt. En upptagning (tidsåtgång 2 tim. 40 min.) gjordes för varje prov.

Analyserna av de framseparerade lerfraktionerna utfördes med lägre effekt, 40 kV spänning och 40 mA strömstyrka. Vid analyserna av lerfraktionerna (med orienterade preparat) togs diffraktogram upp bara inom 2-theta intervallet 2° - 35° med svephastigheten varit $0,02^\circ$ (2-Theta) per 1 sek (stegvis). Alla analyser utfördes med fast provhållare och 1° divergensspalt. I samtliga fall satt en 2 mm "antiscatter" spalt och en 0,1 mm detektorspalt ("receiving" spalt) i strålgången.

Utvärdering av röntgendiffraktionsdata skedde i Siemens/Bruker AXS DIFFRAC^{PLUS} mjukvara (version 2.2) i programmet EVA. Samma mineralstandarder och samma förfarande som tillämpats av Snäll (2004) användes även i detta arbete för de kvantitativa mineralbestämningarna. Förfarandet är en något modifierad version efter Srodon m.fl. 2001). Kvantitativa mineralbestämningar har även gjorts genom Rietveld analys i TOPAS R programvara. Dessutom har normativa mineralbestämningar gjorts utifrån antagen sammansättning hos mineralen (Tabell 1).

Tabell 1. Kemisk sammansättning (vikt-%) hos mineral som använts vid de normativa haltbestämningarna av mineralen.

Mineral	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	MgO	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	TiO ₂	P ₂ O ₅
Kvarts	100								
Albit	68,7	19,4				11,8			
Anortit	43,2	36,6			20,2				
Ortoklas	64,8	18,3					16,9		
Sericit ^a	47,65	37,03	0,01	0,04		0,76	9,02	0,10	
Klorit ^b	25	19	30	13					
Vermikulit ^c	34	16	28	8					
Apatit					55				42

a) Glimmeranalys nr 1 (Newman & Brown, 1987, sid. 72)

b) Klorit (Snäll m.fl. 1992 och Stendahl m.fl. 2002)

c) Vermikulit (Snäll m.fl. 1992 och Stendahl m.fl. 2002)

ANALYSRESULTAT

Densitet och kornstorleksfördelning i jordlagren

Resultaten av vägningarna, densitetsbestämningarna och siktningarna redovisas i Tabell 2 och Tabell 3 och i fig. 4 visas fördelningen av matrix (<2mm), fingrus (2-5,6 mm) och grövre grus >5,6 mm) i viktprocent i profilerna i diagramform. Kornstorleksfördelningen i matrixmaterialet i de fyra prover, två från moränen och två från blocksänkan, som utvalt för analys anges i Tabell 4.

Noteras kan att materialet från profilen i blocksänkan i stort sett genomgående har högre densitet än det från moränprofilen. I blocksänkan har proverna de översta nivåerna, 0-15 cm, största densiteterna, 1,79-1,87 g/cm³. I moränprofilen har proverna från de översta skikten den lägsta densiteten. I översta delen av B-horisonten, från djupnivåerna 1-6 cm och 6-11 cm är densiteterna bara 1,18 g/cm³ respektive 1,23 g/cm³ och för materialet i E-horisonten bestämdes en så låg densitet som 1,02 g/cm³ beroende på inblandning av växtrester i detta skikt.

Kornstorleksfördelningen mellan matrixen och grövre korn hos det insamlade materialet från de två profilerna är ganska lika dock med viss övervikt för det grövsta kornen (>5,6 mm) i materialet från moränen. I verkligheten är andelen av korn >5,6 mm ännu större i moränen eftersom grövre stenar undveks vid provtagningen då sådana inte rymdes i provtagningscylindrarna.

Kornstorleksanalyserna av material <2 mm i profilerna (Tabell 4) visar att det är inga skillnader i kornstorleksfördelningen i matrixen mellan profilerna. Det hade förväntats ett högre innehåll siltmaterial (mjäla + finmo) i proverna från blocksänkan men så är inte fallet. Tydligt är det bara de större stenarna och blocken som "fryser upp" då blocksänkan utvecklas.

Den högre densiteten hos materialet i blocksänkan beror på att jordarten där är mera kompakterad än i moränen. I blocksänkan är jordarten av och till helt vattenmättad. Grundvattenytan når vid vissa tidpunkter upp till torvlagret under blocken. I vattenfas kan mineralkornen förflyttas och ordnas och packas på ett helt annat sätt än i en torr jordart och vid frysningen av grundvattnet sker årliga strukturförändringar i jordarten då vattnet övergår till is och när isen tinar. Då isen tinar lösgörs de finare kornen i vattenfasen först av alla och sjunker, vilket leder till en omflyttning av material. På detta sätt "lyfts" större stenar uppåt mot ytan av jordarten. I moränprofilen som är grävd i mark som helt ligger över grundvattenytan är jordarten inte vid något skede vattenmättad och den har följaktligen samma struktur nu som när den en gång avsattes från inlandsisen.

Tabell 2. Volym, vikter, skrymdensiteter samt kornstorleksfördelningar mellan matrix (<2 mm) och grövre kornstorleksfraktioner i prover från olika djup i moränprofilen.

Provbeteckning Morän	Djup cm	Volym cm ³	Vikt g	Skrymdensitet g/cm ³	<2 mm vikt-%	2-5,6 mm vikt-%	>5,6 mm vikt-%
1421740/6776150							
E	0-1	1125	1151	1,02	79,3	8,2	12,5
0-5	1-6	627,5	739	1,18	70,6	7,0	22,4
5-10	6-11	"	771	1,23	72,9	8,1	19,0
10-15	11-16	"	949	1,51	69,8	8,0	22,2
15-20	16-21	"	906	1,44	63,3	8,6	28,1
20-25	21-26	"	904	1,44	61,9	7,0	31,1
25-30	26-31	"	855	1,36	73,3	8,7	18,0
30-35	31-36	"	795	1,27	62,4	7,1	30,6
35-40	36-41	"	864	1,38	78,4	7,3	14,3
40-45	41-46	"	905	1,44	66,0	6,9	27,1
45-50	46-51	"	829	1,32	70,4	8,4	21,1
50-55	51-56	"	910	1,45	71,9	8,6	27,2
55-60	56-61	"	848	1,35	63,2	7,8	29,0
60-65	61-66	"	978	1,56	67,4	6,3	26,3
65-70	66-71	"	880	1,40	76,9	6,4	16,7
70-75	71-76	"	974	1,55	80,3	6,4	13,3

Tabell 3. Volym, vikter, skrymdensiteter samt kornstorleksfördelningar mellan matrix (<2 mm) och grövre kornstorleksfraktioner i prover från olika djup i profilen från blocksänkan.

Provbeteckning Blocksänka	Djup cm	Volym cm ³	Vikt g	Skrymdensitet g/cm ³	<2 mm vikt-%	2-5,6 mm vikt-%	>5,6 mm vikt-%
1421710/6776160							
Block och sten	0-100						
Torv	100-120						
0-5	120-125	627,5	1136	1,81	77,3	8,1	14,6
5-10	125-130	"	1172	1,87	87,7	5,4	7,0
10-15	130-135	"	1122	1,79	81,1	11,7	7,2
15-20	135-140	"	1067	1,70	76,7	9,9	13,4
20-25	140-145	"	1014	1,62	77,7	11,2	11,1
25-30	145-150	"	963	1,53	77,1	12,8	10,1
30-35	150-155	"	1061	1,69	72,0	8,9	19,2
35-40	155-160	"	966	1,54	80,3	9,6	10,2
40-45	160-165	"	1025	1,63	82,3	7,6	10,2
45-50	165-170	"	1025	1,63	84,3	6,0	9,7
50-55	170-175	"	984	1,57	74,3	8,5	17,1
55-60	175-180	"	1004	1,60	68,6	6,6	24,8
60-65	180-185	"	1105	1,76	69,3	6,3	24,4
65-70	185-190	"	993	1,58	84,3	6,0	9,8

Tabell 4. Kornstorleksfördelning (i vikt-%) i prover från moränen och blocksänkan.

Profil och djup cm	Ler <0,002 mm	Finnmjåla 0,002-0,006 mm	Grovmjåla 0,006-0,02 mm	Finmo 0,02-0,06 mm	Grovmo 0,06-0,2 mm	Mellansand 0,2-0,6 mm	Grovsand 0,6-2 mm
Morän 55-60	4,5	8,2	19,3	21,8	20,3	12,1	13,8
Morän 70-75	2,9	5,2	12,1	18,4	25,3	19,9	16,2
Blocks. 5-10	5,2	9,4	16,4	17,5	22,5	16,8	12,2
Blocks. 50-55	2,6	5,6	17,3	21,3	22,7	16,1	14,5

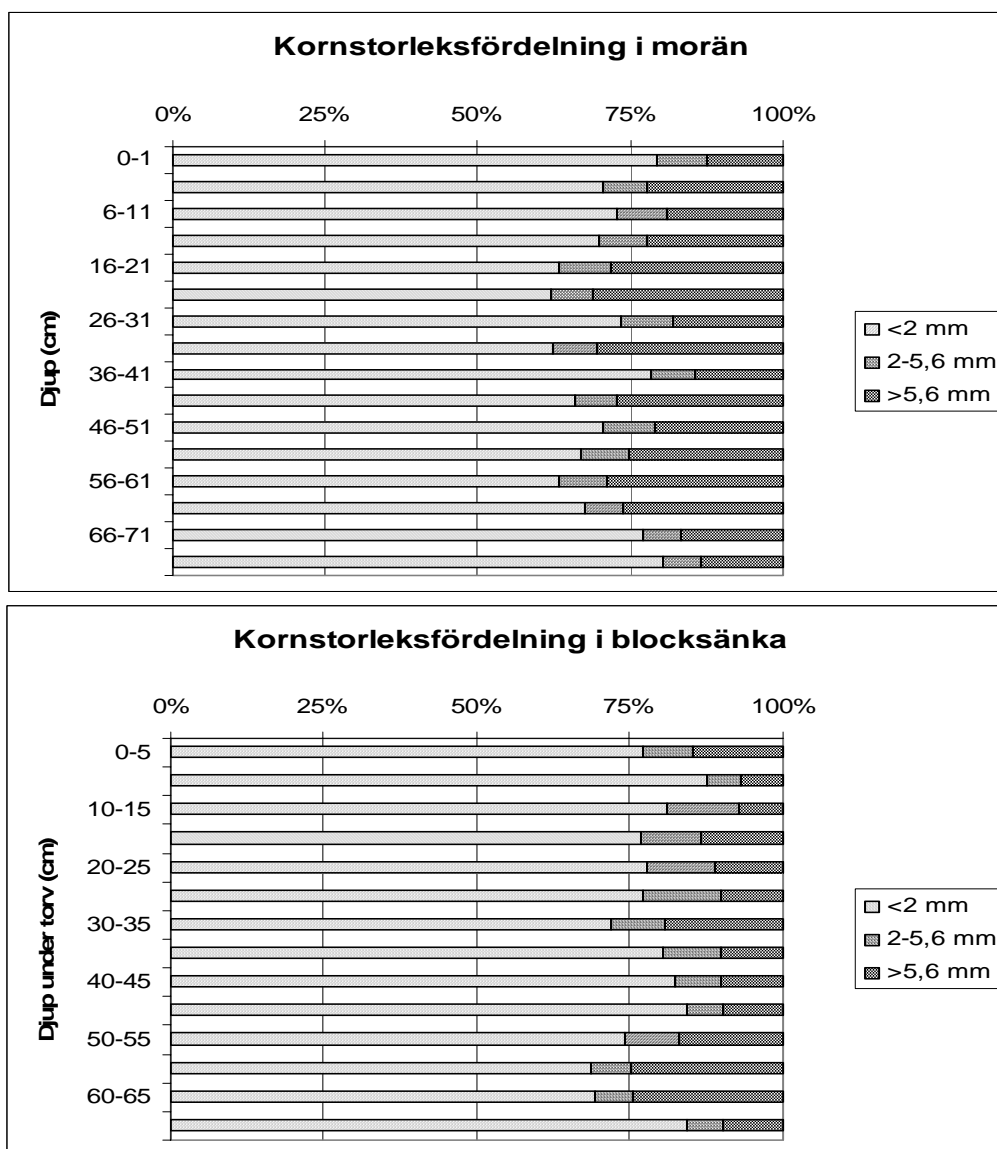


Fig. 4. Kornstorleksfördelning mellan matrix (<2mm), fingrus (2-5,6 mm) och grövre grus >5,6 mm) i viktprocent i profilerna i diagramform.

