



Sveriges geologiska undersökning

## Geologisk karakterisering av ett litet avrinningsområde vid Tostared, Marks kommun



Lars-Ove Lång & Sven Snäll

Geologisk karakterisering av ett litet avrinningsområde vid Tostared, Marks kommun

SGU-rapport  
2005:11

SGU-rapport  
2005:11

## INNEHÅLL

Sammanfattning .....	2
Bakgrund .....	3
Syfte .....	3
Urvalskriterier .....	3
Metodik .....	3
Förberedelse .....	4
Fältarbete .....	4
Laboratorieanalyser .....	4
Resultat .....	5
Jordarter, jorddjup och provtagningslokaler .....	5
Jordmånsprofiler och markvittring .....	9
Mineralogisk fördelning i morän jämfört med berggrunden .....	11
Delavrinningsområden och bäckvattnets kemiska sammansättning .....	12
Slutsatser .....	14
Förslag – geologisk del i åtgärdsprogram .....	15
Referenser .....	16
Bilaga 1. Grunddata från provtagningslokalerna i morän .....	17
Bilaga 2. Beskrivning av jordprofiler vid provtagningslokalerna i morän .....	18
Bilaga 3. Mineralogisk sammansättning i jordprov vid provtagningslokalerna i morän .....	21

## SAMMANFATTNING

I denna rapport redovisas en studie av geologiska förutsättningar inom ett litet avrinningsområde vid Tostared. Området är beläget i Marks kommun i södra delen av Västra Götalands län inom Rolfsåns avrinningsområde. Projektet ingår som en delstudie i Lygnern-projektet som är inriktat mot åtgärder mot försurning för att säkra markens näringsbalans och skydda den biologiska mångfalden genom förbättrad vattenkvalitet i mindre vattendrag.

I rapporten redovisas markvittringens omfattning i jordmånsprofiler, bedömning av inverkan av geologiska parametrar på bäckvattnets kemiska sammansättning samt hur resultaten kan bidra till att utveckla metodik för val av delområden vid skogsmarkskalkning.

Kalt berg, morän av varierande mäktighet samt torvmarker är helt dominerande i detta område, beläget ovan högsta kustlinjen (HK). Både geologiskt och vattenkemiskt är avrinningsområdet representativt för förhållandena i västsvenska skogsmarker.

I moräner belägna i inströmningsområden tycks de flesta jordprofilerna visa på tydliga vittringstrender trots svagt utbildade E-horisonter. Analysresultaten anger att den kraftigaste vittringen skett i profilen vid lokal 86:4, som också i fält visar på hög grad av vittring av stenar. Lägst massförlust och mycket få vittringstendenser finns i prov i utströmningsområden (lokal 86:13 och delvis lokal 86:9). Detta kan tolkas som att vittringen har varit och eventuellt även nu är kraftigare i jordmånen i torra lägen inom avrinningsområdet Tostared.

Vittringsbenägna mineral finns kvar även i de övre delarna av moränen. Den totala vittringshastigheten är dock sannolikt fortfarande relativt sett för låg för att motverka det nuvarande försurningstrycket som är i avtagande. Längre uppehållstid med djupare transportvägar i jordlagren ger betydligt tydligare genomslag på bäckvattnets kemiska sammansättning med högre jonstyrka som följd.

Halterna av de viktigaste mineralen i moränen ligger inom olika intervall och variationerna i halter inom avrinningsområdet för de enskilda mineralen är små. Mineralogiska och geokemiska data är viktiga som bakgrundsdata för att karakterisera den mineralogiska och geokemiska miljön vad gäller både jord och berg inom avrinningsområden. Genomslag av den mineralogiska och geokemiska sammansättningen på bäckvattnets kemiska sammansättning inom enskilda små avrinningsområden kan tänkas vara betydelsefull endast i de fall där hög halt av basiska mineral förekommer lokalt inom avrinningsområdet.

Ett diskussionsförslag ges på var, utifrån geologiska förutsättningar inom ett avrinningsområde, spridning av kalk eller andra vitaliseringsämnen för att erhålla effekt på ytvattnet tillsammans med förbättrad näringsbalans i marken kan ske. En lämpligt avvägd uppehållstid hos vattnet inom den åtgärdade ytan innan det når vattendraget bör eftersträvas. Dräneringen i marken ska inte vara alltför snabb men vattnet ska inte heller ta alltför djupa flödesvägar i jordlagren så att upplösningen av kalken får för liten effekt på bäckvattnet. Utspädningen blir då för stor av vatten från övriga delar av avrinningsområdet.

Rapporten sammanfattar resultat framtagna inom internt FoU-projekt vid SGU (proj 5273) samt uppdrag från Skogsvårdsstyrelsen i Västra Götaland. Hanna Lokrantz (SGU) har utfört huvuddelen av provtagningen av jordprofiler samt dokumentationen av dessa, Åsa Lindh (SGU) har framställt kartorna