Kemisk sammansättning av matixmaterialet hos jordarterna i profilerna

Resultaten av de kemiska bestämningarna redovisas i tabellform i Bilaga 1 och Bilaga 2 samt i diagramform för ett antal utvalda element i fig. 5. Som framgår av fig. 5 är den kemiska sammansättningen tämligen lika i profilerna, men vissa skillnader kan noteras. För huvudelementen är SiO_2 - och CaO -halterna något högre i profilen från blocksänkan i moränprofilen, medan Al_2O_3 -, Fe_2O_3 -, MgO - och K_2O -halterna är högst i moränprofilen. Noterbart är att K_2O -, Na_2O -, CaO - och MgO -halterna sjunker något i översta skikten av moränprofilen vilket indikerar utlakning av dessa element till följd av vittringspåverkan. Även SiO_2 -halten är låg i provet från den översta nivån i moränprofilen men det förklaras av att mineraljorden i detta prov är uppblandat med växtrester, vilket framgår av glödningsförlusten (LOI, se Bilaga 1) som är hög i detta prov, 7,2 vikt-%.

Översta provet från blocksänkan, provet från torvskiktet, utskiljs inte bara p.g.a. ett högt innehåll av organiskt material, med en kolhalt på 8,3 vikt-% motsv. ca 14 vikt-% humussubstans (Snäll & Svedlund 2005), utan också högre halter av olika andra ämnen, som t.ex. Al_2O_3 och MgO p.g.a. ett högt innehåll av lermineralet vermikulit. Torven har också förhöjda halter av vissa spårämnen som bestämts (se Bilaga 2) i jämförelse med mineraljorden i profilerna: barium (897 ppm), beryllium (12 ppm), koppar (87 ppm), skandium (25 ppm), strontium (254 ppm), vanadin (84 ppm), yttrium (194 ppm) och zink (133 ppm).

Extraherbara halter av järn, aluminium och fosfor i profilerna visas i diagram i fig. 6. Även extraherbart kisel bestämdes i laklösningarna, men bara ca 0,2 vikt-% (som SiO_2) av proverna, ungefär lika i alla, kunde lakas ut.

pH har uppmäts i proverna från profilerna, dels efter uppslamning i vatten och tillsats av svag syra och försurningsresistens (buffertprocent, Bergseth 1985) hos jordmaterialen har beräknats (Tabell 5 och Tabell 6). pH värdet i de djupare delarna av moränprofilen, från 35 cm djup och nedåt, och i blocksänkan är faktiskt något högre än det rapporterade medianvärdet 5,4 för pH i svenska moräner, mätt på kornstorleksfraktion $< 63 \mu\text{m}$ (Andersson 2004).

Om markens buffringsförmåga är låg sjunker pH när försurande vätejoner tillförs (Andersson 2004). Ett högt procentvärde på försurningsresistensen betyder att materialet i jordarten buffrar bra mot sur nederbörd. I kalkhaltiga jordarter där karbonatmineralen buffrar är försurningsresistensen 100 %. Även humusrikt material, som materialet från torvskiktet i profilen från blocksänkan, har hög buffringskapacitet. I första hand sker en buffring genom utbyte av löst bundna joner i utbytbara positioner i mineralen. Vid lägre försurningsresistens buffrar aluminium och sedan järn om tillgången på lakbart aluminium resp. järn är tillräckligt hög. Om tillgången på löst bundna ämnen är låg ökar vittringen av silikatmineralen i marken och frigör baskatjoner men det är trög process och indikeras av en lägre försurningsresistens. Någon klar gräns mellan de olika buffringssystemen går ej att fastställa, eftersom de olika systemen överlappar varandra (Andersson 2004).

Tabell 5. pH i suspension (4 g prov + 20 ml MilliQ-vatten), pH1 (4 g prov + 20 ml MilliQ-vatten + 8 ml 12,5 mM H₂SO₄) och försurningsresistens i material från moränprofilen.

Provbeteckning	Djup (cm)	pH	pH1	Försurningsresistens (%)
E	0-1	4,4	3,1	90
0-5	1-6	4,9	3,3	93
5-10	6-11	5,0	3,2	90
10-15	11-16	5,2	2,9	83
15-20	16-21	5,3	3,1	88
20-25	21-26	5,4	3,1	88
25-30	26-31	5,5	2,9	84
30-35	31-36	5,4	3,0	84
35-40	36-41	5,6	2,8	79
40-45	41-46	5,5	2,8	78
45-50	46-51	5,6	2,8	76
50-55	51-56	5,6	2,8	76
55-60	56-61	5,9	2,8	76
60-65	61-66	6,0	2,8	75
65-70	66-71	5,8	2,7	75
70-75	71-76	5,7	2,8	77

Tabell 6. pH i suspension (4 g prov + 20 ml MilliQ-vatten), pH1 (4 g prov + 20 ml MilliQ-vatten + 8 ml 12,5 mM H₂SO₄) och försurningsresistens i material i profilen från blocksänkan.

Provbeteckning	Djup (cm)	pH	pH1	Försurningsresistens (%)
Torv	100-120	5,6	4,4	99
0-5	120-125	5,9	2,8	76
5-10	125-130	5,9	2,7	69
10-15	130-135	6,1	2,7	73
15-20	135-140	6,0	2,7	69
20-25	140-145	6,0	2,7	70
25-30	145-150	6,0	2,7	69
30-35	150-155	5,9	2,7	71
35-40	155-160	5,7	2,6	68
40-45	160-165	5,6	2,6	66
45-50	165-170	5,7	2,6	62
50-55	170-175	5,7	2,6	62
55-60	175-180	5,8	2,6	61
60-65	180-185	5,8	2,6	61
65-70	185-190	5,8	2,6	62

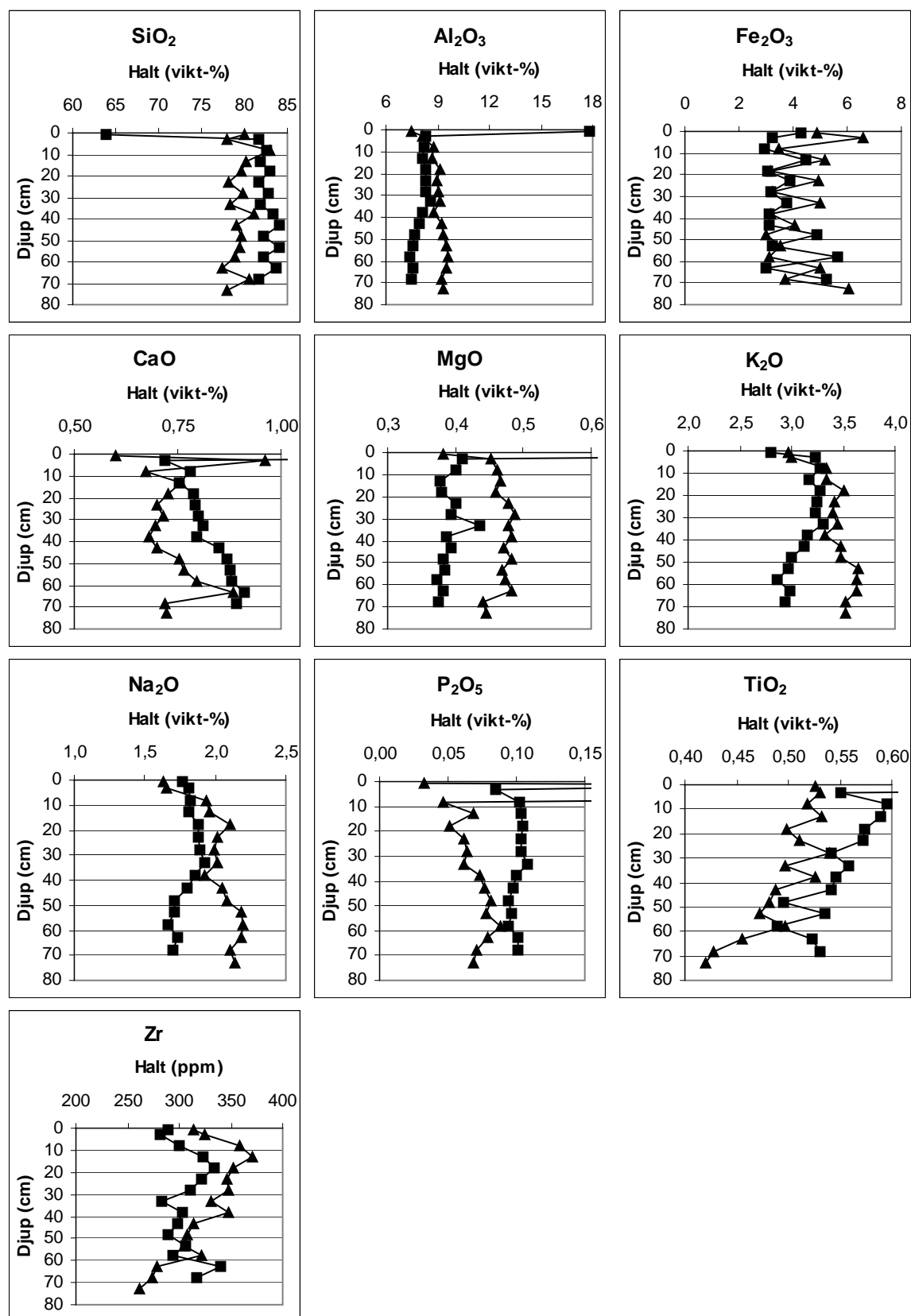


Fig. 5. Fördelning av huvudelement och vissa spårelement hos matrix (<2 mm fraktionen) i moränprofilen (trianglar) och profilen från blocksänkan (kvadrater). Halterna är korrigerade för glödningsförlust (LOI) och extraherbara (utfällda) ämnen.

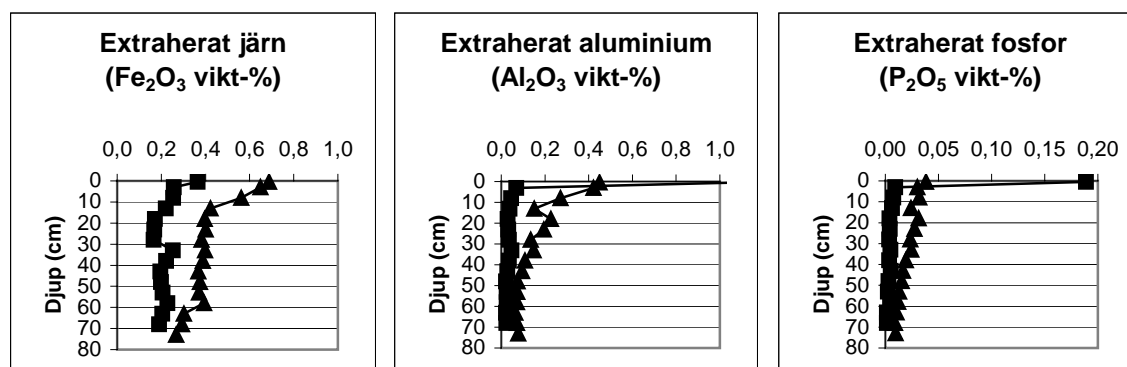


Fig. 6. Järn, aluminium och fosfor extraherat genom citrat-bikarbonat ditionitbehandling av matrix (<2 mm fraktionen) i moränprofilen (trianglar) och profilen från blocksänkan (kvadrater).

Mineralogisk sammansättning av matixmaterialet hos jordarterna i profilerna

I ett tidigare arbete (Snäll & Svedlund 2005) beräknades mineralsammansättningen i proverna från de två profilerna mot tillblandade standarder (QXRD) enligt en något modifierad version efter Srodon m.fl. (2001). Resultaten från dessa bestämningar redovisas i Bilaga 3 och Bilaga 6. Det finns även andra metoder att kvantifiera mineralen i jordarter som har prövats för resultatjämförelse i detta arbete, dels kvantitativ Rietveld analys i programvaran Topas R (Bruker AXS, 2003) och dels normberäkningar från kemiska analysdata utifrån antagna sammansättningar för mineralen som ingår i proverna. Resultaten från de kvantitativa Rietveld analyserna redovisas i Bilaga 4 och Bilaga 7 och resultaten från normberäkningarna i Bilaga 5 och Bilaga 8.

Metoderna ger något olika resultat. I fig.7 redovisas bestämningarna kvartshalterna med alla tre metoderna. QXRD-bestämningarna har gett större spridning av halterna och i vissa fall lägre halter än de andra metoderna, vilket sannolikt beror på större osäkerhet i dessa bestämningar p.g.a. att mätningarna sker på ett mindre antal toppar i diffraktogrammen med den metoden, medan med den kvantitativa Rietveld analysen beaktar alla toppar i diffraktogrammen. Fördelningen av övriga identifierade mineral i profilerna enligt Rietveld- och normberäkningarna visas i fig. 8, utom för illit/sericit. Illit/sericithalten har inte kunnat beräknas med någon större säkerhet med den kvantitativa Rietveld-metoden då data för mineralet illit saknas i strukturdatatabasen. Ej heller redovisas de normativt beräknade glimmerhalterna p.g.a. deras kemiska sammansättning är dåligt känd. Ett underskott av aluminium fås i proverna i många fall vid normberäkningarna av glimmermineralen. Haltbestämningarna med QXRD-metoden har inte tagits med i fig. 8 (utom för illit/sericit) p.g.a. den större osäkerheten i QXRD bestämningarna. För att ändå få en uppfattning om illit/sericithalterna har bestämningar av dessa gjorts med QXRD-metoden med ledning av intensiteten på glimmerns 10 Å topp (den mest intensitetsstarka illit/sericittoppen i XRD-diagrammen).

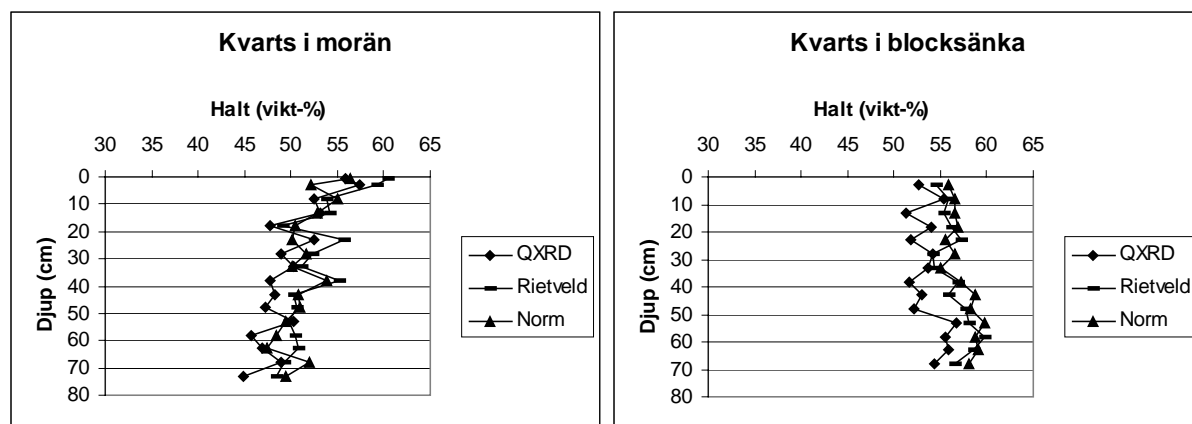


Fig. 7. Bestämningar av kvartsinnehåll i matrixen (fraktion < 2 mm) i profilen från moränen och i profilen från blocksänkan med tre olika metoder, QXRD, Rietveld och genom normberäkningar utifrån kemiska analysdata.

Som framgår av figurerna är det vissa skillnader i mineralogisk sammansättning mellan profilerna. Profilen från blocksänkan har något högre kvartshalt än de ovittrade delarna av profilen från moränen men lägre fältspathalt, framförallt lägre plagioklashalt. För övriga mineral, såsom klorit och glimmermineral kan inga skillnader mellan profilerna påvisas.

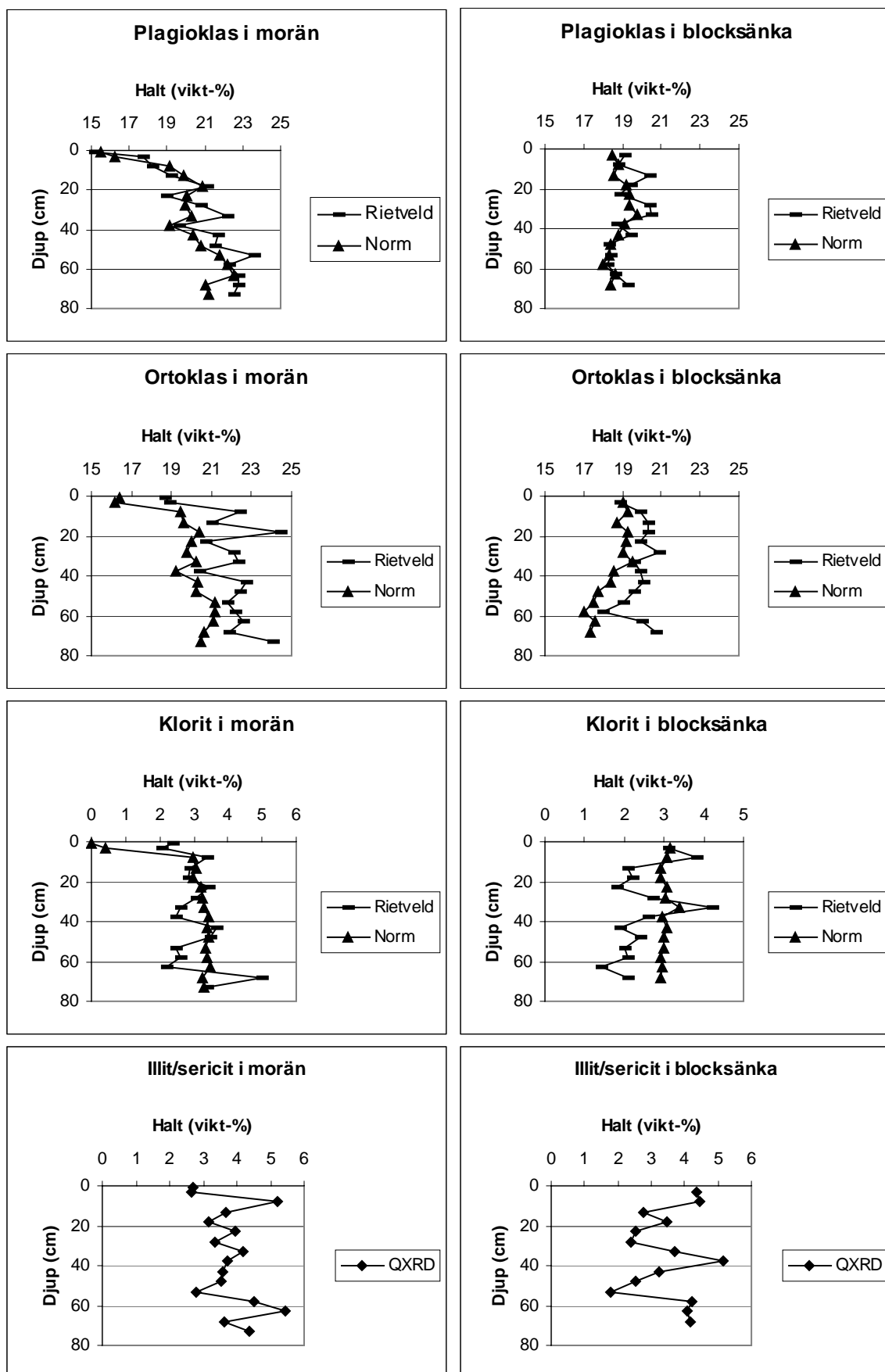


Fig. 8. Fördelning av plagioklas, ortoklas, klorit och glimmer (illit och sericit) i profilen från moränen och i profilen från blocksänkan enligt Rietveld- och normberäkningar för mineralen utom för glimmerhaltererna som bestämts med QXRD-metoden.

Undersökning av det grövre materialet i profilerna

Tre typer av dalaporfyr finns i Grönsberg, som benämns ”Grönsberg undre”, ”Grönsberg mellersta” och ”Grönsberg övre” i rapporten av Lundqvist m.fl. (2004).

Mineralsammansättningen i de tre porfyrtyperna är något olika som framgår av fig. 9 och Tabell 7. För jämförelser siktades gruskorn över en 8 mm sikt fram från det insamlade

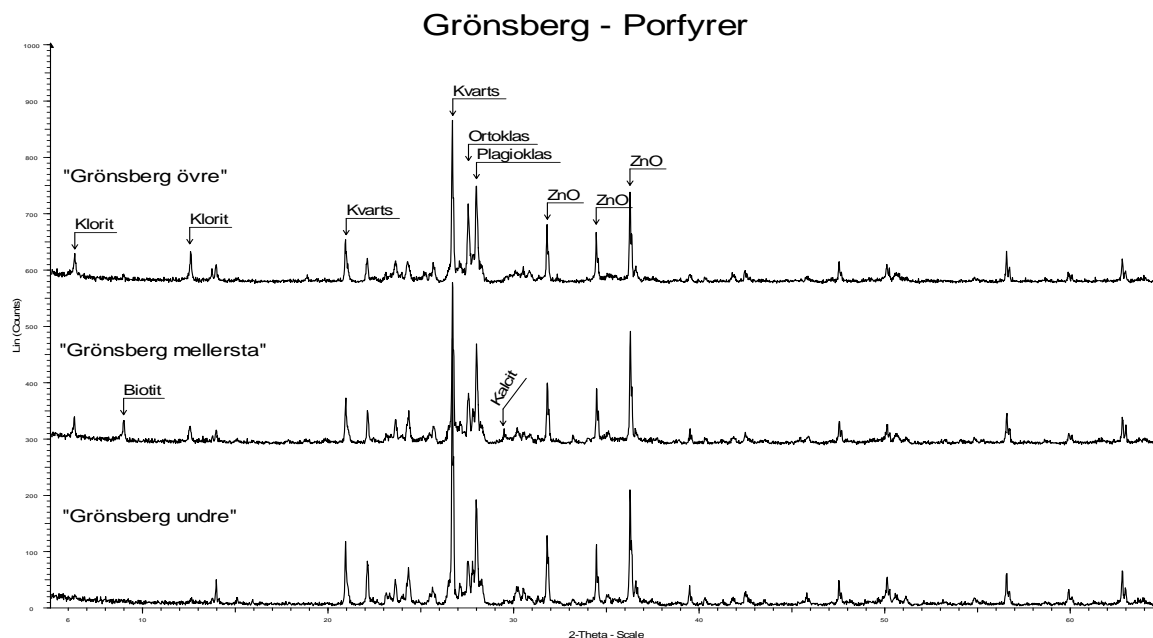


Fig. 9. XRD-diagram upptagna på de tre porfyrtyperna i Grönsberg. De största topparna för karakteristiska mineral har särskilt markerats. ZnO har tillsatts som standard för kvantifiering av mineralen i porfyrerna.

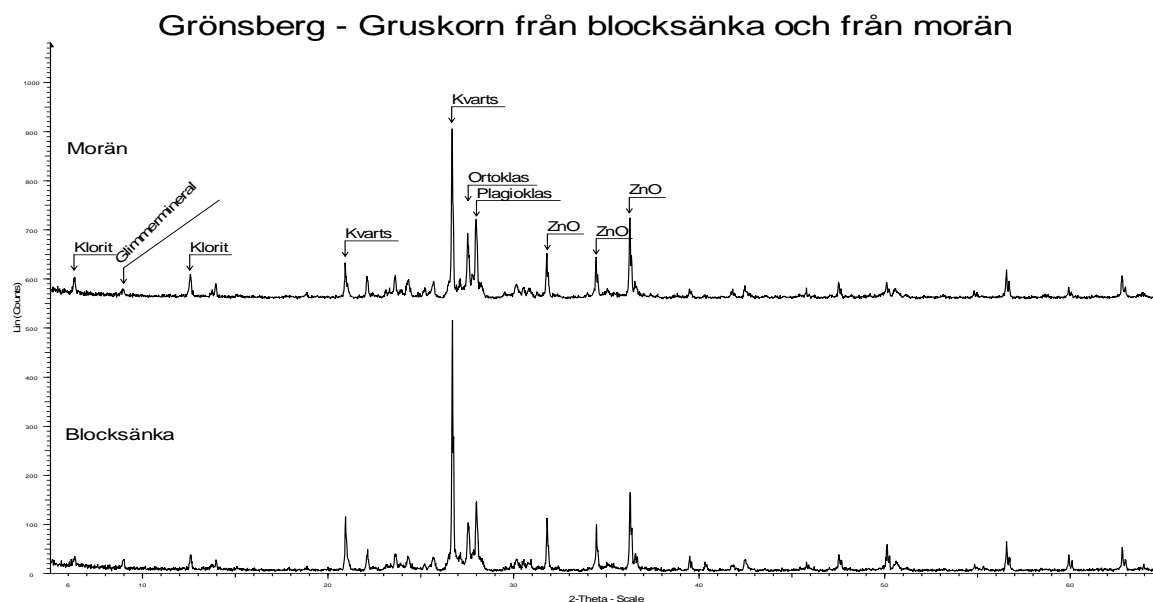


Fig. 10. XRD-diagram upptagna på gruskorn större än 8 mm separerade från provtaget material i blocksänkan och från djupintervallet 16-76 cm i moränprofilen. De största topparna för karakteristiska mineral har särskilt markerats. ZnO har tillsatts som standard för kvantifiering av mineralen i porfyrerna.

materialet i jordprofilerna. Bedömningar av bergartsinnehållet gjordes varefter stenmaterialet från vardera profilerna sammanslogs och krossades ned och maldes för XRD-analys. Upptagna XRD-diagram visas i fig. 10 och haltbestämningarna av mineralen med kvantitativ Rietveld metodik redovisas i Tabell 7.

Tabell 7. Halter av mineral enligt den kvantitativa Rietveld analysen i de tre porfyrtyperna och i stenmaterialet som separerats från provtagna nivåer i blocksänkan och i moränen.

	Kvarts	Ortoklas	Plagioklas	Glimmer: Biotit/sericit /illit	Klorit	Kalcit
	vikt-%	vikt-%	vikt-%	vikt-%	vikt-%	vikt-%
Porfyr – ”Grönsberg övre”	17	34	43	0,4	6	
Porfyr – ”Grönsberg mellersta”	18	31	41	3	5	2
Porfyr – ”Grönsberg undre”	25	20	50	0,7	4	
Gruskorn - morän	21	29	42	3	5	
Gruskorn - blocksänka	29	31	35	2	3	

Vid den visuella bedömningen av bergartstyperna i jordprofilerna kunde det konstateras att stenmaterialet i moränprofilen i huvudsak bestod av en röd strökornsrik porfyr av typ ”Grönsberg övre” medan i profilen från blocksänkan stenmaterialet hade en mera blandad sammansättning av olika porfyrtyper med viss dominans av ”Grönsberg övre” ner till 25 cm djup under torvskiktet. Därunder är ”Grönsberg mellersta” mera vanligt förekommande och som mest förekommande är ”Grönsberg undre” typen. Bland stenarna från blocksänkan finns även material från Digerbergsandstenen och till och med enstaka stenar från Garbergsgranit. Skillnaderna i kvartshalt mellan materialen i profilerna, även i jordarternas matrix som observerats, kan således förklaras av att modermaterialet inte är detsamma i profilerna.

Mineralogisk sammansättning av lermaterialet i profilerna

Lerfraktionerna har separerats från proverna i profilerna och analyserats särskilt med avseende på lermineral. Illit, klorit och vermikulit samt de bergartsbildande mineralen kvarts och fältspater identifierades vid analyserna (fig. 11).

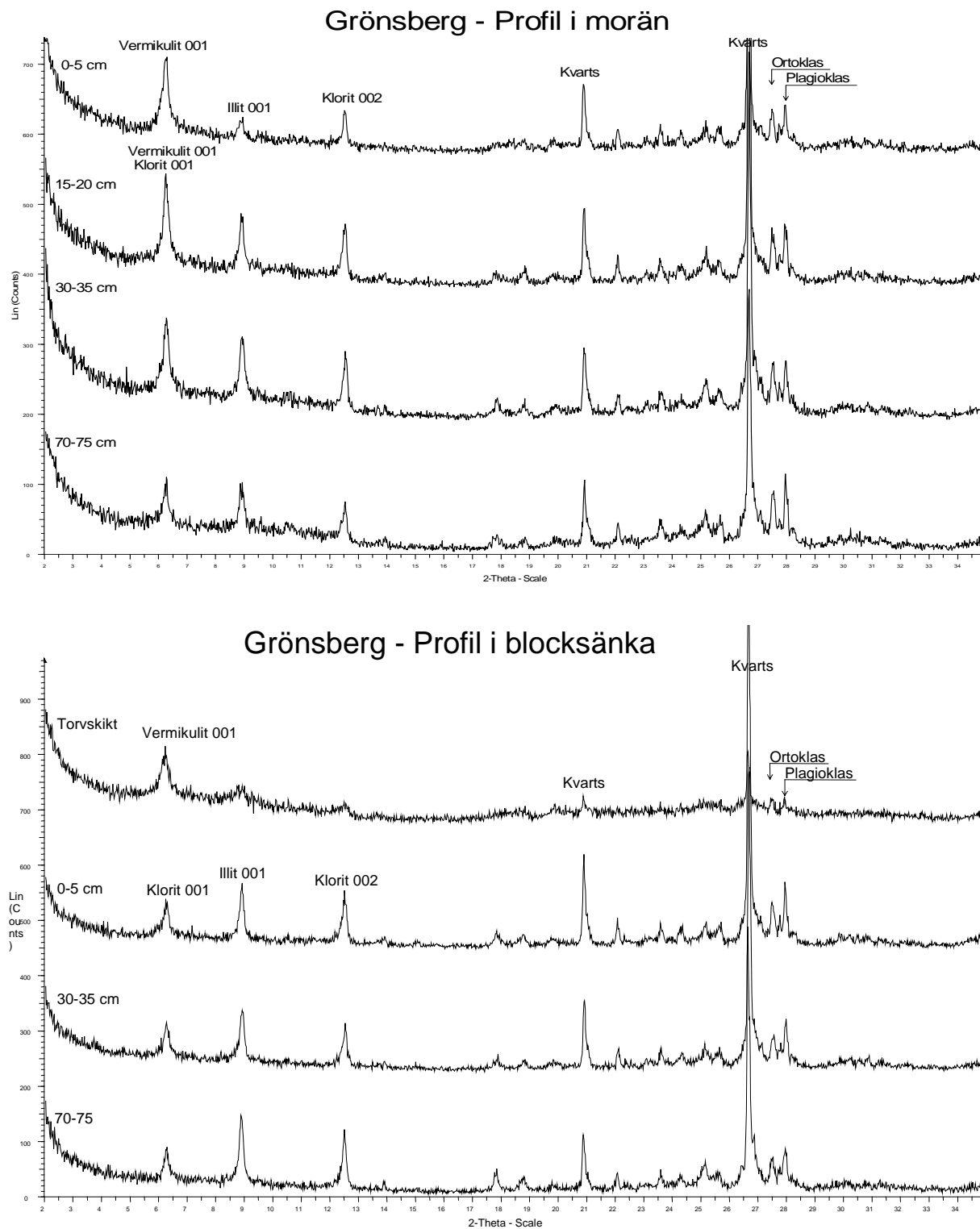


Fig. 11. XRD-diagram upptagna på lermaterial som separerat från olika djupnivåer i profilen från blocksänkan och i profilen från moränen.

I den minerogena delen av profilen från blocksänkan ingår förutom kvartsen och fältspaterna enbart illit och klorit. Närvaro av vittringsprodukten vermikulit har inte påträffats. Däremot i torvskiktet som ligger ovanpå mineraljorden är halten av vermikulit högt (se fig. 11).

I moränen ingår vermikulit i alla provtagna delar av profilen och som mest i de översta delarna av profilen men även i provet från den djupast provtagna nivån, 70-75 cm, är vermikulit detekterbar (jfr. toppen vid 6,2 °2-theta med illit och klorit topparna vid 8,8 resp. 12,5 °2-theta).

Vittring

Det har pågått och pågår en vittring av de exponerade övre markskikten över hela jorden. Här i Norden skedde en sönderbrytning av berggrund och omröring av befintligt jord- och bergmaterial och förflyttning av material av inlandsisen vid den senaste istiden. I jordprofiler är den vittring som skett sedan istiden lättast att dokumentera. Vid vittringen bryts mineral ner och grundämnen frigörs och lakas ut. I föreliggande arbete åskådliggörs var vittring skett i de diagram som upprättats över fördelningen element och mineral i profilerna (se fig. 5 och fig. 8).

I diagrammen framtagna för de kemiska analyserna (fig. 5) minskar framför allt halterna av CaO, MgO, K₂O, Na₂O och P₂O₅, med några undantag, nedifrån och uppåt i moränprofilen. Halterna av TiO₂ och Zr ökar däremot. De ingår i mera vittringsresistenta mineral vars andel av jordmaterialet blir större då andra komponenter lakas ut. Av diagrammen upprättade över mineralfördelningen i profilerna (fig. 8) indikeras att det är vittringen av fältspat, framför allt plagioklasen, som bidrar till förlusten av de kemiska elementen och i mindre omfattning vittringen av klorit och illit/sericit.

I lermaterialet (fraktion <2 µm) som framseparerats från det provtagna materialet i profilerna kan en viss vittringspåverkan påvisas i materialet genom hela moränprofilen. Det framgår av förhållandena (kvoterna) mellan vermikulit 001-, klorit 001- och illit 001- resp. klorit 002- toppar i Tabell 8. Ett större tal indikerar mer vittringspåverkan än ett mindre. Vid vittringen omvandlas framför allt glimmer och klorit till vermikulit. Vid jämförelse av värdena i Tabell 8 (för moränprofilen) med dem i Tabell 9 (för profilen i blocksänkan) är värdena genomgående högre för proverna i moränen än de i blocksänkan utom för provet från torven som ligger ovanpå mineraljorden i blocksänkan där vittringspåverkan påtaglig. Däremot kan ingen vittringspåverkan i mineraljorden detekteras med denna metod. I moränen är vittringspåverkan mest påtaglig i de tre-fyra översta provtagningsintervallen (se Tabell 8). Siffrorna antyder även att illiten är något mera vittringsbenägen än kloriten.

Ett index (CIA, Nesbitt & Young, 1984) för omvandlingsgraden (vittringspåverkan) baserat på kemiska analysdata för proverna i profilerna har beräknats (Tabell 10). CIA beräknas på molbasis enligt följande formel:

$$\text{CIA} = (\text{Al}_2\text{O}_3 / (\text{Al}_2\text{O}_3 + \text{CaO} + \text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O})) \times 100$$

Tabell 8. Förhållanden mellan uppmätta höjder (i counts) för de kombinerade (överlappande) vermikulit 001+ klorit 001-topparna vid 6,2 °2-theta och illit 001-toppen vid 8,8 °2-theta samt mellan vermikulit 001+ klorit 001-topparna och klorit 002-toppen vid 12,5 °2-theta i moränprofilen.

Provbeteckning	Djup (cm)	Verm. 001+klorit 001/illit 001	Verm. 001+klorit 001/klorit 002*
E	0-1	3,9	2,5
0-5	1-6	4,4	2,1
5-10	6-11	1,8	1,5
10-15	11-16	1,9	2,0
15-20	16-21	1,6	1,6
20-25	21-26	1,1	1,6
25-30	26-31	1,0	1,6
30-35	31-36	1,2	1,3
35-40	36-41	0,9	1,6
40-45	41-46	0,8	1,5
45-50	46-51	0,9	1,5
50-55	51-56	1,0	1,4
55-60	56-61	1,1	1,6
60-65	61-66	1,7	2,6
65-70	66-71	1,3	1,6
70-75	71-76	1,0	1,2

* Till kloritens 002-topp bidrar i mindre grad vermikulitens 002-topp.

Tabell 9. Förhållanden mellan uppmätta höjder (i counts) för de kombinerade (överlappande) vermikulit 001+klorit 001-topparna vid 6,2 °2-theta och illit 001-toppen vid 8,8 °2-theta samt mellan vermikulit 001+klorit 001-topparna och klorit 002-toppen vid 12,5 °2-theta i profilen från blocksänkan.

Provbeteckning	Djup (cm)	Verm. 001+klorit 001/illit 001	Verm. 001+klorit 001/klorit 002*
Torv	100-120	3,1	4,2
0-5	120-125	0,6	0,7
5-10	125-130	0,7	0,8
10-15	130-135	0,5	0,7
15-20	135-140	0,5	0,6
20-25	140-145	0,5	0,7
25-30	145-150	0,4	0,7
30-35	150-155	0,7	0,8
35-40	155-160	0,6	0,7
40-45	160-165	0,6	0,7
45-50	165-170	0,4	0,7
50-55	170-175	0,4	0,5
55-60	175-180	0,5	0,6
60-65	180-185	0,4	0,7
65-70	185-190	0,5	0,6

* Till kloritens 002-topp bidrar i mindre grad vermikulitens 002-topp.

Rena fältspater har CIA-index 50, pyroxener och amfiboler har värden mellan 0 och 35 medan lermineralet illit har värden mellan 75 och 85 (Law et al. 1991). En vittringsprodukt som vermikulit med sammansättning enligt Tabell 1 har värdet 100.

Tabell 10. Beräknade CIA-värden från kemiska analysdata för provtagna nivåer i moränprofilen och profilen i blocksänkan.

Provbeteckning:	CIA _{morän}	Provbeteckning:	CIA _{blocksänka}
Moränprofil		Profil i blocksänka	
E	52,9	Torv	63,4
0-5	52,2	0-5	51,3
5-10	52,7	5-10	50,7
10-15	51,6	10-15	50,8
15-20	52,0	15-20	50,5
20-25	52,3	20-25	50,5
25-30	52,4	25-30	50,5
30-35	52,4	30-35	51,0
35-40	52,4	35-40	50,4
40-45	52,3	40-45	50,1
45-50	51,9	45-50	49,8
50-55	51,5	50-55	49,7
55-60	51,4	55-60	49,5
60-65	50,9	60-65	49,3
65-70	51,6	65-70	49,4
70-75	51,8		

Proverna från moränen har genomgående något högre CIA-värde än proverna från mineraljorden i blocksänkan med det högsta värdet 52,9 för provet från moränens E-horisont. En antydning till vittringspåverkan kan spåras ner till 50 cm djup under E-horisonten. I torvskiktet ovanpå mineraljorden är halten av vermikulit hög som även CIA-värdet (63,4) visar. En tendens med minskande CIA-värden nedåt även i profilen från blocksänkan indikerar en mindre vittringspåverkan även där.

Kvantifiering av vittringen

För att kvantifiera vittringen med tillämpad metodik krävs att jordmaterialet när det avsattes var mineralogiskt homogent. Genom att bestämma förhållandet (kvoter) mellan vittringsresistenta komponenter i profilerna (Law et al. 1991, Land & Öhlander, 1996), om än det är ett något trubbigt verktyg, kan man få en uppfattning om materialets ursprungliga homogenitet. Konstanta värden på kvoterna tyder på att modermaterialet från början varit homogent genom hela profilen medan abrupta hopp i kvoterna visar att materialet från början varit heterogent. Beräkningar av kvoterna Zr/Ti, kvarts/TiO₂ och kvarts/Zr har gjorts på proverna från de två profilerna med resultat som visas i fig. 12. Medelvärdet för kvoterna Zr/Ti*10⁻¹ i moränprofilen är 39,0 och i profilen från blocksänkan 33,8. I ingen av profilerna är avvikelserna från medelvärdena >10 % som av Law et al. (1991) satts en slags gränsvärde för huruvida materialet skall betraktas som homogent eller ej. Däremot är skillnaderna i medelvärdena mellan profilerna >10 %, vilket tyder på att det inte är samma ursprungsmaterial i jordprofilen från blocksänkan som i moränprofilen.

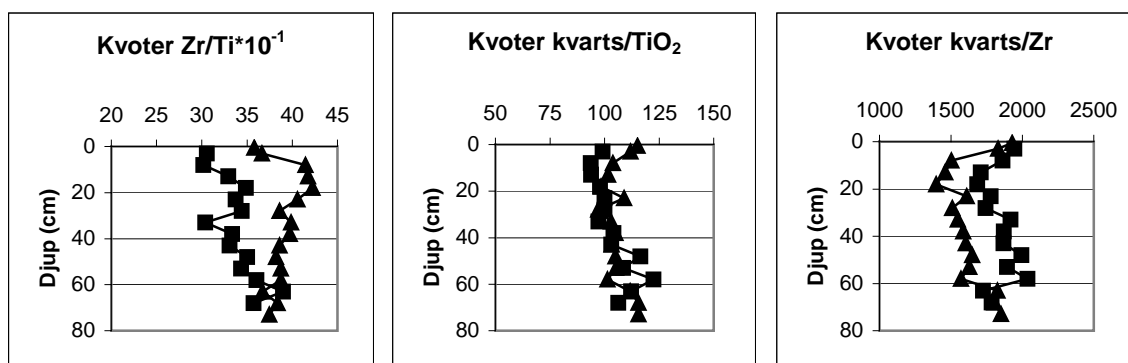


Fig. 12. Förhållanden mellan Zr- och Ti-halter, kvarts- och TiO₂-halter och kvarts- och Zr-halter beräknade från kemiska analysdata på proverna i moränprofilen (trianglar) och på proverna från blocksänkan (kvadrater). Normberäknade kvartshalter har använts.

Inte heller är avvikelserna för kvoterna mellan kvartshalterna och TiO₂-halterna större än 10 %. Kvoterna kvarts/Zr uppvisar däremot större variationer. Medelvärdet för kvoterna kvarts/Zr är 1643 i moränprofilen och 1843 i profilen från blocksänkan. Som mest är avvikelserna från medelvärdet i provet från E-horisonten, 1927, och i provet från 15-20 cm nivån, 1396, d.v.s., 17 % resp. 15 % i moränprofilen. I profilen från blocksänkan är avvikelserna mindre som mest 10 %. Det är möjligt att de större avvikelserna i kvarts/Zr kvoterna än de andra kvoterna beror på osäkerheter i kvartsbestämningarna.

För kvantifiering av den historiska vittringen har såväl kvarts (Tevelald m.fl. 1990), som Ti (Olsson & Melkerud, 1989) och Zr (Olsson & Melkerud, 1991, Land m.fl. 1999) använts. Alla tre visar en ökning av halterna uppåt i moränprofilen (se fig. 7 för kvarts och fig. 5 för Ti och Zr), d.v.s. de har motstått vittringen som skett sedan istiden. Innehållet av andra komponenter har däremot minskat i varierande grad p.g.a. att de lakats ut eller omvandlats. I profilen från blocksänkan ökar däremot inte halterna kvarts som i moränprofilen (se fig. 7), snarare minskar, vilket tyder på att det inte skett någon vittring i mineraljorden där. Ti och Zr visar inte lika entydigt att materialet skulle vara opåverkat. Det är större variationer i haltfördelningen i profilen för dessa element möjligen beroende på variationer i sammansättningen hos materialet från olika nivåer i profilen.

I första hand har kvarts använts, men även för TiO₂ och Zr, vid kvantifiering av vittringen i moränprofilen enligt tillvägagångssätt beskrivet av Tevelald m.fl. (1990). I ett första steg beräknas TL-värden, som är beräknade viktförluster i % i förhållande till ovittrat material.

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

I formeln är Q%U är kvartsinnehållet i det ovittrade provmaterial och Q%W är kvartsinnehållet i det vittrade provmaterialet. Som kvartsinnehåll i ovittrat materialet har ett medelvärde för kvartshalterna i nivåerna 50-55 cm och 55-60 cm (djupintervallet 51-61 cm om E-horisonten medräknas) beräknats, likaså för TiO₂ resp. Zr halterna. Moränen i de djupare nivåerna 60-65 cm, 65-70 cm och 70-75 cm är i flera avseende avvikande och kan ha haft en något annan ursprunglig sammansättning. Viktförluster, TL, i % i de olika djupintervallen ner till 51 cm djup har beräknats (Tabell 11) med ledning av kvartshalter, normberäknade, med kvantitativ Rietveld och med kvantitativ röntgendiffraktionsteknik(QXRD) teknik och dessutom med ledning av TiO₂ och Zr fördelningarna i profilerna.

Tabell 11. Vikter av fraktion <2 mm och beräknade viktförluster TL (%) i olika djupnivåer utifrån fördelningen av kvartshalter bestämda på tre olika sätt, genom normberäkningar, kvantitativ Rietveld teknik och med kvantitativ XRD-analys (QXRD) samt utifrån fördelningen av TiO₂ och Zr i profilen.

Djup cm	Vikt per m ² kg	TL _{kvarts(QXRD)} %	TL _{kvarts(Rietveld)} %	TL _{kvarts(norm)} %	TL _{TiO₂} %	TL _{Zr} %
0-1	8,112	14,1	17,19	13,12	7,79	0,22
1-6	41,570	16,5	15,51	6,13	8,49	3,33
6-11	44,798	8,6	7,05	11,07	6,55	12,76
11-16	52,742	9,8	7,39	7,20	8,83	15,51
16-21	45,698	-0,6	0,00	2,97	2,81	10,92
21-26	44,614	8,6	10,05	2,20	5,09	9,48
26-31	49,921	2,0	4,39	5,22	10,02	9,77
31-36	39,507	4,4	1,96	2,39	2,41	5,18
36-41	54,033	-0,4	9,24	9,09	7,79	10,10
41-46	47,571	0,4	0,00	3,54	0,61	0,22
46-51	46,535	-1,7	0,99	3,73	-0,62	-1,95

Då vikterna för varje djupintervall är kända kan absoluta mängder av bortvittrat material, TLW, i varje horisont beräknas enl. följande formel (från Teveldal m.fl. 1990):

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

W2 är vikten av materialet i moränens matrix (fraktion <2 mm). Med uppmätta värden har viktförlusterna (vittringen), TLW, beräknats för översta skikten i moränprofilen ner till 51 cm djup (Tabell 12), med ledning av fördelningen av kvarts (bestämd på tre olika sätt), TiO₂ och Zr i profilen.

Tabell 12. Viktförluster i moränprofilen beräknade med olika bestämningsmetoder.

Djup cm	TLW _{kvarts(QXRD)} kg/m ²	TLW _{kvarts(Rietveld)} kg/m ²	TLW _{kvarts(norm)} kg/m ²	TLW _{TiO₂} kg/m ²	TLW _{Zr} kg/m ²
0-1	1,3	1,7	1,2	0,7	0,02
1-6	8,2	7,6	2,7	3,9	1,4
6-11	4,2	3,4	5,6	3,1	6,6
11-16	5,7	4,2	4,1	5,1	9,7
16-21	-0,3	0,0	1,4	1,3	5,6
21-26	4,2	5,0	1,0	2,4	4,7
26-31	1,0	2,3	2,8	5,6	5,4
31-36	1,8	0,8	1,0	1,0	2,2
36-41	-0,2	5,5	5,4	4,6	6,1
41-46	0,2	0,0	1,7	0,3	0,1
46-51	-0,8	0,5	1,8	-0,3	-0,9
Summa:	25,4	31,0	28,7	27,6	40,8

Tre av bestämningarna har gett jämförbara resultat för absoluta mängderna av bortvittrat material, beräkningarna baserade kvartshalter bestämda med Rietveld teknik och genom normberäkningar samt beräkningarna baserade på TiO_2 fördelningen i profilen. Men det är uppenbart att fördelningen av vissa element kan ge missvisande resultat. I detta fall gäller det beräkningarna baserade på Zr fördelningen i profilen. Det framgår redan av fig. 5 att zirkonium, som i huvudsak ligger bundet i mineralet zirkon, har ett något oväntat uppträdande i moränprofilen. Det skulle ha förväntats de högsta halterna av Zr i den mest vittringpåverkade översta delen av profilen, men halterna av Zr är istället lägre där (i de två översta provtagna nivåerna) än längre ner i profilen (se fig. 5). Det är troligt att små zirkonkristaller har transporterats nedåt i markprofilen av vatten som rört sig genom profilen och ansamlats på djupare nivåer.

Det har tydligen inte heller varit någon helt homogen vittringsfront med mest intensiv vittring i översta delen av profilen med successivt avtagande vittringspåverkan nedåt i profilen utan vittringen synes åtminstone delvis ha skett längs kanaler då markvattnet rört sig mellan stenarna nedåt i jordprofilen. Det förklarar varför starkare vittringspåverkan kan observeras på vissa nivåer även en bit nedåt i profilen som t.ex. inom djupintervallen 21-31 cm och 36-41 cm.

Med kännedom viktförluster (TL-värden i %) i förhållande till ovittrat material är det möjligt att beräkna viktförlusterna av enskilda element (komponenter) från kemiska analysdata. Ett TED-värde (Teveldal m.fl. 1990) beräknas för varje element i varje nivå.

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

DU är halten av elementet D i det ovittrade materialet. Skillnaden mellan det beräknade TED-värdet och halten av elementet i det vittrade materialet, DW%, ger en vittringsförlusten i % av elementet D i det vittrade materialet. $\text{TL}_{\text{kvarts(norm)}}$ har valt för beräkning av elementförlusterna. Resultaten av beräkningarna anges i Tabell 13.

Tabell 13. Beräknade viktförluster av element på grund av vittringen i moränprofilen.

Djup cm	CaO kg/m ²	MgO kg/m ²	K ₂ O kg/m ²	Na ₂ O kg/m ²	P ₂ O ₅ kg/m ²	Al ₂ O ₃ kg/m ²	SiO ₂ kg/m ²
0-1	0,025	0,013	0,099	0,072	0,005	0,286	0,896
1-6	0,084	0,021	0,365	0,284	0,020	0,871	2,631
6-11	0,095	0,031	0,336	0,237	0,021	0,894	2,679
11-16	0,045	0,019	0,306	0,211	0,011	0,841	2,679
16-21	0,036	0,012	0,114	0,070	0,018	0,380	1,037
21-26	0,046	0,002	0,138	0,101	0,010	0,346	1,267
26-31	0,054	0,004	0,217	0,161	0,012	0,492	1,817
31-36	0,041	0,002	0,112	0,088	0,009	0,257	1,071
36-41	0,099	0,018	0,367	0,264	0,009	0,923	3,193
41-46	0,054	0,007	0,142	0,105	0,004	0,314	1,450
46-51	0,026	0,002	0,145	0,091	0,002	0,292	1,168
Summa:	0,605	0,131	2,341	1,684	0,121	5,896	19,888
						Totalt:	30,666

De beräknade elementförlusterna ger ca 16 kg/m² bortvittrad plagioklas, 13 kg/m² ortoklas, 1 kg/m² klorit, 0,5 kg/m² illit/sericit och 0,03 kg/m² apatit.

10000 år har förflutit sedan området blev exponerat efter senaste istiden (Fredén 1994). Ungefär 30 kg av materialet i jordprofilen har vittrat bort under den tiden, d.v.s. det har skett en årlig genomsnittlig vittring på 3 g per m² i porfyrmoränen i området. De uppmätta vittringen är av samma storleksnivå som uppmättes över den finkorniga metavulkaniten ("leptiten") i Bergslagen nordost om Nora (Snäll 2002)

Diskussion

Porfyryr av dalatyp utgör som väntat den helt dominerande delen av modernmaterial i båda profilerna. Dock förekommer i profilerna olika typer av dalaporfyryr i området med olika färg, olika strökorshalt och olika mineralogisk sammansättning.

För studier av de processer som ägt/äger rum i marken upptogs profilerna så nära varandra som möjligt (ca 30 m avstånd) för att få så likartat modernmaterial som möjligt. Tyvärr uppfylldes inte detta villkor tillfullo. Det provtagna materialet visade sig vara något olika i profilerna. Modernmaterial i moränprofilen dominerades bland framsiktat stenmaterial av den porfyryrtyp som anstår på toppen av berget Grönsberg ("Grönsberg övre", se Lundqvist m.fl. 2004) medan modernmaterial i profilen från blocksänkan dominerades av porfyryr som kan observeras i själva bergtäkten längre ner i berget ("Grönsberg mellersta" och Grönsberg undre", se Lundqvist m.fl. 2004). Den profilen innehåller även material från underliggande Digerbergssandsten och även mera långtransporterade bergmaterial som granit av Garbergstyp. Förklaringen till detta är att profilerna är tagna på olika stratigrafiska nivåer. Profilen i blocksänkan ligger stratigrafiskt djupare än moränprofilen.

Skillnaderna i sammansättning återspeglas även i jordarternas matrix, och visas genom olikheter framför allt i kvartshalt med högre kvartshalt i profilen från blocksänkan än i de mindre vittringspåverkade delarna av moränprofilen. Dock ökar kvartshalten uppåt i moränprofilen som följd av den postglaciala vittringen i denna. I profilen från blocksänka finns en tendens till minskande kvartshalt uppåt i profilen (se fig. 4) som kan förklaras av att inslaget av att porfyryrtyp "Grönsberg övre" med jämförelsevis låg kvartshalt ökar uppåt i profilen.

Den högre kvartshalten i profilen från blocksänkan återspeglas i den kemiska sammansättningen hos jordarten genom högre SiO₂ halt än i moränen (se fig. 5). I moränprofilen är Na₂O halten är genomgående högre än i profilen från blocksänkan utom i de två översta starkt vittrings påverka horisonterna vilket tyder på ett högre plagioklasinnehåll moränen än i blocksänkan. De mineralogiska analyserna visar att så också är fallet (jfr. fig. 8). Ett lägre CaO innehåll i moränen än i blocksänkan indikerar att en surare plagioklas ingår i materialet från moränen än i materialet från blocksänkan. CaO halten är anomalt hög i provet från 1-6 cm djup i moränprofilen, likaså P₂O₅ halten. Det tyder på att korn av apatit lokalt på något sätt ansamlats i detta läge. MgO halten är högre i moränprofilen än i profilen från blocksänkan men det är ingen större skillnad i klorithalt mellan profilerna vilket beror på att en del MgO innehållet i moränprofilen också ligger bundet i vermikulit i moränen (se fig. 11). Torvskiktet som ligger ovanpå mineraljorden i blocksänkan har emellertid en hög MgO halt och även en hög Al₂O₃ halt beroende på ett högt vermikulitinhåll i torven. Till torvskiktet

har också flera spårelement bundits, sådana som beryllium, koppar, skandium m.fl. (se Bilaga 2).

Materialet i torvskiktet har enligt bestämningarna den högsta försurningsresistensen vilket indikerar att humusmaterialet buffrar mot starka syror. Den minskande försurningsresistensen i mot djupet i profilerna (se Tabell 5 och Tabell 6) beror sannolikt på att innehållet av humusämnen avtar mot djupet i profilerna.

Analyserna av lermaterialet i jordarterna visar att detta förutom bergartsbildande mineral även innehåller s.k. lermineral, illit och i denna kornstorleksfraktion räknas även klorit till dem. Dessutom innehåller lermaterialet från moränen vermikulit som bildas vid vittring av andra mineral. Innehållet av vermikulit ökar uppåt i moränprofilen (se fig. 11) som följd av mera intensiv vittringspåverkan i de översta markskikten.

Kornstorleksammansättningen i det insamlade materialet från profilerna är olika såtillvida att materialet från moränen innehåller mera grövre material (grus- och stenkorn $>5,6$ mm) än materialet från blocksänkan enligt analyserna (Tabell 2, Tabell 3 och fig. 4). Andelen grövre material är egentligen större eftersom vid provtagningen i cylindrarna, partier av moränen som innehöll större stenar inte kunde provtas av praktiska skäl (svårigheter att trycka ner cylindrarna bland stenarna och få in stenarna i cylindrarna). Andelen fingrusmaterial är däremot ungefär lika i båda jordarterna. Materialet från blocksänkan innehåller något mera matrixmaterial (material <2 mm) än materialet från moränen.

Det är känt att jordarter rika på siltmaterial med kornstorlek $<0,06$ mm har hög kapillär stighastighet för vatten och i kombination med hög grundvattenyta är de tjälskjutande och orsakar uppfrysningsfenomen (Beskow, 1929, 1930 och Ekström, 1931). För att undersöka om jordarten i blocksänkan hade högre halt av siltmaterial med kornstorlek $<0,06$ mm analyserades matrixen i fyra prover, två prover från blocksänkan och två prover från moränen, men inga skillnader i silthalt kunde påvisas (se Tabell 4). Förklaringen till att blocksänkan utbildats måste således vara att den jordarten där av och till är vattenmättad. Grundvattenytan når en bra bit upp i jordarten (se fig. 3). Vid regn strömmar ytvatten nedför slutningen mellan blocken och stenarna och tränger sakta ner genom torvskiktet till mineraljorden. Provtagna nivåer i moränen är högre belägna med grundvattenytan på större helt frostfritt djup. Följaktligen uppstår där inga uppfrysningsfenomen.

De genomförda analyserna har inte kunnat påvisa någon uppenbar vittringspåverkan i vertikalled (uppifrån och nedåt) i mineraljorden i blocksänkan. Möjligen indikerar CIA-index en svag påverkan (se Tabell 10). Förutsättningarna för kemiska reaktioner mellan mineral och vattenfas är ungefär lika genom hela profilen. I torvskiktet ovanpå mineraljorden sker dessa däremot då torven vid torr väderlek torkar och organiska materialet oxideras till viss del. Det leder till att de lättvittrade mineralen i torven omvandlas till vermikulit. Delvis kan vermikuliten ha tillförts från material som vittrat och lossnat från ytorna på blocken och stenarna som ligger ovanpå torvskiktet.

I moränprofilen har en tydlig vittringspåverkan kunnat dokumenteras. Vittringen synes dock inte ha skett som en jämn front nedåt i profilen utan mera längs kanaler mellan stenrikare partier i jorden dock med den starkaste vittringspåverkan i de översta delarna av profilen. De tre vittringsresistenta komponenterna som använts för bestämning av ”vittringsintensiteten” (TL, viktförluster i procent), kvartsen, TiO_2 och Zr har gett olika resultat. Minsta skillnader gav fördelningarna av kvarts och TiO_2 medan Zr fördelningen gav klart avvikande resultat

särskilt i översta delarna av profilen. Det skulle kunna vara möjligt att små zirkonkristaller vaskats nedåt i profilen vid t.ex. störtregn eftersom zirkoniumhalten är jämförelsevis låg i de översta horisonterna av profilen och små korn av zirkon kan även ha rört sig längs kanaler nedåt i marken.

Kvartsen, däremot, är en av huvudkomponenterna i jordarten och påverkas i mindre grad i det stora hela om något enstaka korn på mekaniskt väg skulle ha omfördelats. Därför har den största vikten lagts på kvartsens fördelning vid kvantifieringen av vittringen och för kvantifieringen av vikt förlusterna av enskilda element har kvartsfördelningen utifrån de normativt beräknade kvartshalterna använts eftersom dessa baseras på kemiska analysdata liksom elementfördelningarna i profilen.

De tre metoderna som använts för mineralbestämningarna har gett mer eller mindre olika resultat vilket belyser felkällor i de olika metoderna, alla med sina svagheter. Vid den kvantitativa Rietveldanalysen används strukturer för de enskilda mineralen och koordinater för atomerna i strukturerna med bestämd kemisk sammansättning. Det är välkänt att substitutioner av enskilda element påverkar intensiteten på topparna röntgendiffraktogrammen. Vid beräkningarna som gjorts i detta arbete har ingen hänsyn till eventuella substitutioner av element i strukturerna gjorts vid den simulering av röntgendiffraktogrammen som den kvantitativa Rietveldanalysen innebär och detta är en källa till osäkerheter i bestämningarna. En annan felkälla är att strukturdata för lermineral saknas. Deras strukturer är mindre väldefinierade och avstånden mellan gitterplanen variabla i vissa fall. T.ex. saknas strukturdata för både illit och vermikulit som båda ingår i materialen från profilerna. Istället för illit har en muskuvitstruktur använts vid beräkningarna och vermikuliten har över huvud taget inte beaktats, med resultat att halterna av skikt silikater blir underskattade vid haltberäkningarna.

Haltbestämningarna mot tillblandade standarder, QXRD, blir ännu osäkrare då bestämningarna baseras bara på mätningar mot ett fåtal toppar. Kristallerna orientering kan påverka resultaten, toppar som härrör från gitterplan parallella med spaltytor hos mineralen kan bli oproportionellt intensitetsstarka. Det gäller att vara observant mot sådana orienteringseffekter. Det gäller också att göra mätningarna mot standardmineral som är så lika som möjligt (strukturellt som kemiskt) som dem som förekommer i proverna som analyseras. Metoden har dock fördelen att vissa mineral vars struktur inte är definierad kan bestämmas, vilket Rietveld metoden kräver. Det gäller särskilt skikt silikaterna, där avstånden mellan gitterplanen kan variera i c-axelns riktning. I sådana fall kan toppar som representerar gitterplan i strukturen som är karakteristisk för respektive mineraltyp och inte påverkas av den kemiska miljön användas (se Srodon m.fl. 2001). Metoden är att föredra för bestämning av lermineral t.ex. illit- och klorithalter i de finare kornstorleksfraktionerna.

De normativa mineralberäkningarna baseras på de kemiska analyserna som gjorts på proverna i profilerna (se Bilaga 1 och Bilaga 2) och utifrån antagen kemisk sammansättning (se Tabell 1) ingående identifierade mineral enligt förfarande presenterade av Snäll & Ek (2000) och Stendahl m.fl. 2002. Vid en så enkel mineralsammansättning av proverna som här är fallet torde riktigheten av resultaten vara bra och liksom för de kemiska analyserna, som ligger till grund för bestämningarna, är precisionen i mineralbestämningarna hög. Källor till viss osäkerhet i de normativa beräkningarna är glimmermineralens, kloriternas och vermikuliterna kemiska sammansättning, som kan vara avvikande från dem som antagits (jfr Tabell 1) och använts vid beräkningarna. Halterna av dessa mineral är emellertid låga och felen i haltbestämningarna av huvudmineralen följaktligen också låga. Vid beräkningarna förluster

av enskilda element genom vittringen har därför de normativt bestämda kvartshalterna använts genomgående för få högsta möjliga säkerhet i bestämningarna.

Slutsats

Vid analyserna av materialen i profilen från blocksänkan och i profilen från moränen har ingen skillnad i kornstorlekssammansättningen hos matrixmaterialet (material med kornstorlek <2 mm) kunnat påvisas. Däremot innehåller materialet från moränen betydligt mera grövre material, särskilt mycket stenmaterial, än materialet från blocksänkan. I blocksänkan har stenarna som fanns där när jordarten en gång avsattes av frost- och tö-processer transporterats upp genom jordarten och ingår nu i sten- och blockmaterialet på mark. Förutsättningen för blocksänkans utbildning har varit en kornstorlekssammansättning med högt innehåll av starkt vattenhållande kornstorleksfraktioner (finsilt) med hög kapillär stighöjd i kombination med terrängläget (låg marknivå) med hög grundvattennivå i profilen. Jordarten i blocksänkan är av och till helt mättad med grundvatten. Ett högt innehåll av samma kornstorleksfraktioner ingår även i materialet från moränen men i den profilen grundvattennivån lägre och når aldrig upp till ytan och följaktligen sker ingen uppfrysningsfenomen där.

Till skillnad från profilen i moränen har ingen vittringspåverkan i vertikalled kunnat påvisas med någon säkerhet i profilen från blocksänkan. Det kan bero på att materialet rörs om i profilen då grövre grusmaterial och sten transporteras uppåt i profilen som resultat av blocksänkans bildande och/eller den höga grundvattenytan i profilen medför att vittringen inte sker i front som rör sig uppifrån och nedåt utan möjligen svagt jämnt över hela profilen i sidled med grundvattenrörelsen.

En högre kvartshalt i matrixmaterialet från blocksänkan än motsvarande material i moränen skulle kunna tyda på en genomgående högre vittringspåverkan i blocksänkan med i det närmaste frånvaro av vermikulit (som bildas genom vittring i vårt klimat) i mineraljorden i blocksänkan motsäger detta. Istället kan den högre kvartshalten i material från blocksänkan förklaras av att materialet i blocksänkan har sitt ursprung i kvartsrikare porfyrmaterial än materialet i moränen som ligger på en högre nivå i stratigrafien i området.

I moränen har en tydlig vittringspåverkan detekterats. Starkast är som väntat vittringspåverkan i de översta skikten av moränen. Det är dock inte någon kontinuerligt avtagande påverkan nedåt utan mera språngvis som tyder på att vittringen skett längs kanaler mellan stenarna i jordarten. Ca 30 kg material har vittrat bort per kvadratmeter jordyta sedan senaste istiden, 13 kg ortoklas (K-fältspat), 16 kg plagioklas (Na-, Ca-fältspat), 1 kg klorit och 0,5 kg glimmer.

Referenser

- Andersson, M., 2004: Metaller i morän och andra sediment. Västra Mälardalen med Västerås tätort. Geokemiska kartan. Markgeokemi. *Sveriges geologiska undersökning Gk 4*.
- Bergseth, H., 1985: Bufferprocentkurver. *Jord og Myr 1985*, s. 255-258.
- Beskow, G., 1929: Tjälproblemets grundfrågor. *Svenska Vägfören. Tidskrift 1, Meddelande nr 13 fr. Svenska väginstitutet*.
- Beskow, G., 1930: Om jordarternas kapillaritet. *Meddelande nr 25 fr. Svenska väginstitutet. Sveriges geologiska undersökning C 356*.
- Bruker AXS, 2003: TOPAS V2.1: General profile and structure analysis software for powder diffraction data. *User's Manual, Bruker AXS, Karlsruhe, Germany*.
- Drever, S.I., 1973: The preparation of oriented clay mineral specimens for X-ray diffraction analysis by a filter-membrane peel technique. – *Am. Miner.*, 58, 553-554.
- Ekström, G., 1931: Jordarternas hydrologi ur kulturteknisk synpunkt. *Nordisk Jordbrugsforskning 1931*, 147-162.
- Fredén, C., 1994: Jordtäcket. I C. Fredén (red.) *Berg och jord*. Sveriges Nationalatlas, Bokförlaget Bra Böcker, Höganäs.
- Land, M. & Öhlander, B., 1996: Vittring och vattenkvalitet i norra Sverige. Slutrapport 1996-06-30, Extern FoU-rapport *SGU Projekt Dnr 03-500/92* från Tekniska Högskolan i Luleå, avd Tillämpad Geologi.
- Land, M., Ingri, J. & Öhlander, B., 1999: Past and present weathering rates in northern Sweden. *Applied Geochemistry 14*, 761-774.
- Law, K.R., Nesbitt, H.W. & Longstaffe, F.J., 1991: Weathering of granitic tills and the genesis of a podzol. *American Journal of Science 291*, 940-976.
- Lundqvist, Th., Snäll, S. & Svedlund, J.-O., 2004: Berggrundsgeologiska nyheter i Siljansområdet. *Sveriges geologiska undersökning Rapport 2004:11*.
- 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.
- Minell, H. & Troedsson, T., 1990: Geologi. I N.-E. Nilsson (red.): *Skogen*. Sveriges Nationalatlas, Bokförlaget Bra Böcker, Höganäs.
- Nesbitt, H.W. & Young, G.M., 1984: Prediction of some weathering trends of plutonic and weathering trends of plutonic and volcanic rocks based on thermodynamic and kinetic considerations. *Geochimica et Cosmochimica Acta 48*, 1523-1534.

Newman, A.C.D. & Brown, G., 1987: The chemical constitution of clays. I A.C.D. Newman (Red.), 1987: *Chemistry of clays and clay minerals*. Mineralogical Society Monograph No. 6. Longman Scientific & Technical, Essex, England.

Olsson, M. & Melkerud, P.-A., 1989: Chemical and mineralogical changes during genesis of a podzol from till in southern Sweden. *Geoderma* 45, 267-287.

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.

PDF 1994. Powder diffraction file computer data base. Set 1-43. *International Centre for Diffraction Data, Park Lane, Swartmore, PA, USA*.

Snäll, S., 2002: Vittring i morän inom ett mindre område i Bergslagen. *Sveriges geologiska undersökning Rapporter och meddelanden* 111.

Snäll, S., Brusewitz, A.M. & Ålinder, C., 1992: Kartläggning av kritisk försurningsbelastning. Mineralogisk analys av moräner. - *Sveriges geologiska undersökning BRAP* 92005.

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. & Svedlund, J.-O. 2005: Jämförande undersökningar av morän och blockmarker i Grönsbergs sydsluttning. *Sveriges geologiska undersökning Rapport* 2005:4.

Stendahl, J, Snäll S., Olsson & Holmgren P., 2002: Influence of soil mineralogy and chemistry onsite quality within geological regions in Sweden. *Forest Ecology and Management* 170, 75-88.

Svedlund, J.-O. & Snäll, S., 2002: Dokumentation av bergtäkten i Grönsberg i Grönsberg. *Sveriges geologiska undersökning Dokumentationsrapport från besök* 2002-09-16.

Šrodon, J., Drits, V.A., McCarty, D.K., Hsieh, J.C.C. och Eberl, D.D., 2001: Quantitative X-ray diffraction analysis of clay-bearing rocks from random preparations. - *Clays and Clay Minerals* 49, 514-528.

Sverdrup, H.U., 1990: *The kinetics of base cation release due to chemical weathering*. Lund University Press, Lund, Sweden.

Wilson, M.J., 2004: Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates. *Clay Minerals* 39, 233-266.

Teveldal, S., Jörgensen, 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. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från E-horisonten (0-1 cm djup) och djupnivåerna 1-6 cm, och 6-11 cm i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M E	Grönsb. M 1-6	Grönsb. M 6-11
TS	%	Våtkemi	98,8	99,4	99,6
SiO ₂	% TS	ICP-AES	74,2	76,3	81,4
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	7,35	8,3	8,82
CaO	% TS	ICP-AES	0,589	0,967	0,688
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	5,18	7,05	3,95
K ₂ O	% TS	ICP-AES	2,77	2,95	3,3
MgO	% TS	ICP-AES	0,365	0,453	0,465
MnO	% TS	ICP-AES	0,0659	0,0649	0,0617
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,51	1,61	1,89
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0683	1,06	0,0771
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,507	0,568	0,549
Summa	% TS	Man. inm.	92,6	99,3	101,2
LOI		Våtkemi	7,2	1,6	1,4
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	518	591	678
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,2	1,52	1,62
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	8,45	6,06
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	109	106	68,3
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	62,6	71,5	46
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	13,9	6,06	8,01
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	8,91	11,1	10,7
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	60,6	43	36
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	2,94	3,69	3,74
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	96,5	111	119
V	mg/kg TS	ICP-AES	48,8	47,1	41,3
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	13,8	16,5	19,4
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	38,3	52,4	36,8
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	290	316	351

forts. Bilaga 1. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 11-16 cm, 16-21 cm och 21-26 cm i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M 11-16	Grönsb. M 16-21	Grönsb. M 21-26
TS	%	Våtkemi	99,7	99,7	99,7
SiO ₂	% TS	ICP-AES	79,6	78,6	77,4
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	8,76	9,22	9,08
CaO	% TS	ICP-AES	0,781	0,746	0,728
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	5,52	3,53	5,3
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,33	3,47	3,4
MgO	% TS	ICP-AES	0,473	0,461	0,482
MnO	% TS	ICP-AES	0,0788	0,0632	0,0787
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,94	2,07	1,99
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0921	0,0822	0,0882
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,562	0,526	0,534
Summa	% TS	Man. inm.	101,1	98,8	99,1
LOI		Våtkemi	0,4	0,9	0,5
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	732	769	680
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,48	1,64	1,7
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	82,6	44,3	73,2
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	39,8	38,8	34,7
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	7,67	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	11,3	12,2	11
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	29,7	19,4	25,6
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	4,16	4,4	4,17
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	123	130	128
V	mg/kg TS	ICP-AES	45,4	39	45,7
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	19,4	17,5	18,8
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	55	38,9	40,8
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	367	346	342

forts. Bilaga 1. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 26-31 cm, 31-36 cm och 36-41 cm i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M 26-31	Grönsb. M 31-36	Grönsb. M 36-41
TS	%	Våtkemi	99,7	99,8	99,8
SiO ₂	% TS	ICP-AES	78,9	77,8	80,1
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	9,09	9,19	8,77
CaO	% TS	ICP-AES	0,753	0,73	0,719
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	3,57	5,37	3,51
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,38	3,44	3,29
MgO	% TS	ICP-AES	0,493	0,484	0,488
MnO	% TS	ICP-AES	0,0624	0,0782	0,0607
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,96	2	1,89
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0867	0,0855	0,0919
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,56	0,522	0,547
Summa	% TS	Man. inm.	98,9	99,7	99,5
LOI		Våtkemi	0,9	0,3	0,9
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	652	664	606
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,74	1,63	1,57
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	7,18	6,92
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	45,7	69,8	46,5
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	30,1	37,5	42,7
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	7,07	6	6,81
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	10,4	11,1	11,4
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	21,5	24,4	23,9
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,93	4,25	4,32
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	131	131	125
V	mg/kg TS	ICP-AES	42,6	44,5	41,8
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	20,2	19,9	19,2
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	59,5	44,9	43,1
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	342	327	343

forts. Bilaga 1. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 41-46 cm, 46-51 cm och 51-56 cm i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M 41-46	Grönsb. M 46-51	Grönsb. M 51-56
TS	%	Våtkemi	99,8	99,8	99,8
SiO ₂	% TS	ICP-AES	78,5	78,8	78,6
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	9,25	9,24	9,47
CaO	% TS	ICP-AES	0,745	0,799	0,814
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	4,38	3,33	3,83
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,46	3,44	3,62
MgO	% TS	ICP-AES	0,48	0,489	0,474
MnO	% TS	ICP-AES	0,0683	0,0602	0,0652
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	2,03	2,05	2,15
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,093	0,0955	0,0904
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,506	0,498	0,488
Summa	% TS	Man. inm.	99,5	98,8	99,6
LOI		Våtkemi	0,3	0,8	0,8
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	621	636	665
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,65	1,66	1,78
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	101	55,7	49,8
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	19,6	46	36,6
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	7	8,41	8,31
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	10,4	11,7	11,7
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	31,9	26,3	27,8
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,97	4,52	4,16
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	136	143	147
V	mg/kg TS	ICP-AES	41,8	40,1	41,5
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	18	18,8	19
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	55,1	53,9	74
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	311	303	301

forts. Bilaga 1. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 56-61 cm, 61-66 cm och 66-71 i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M 56-61	Grönsb. M 61-66	Grönsb. M 66-71
TS	%	Våtkemi	99,8	99,8	99,8
SiO ₂	% TS	ICP-AES	78	76,9	80,1
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	9,52	9,49	9,21
CaO	% TS	ICP-AES	0,846	0,938	0,766
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	3,49	5,25	3,97
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,6	3,61	3,51
MgO	% TS	ICP-AES	0,479	0,491	0,449
MnO	% TS	ICP-AES	0,0631	0,0769	0,0629
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	2,17	2,16	2,09
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0993	0,0883	0,0795
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,512	0,468	0,439
Summa	% TS	Man. inm.	98,8	99,5	100,7
LOI		Våtkemi	0,7	0,4	0,4
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	701	578	562
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,89	1,89	1,81
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	44	67,4	40,7
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	38,8	33,5	13,5
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	6,76	6,26	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	12	10,5	10,2
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	23,5	24,9	15,7
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	4,25	3,92	4,18
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	148	154	151
V	mg/kg TS	ICP-AES	42,4	47,2	42,4
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	19,6	20,1	17,6
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	35,3	51,2	41
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	317	276	271

forts. Bilaga 1. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivån 71-76 cm i moränprofilen (Grönsb. M).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. M 71-76
TS	%	Våtkemi	99,8
SiO ₂	% TS	ICP-AES	77,9
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	9,34
CaO	% TS	ICP-AES	0,766
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	6,31
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,52
MgO	% TS	ICP-AES	0,454
MnO	% TS	ICP-AES	0,0836
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	2,13
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0777
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,432
Summa	% TS	Man. inm.	101
LOI		Våtkemi	-0,2
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	542
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,83
Co	mg/kg TS	ICP-AES	6,35
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	81,1
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	14,4
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	6,44
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	9,43
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	22,6
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,92
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	153
V	mg/kg TS	ICP-AES	47,9
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	16,9
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	35,7
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	261

Bilaga 2. Kemisk sammansättning av material från torvaska (83,4 vikt-% av torven) och material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 0-5 cm, och 5-10 cm under torvskiktet i profilen från blocksänkan (Grönsb. Bl).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. Bl Torvaska	Grönsb. Bl 0-5	Grönsb. Bl 5-10
TS	%	Våtkemi	95,9	99,8	99,9
SiO ₂	% TS	ICP-AES	63,8	81	82,1
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	18,8	8,25	8,23
CaO	% TS	ICP-AES	2,69	0,773	0,822
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	4,64	3,46	3,15
K ₂ O	% TS	ICP-AES	2,82	3,22	3,27
MgO	% TS	ICP-AES	1,32	0,417	0,407
MnO	% TS	ICP-AES	0,0628	0,0524	0,048
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,76	1,79	1,81
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,598	0,0929	0,109
TiO ₂	% TS	ICP-AES	1,21	0,552	0,596
Summa	% TS	Man. inm.	97,7	99,6	100,5
LOI		Våtkemi	2,2	0,6	0,4
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	897	509	502
Be	mg/kg TS	ICP-AES	12,2	1,69	1,56
Co	mg/kg TS	ICP-AES	7,64	<6	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	66,7	62,3	48,3
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	86,5	14,5	15,4
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	9,07	10	9,41
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	39,5	22,3	16,6
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	24,7	3,59	3,38
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	254	111	112
V	mg/kg TS	ICP-AES	83,8	38,3	36,7
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	194	21,3	18,6
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	133	37,5	42,4
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	287	278	297

forts. Bilaga 2. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 10-15 cm, 15-20 och 20-25 cm under torvskiktet i profilen från blocksänkan (Grönsb. Bl).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. Bl 10-15	Grönsb. Bl 15-20	Grönsb. 20-25
TS	%	Våtkemi	99,9	99,9	99,9
SiO ₂	% TS	ICP-AES	81,6	82,6	81,5
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	8,11	8,28	8,27
CaO	% TS	ICP-AES	0,802	0,834	0,837
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	4,68	3,18	4,04
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,17	3,27	3,25
MgO	% TS	ICP-AES	0,386	0,387	0,41
MnO	% TS	ICP-AES	0,0606	0,0524	0,0558
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,8	1,86	1,87
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,109	0,108	0,107
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,592	0,573	0,574
Summa	% TS	Man. inm.	101,3	101,1	100,9
LOI		Våtkemi	-0,1	0,4	0
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	485	508	475
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,65	1,6	1,63
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	8,55
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	69	48,3	67,4
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	22,4	14,9	17,6
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	8,49	11,1	11
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	23,7	20,3	20,6
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,27	3,54	3,56
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	113	116	112
V	mg/kg TS	ICP-AES	43	39	39,6
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	19,1	18,4	19,6
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	35,5	36,8	46,6
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	322	331	321

forts. Bilaga 2. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 25-30 cm, 30-35 och 35-40 cm under torvskiktet i profilen från blocksänkan (Grönsb. B1).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. B1 25-30	Grönsb. B1 30-35	Grönsb. 35-40
TS	%	Våtkemi	99,8	99,9	100
SiO ₂	% TS	ICP-AES	82,3	81,4	82,5
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	8,26	8,61	8,07
CaO	% TS	ICP-AES	0,845	0,86	0,836
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	3,3	4	3,33
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,22	3,31	3,14
MgO	% TS	ICP-AES	0,402	0,447	0,392
MnO	% TS	ICP-AES	0,0512	0,0545	0,0497
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,87	1,91	1,84
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,106	0,112	0,102
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,54	0,558	0,543
Summa	% TS	Man. inm.	100,9	101,3	100,8
LOI		Våtkemi	0,5	0,2	0,6
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	479	496	473
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,66	1,64	1,64
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	6,37	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	56,6	64,2	48,5
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	14,5	19,7	11,9
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	7,39	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	11,4	11	10,9
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	16,9	24,4	16,4
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,83	4	3,2
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	115	119	113
V	mg/kg TS	ICP-AES	39,1	42,2	41,7
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	19,3	19	18,4
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	39,5	34	42,3
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	308	281	300

forts. Bilaga 2. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 40-45 cm, 45-50 och 50-55 cm under torvskiktet i profilen från blocksänkan (Grönsb. B1).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. B1 40-45	Grönsb. B1 45-50	Grönsb. 50-55
TS	%	Våtkemi	99,9	100	99,9
SiO ₂	% TS	ICP-AES	83,6	82,3	83,6
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	7,93	7,66	7,57
CaO	% TS	ICP-AES	0,887	0,909	0,912
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	3,26	5,06	3,42
K ₂ O	% TS	ICP-AES	3,11	3,01	2,96
MgO	% TS	ICP-AES	0,399	0,391	0,392
MnO	% TS	ICP-AES	0,0491	0,063	0,0481
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,78	1,71	1,7
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,102	0,0976	0,0982
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,54	0,498	0,534
Summa	% TS	Man. inm.	101,7	101,7	101,2
LOI		Våtkemi	0,5	-0,3	0,4
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	486	489	488
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,6	1,57	1,46
Co	mg/kg TS	ICP-AES	<6	8,03	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	43,2	74,3	48,6
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	19,1	15,8	33,7
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	9,54	8,11	9,47
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	16,5	24,6	24,5
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,38	3	3,43
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	116	116	118
V	mg/kg TS	ICP-AES	43	45,2	47,8
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	18,5	17,6	17,2
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	37,4	26,7	31,2
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	296	289	304

forts. Bilaga 2. Kemisk sammansättning av material med kornstorlek <2 mm från djupnivåerna 55-60 cm, 60-65 och 65-70 cm under torvskiktet i profilen från blocksänkan (Grönsb. B1).

Analys	Enhet	Metod	Grönsb. B1 55-60	Grönsb. B1 60-65	Grönsb. 65-70
TS	%	Våtkemi	99,9	99,9	99,9
SiO ₂	% TS	ICP-AES	82,2	83,2	81,8
Al ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	7,36	7,56	7,48
CaO	% TS	ICP-AES	0,919	0,942	0,928
Fe ₂ O ₃	% TS	ICP-AES	5,85	3,16	5,4
K ₂ O	% TS	ICP-AES	2,88	2,98	2,94
MgO	% TS	ICP-AES	0,381	0,387	0,382
MnO	% TS	ICP-AES	0,0703	0,0458	0,0658
Na ₂ O	% TS	ICP-AES	1,66	1,72	1,7
P ₂ O ₅	% TS	ICP-AES	0,0983	0,102	0,103
TiO ₂	% TS	ICP-AES	0,491	0,522	0,534
Summa	% TS	Man. inm.	101,9	100,6	101,3
LOI		Våtkemi	-0,2	0,4	-0,2
Ba	mg/kg TS	ICP-AES	490	486	493
Be	mg/kg TS	ICP-AES	1,39	1,33	1,27
Co	mg/kg TS	ICP-AES	6,05	<6	<6
Cr	mg/kg TS	ICP-AES	95	55,4	79
Cu	mg/kg TS	ICP-AES	18,3	26	20,6
Mo	mg/kg TS	ICP-AES	<6	<6	<6
Nb	mg/kg TS	ICP-AES	8,2	9,74	7,28
Ni	mg/kg TS	ICP-AES	28,3	27,6	21,4
Sc	mg/kg TS	ICP-AES	3,19	3,28	2,79
Sn	mg/kg TS	ICP-AES	<20	<20	<20
Sr	mg/kg TS	ICP-AES	118	119	117
V	mg/kg TS	ICP-AES	51	42,7	48,7
W	mg/kg TS	ICP-AES	<60	<60	<60
Y	mg/kg TS	ICP-AES	16,7	17,5	17,1
Zn	mg/kg TS	ICP-AES	23,3	34,1	27
Zr	mg/kg TS	ICP-AES	293	337	316

Bilaga 3. Halter av mineral i moränprofilen bestämda genom kvantitativ röntgendiffraktionsanalys (QXRD) med hjälp av MIF-värden för tillblandade mineralstandarder i prover från moränprofilen. I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit.

Provbeteckning Morän	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit+Vermikulit vikt-%
E	0-1	56	17	16	3	9
0-5	1-6	57	19	16	3	12
5-10	6-11	52	19	19	5	14
10-15	11-16	53	16	19	4	8
15-20	16-21	48	19	18	3	9
20-25	21-26	53	19	17	4	11
25-30	26-31	49	18	17	3	10
30-35	31-36	50	18	21	4	10
35-40	36-41	48	19	18	4	9
40-45	41-46	48	21	18	4	6
45-50	46-51	47	21	23	4	7
50-55	51-56	50	21	18	3	10
55-60	56-61	46	17	18	5	7
60-65	61-66	47	24	18	5	7
65-70	66-71	49	22	19	4	3
70-75	71-76	45	19	17	4	6

Bilaga 4. Halter av mineral i moränprofilen bestämda genom utvärdering av uppmätta data från XRD-analyserna med Rietveld Refinement-teknik i programmet Topas R (Bruker AXS, 2003). I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit. Innehållet av vermikulit har inte kunnat bestämmas med denna metodik.

Provbeteckning Morän	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit vikt-%
E	0-1	61	19	15	2	2
0-5	1-6	59	19	18	1	2
5-10	6-11	54	22	18	2	3
10-15	11-16	54	21	19	2	3
15-20	16-21	49	24	21	2	3
20-25	21-26	56	21	19	1	3
25-30	26-31	52	22	21	1	3
30-35	31-36	51	22	22	1	3
35-40	36-41	55	20	20	1	2
40-45	41-46	50	23	22	1	4
45-50	46-51	51	22	22	1	3
50-55	51-56	50	22	24	2	2
55-60	56-61	50	22	22	1	3
60-65	61-66	51	23	23	1	2
65-70	66-71	49	22	23	1	5
70-75	71-76	49	24	23	1	3

Bilaga 5. Halter av mineral i moränprofilen bestämda genom normberäkningar från kemiska analysdata. I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit.

Provbeteckning Morän	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit vikt-%	Vermikulit vikt-%
E	0-1	56	16	16	0	0	5
0-5	1-6	52	16	16	2	0,4	5
5-10	6-11	55	19	19	0,1	3	1
10-15	11-16	53	20	20	0,2	3	0,9
15-20	16-21	51	20	21	0,3	3	0,9
20-25	21-26	50	20	20	0,2	3	0,8
25-30	26-31	52	20	20	0,4	3	0,9
30-35	31-36	50	20	20	0,3	3	0,7
35-40	36-41	54	19	19	0,5	3	0,5
40-45	41-46	51	20	20	0,3	3	0,5
45-50	46-51	51	20	21	0,3	3	0,5
50-55	51-56	49	21	22	0,4	3	0,5
55-60	56-61	49	21	22	0,5	3	0,5
60-65	61-66	47	21	23	0,5	3	0,5
65-70	66-71	52	21	21	0,3	3	0,3
70-75	71-76	50	20	21	0,6	3	0,3

Bilaga 6. Halter av mineral i profilen från blocksänkan bestämda genom kvantitativ röntgendiffraktionsanalys (QXRD) med hjälp av MIF-värden för tillblandade mineralstandarder i prover från profilen i blocksänkan. I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit.

Provbeteckning	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit+Vermikulit vikt-%
Block och sten	0-100					
Torv	100-120					
0-5	120-125	53	16	16	4	7
5-10	125-130	55	18	21	4	7
10-15	130-135	51	15	18	3	10
15-20	135-140	54	23	18	3	8
20-25	140-145	52	15	14	3	9
25-30	145-150	54	17	19	2	9
30-35	150-155	54	16	15	4	11
35-40	155-160	52	19	19	5	9
40-45	160-165	53	22	19	3	10
45-50	165-170	52	14	18	3	9
50-55	170-175	57	16	18	2	9
55-60	175-180	55	17	20	4	9
60-65	180-185	56	15	19	4	10
65-70	185-190	54	17	16	4	11

Bilaga 7. Halter av mineral i profilen från blocksänkan bestämda genom utvärdering av uppmätta data från XRD-analyserna med Rietveld Refinement-teknik i programmet Topas R (Bruker AXS, 2003). I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit. Innehållet av vermikulit har inte kunnat bestämmas med denna metodik.

Provbeteckning	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit vikt-%
Block och sten	0-100					
Torv	100-120					
0-5	120-125	55	19	19	4	3
5-10	125-130	56	20	19	4	4
10-15	130-135	55	20	20	3	2
15-20	135-140	56	20	19	3	2
20-25	140-145	57	20	19	3	2
25-30	145-150	54	21	20	2	3
30-35	150-155	54	20	21	4	4
35-40	155-160	57	20	19	5	3
40-45	160-165	56	20	19	3	2
45-50	165-170	58	20	18	3	2
50-55	170-175	58	19	18	2	2
55-60	175-180	60	18	18	4	2
60-65	180-185	59	20	19	4	1
65-70	185-190	57	21	19	4	2

Bilaga 8. Halter av mineral i profilen från blocksänkan bestämda genom normberäkningar från kemiska analysdata. I beteckningen glimmer ingår såväl illit som sericit. Verm. står för vermikulit.

Provbeteckning Morän	Djup cm	Kvarts vikt-%	Ortoklas vikt-%	Plagioklas vikt-%	Glimmer vikt-%	Klorit vikt-%	Verm. vikt-%
Block och sten	0-100						
Torv	100-120						
0-5	120-125	56	19	18	0,1	3	<0,1
5-10	125-130	57	19	19	0,1	3	<0,1
10-15	130-135	57	19	19	0,1	3	<0,1
15-20	135-140	57	19	19	0,1	3	<0,1
20-25	140-145	56	19	19	0,1	3	<0,1
25-30	145-150	57	19	19	0,1	3	<0,1
30-35	150-155	55	20	20	0,1	3	<0,1
35-40	155-160	57	19	19	0,1	3	<0,1
40-45	160-165	59	18	19	0,1	3	<0,1
45-50	165-170	58	18	18	0,1	3	<0,1
50-55	170-175	60	17	18	0,1	3	<0,1
55-60	175-180	59	17	18	0,1	3	<0,1
60-65	180-185	59	18	19	0,1	3	<0,1
65-70	185-190	58	17	18	0,1	3	<0,1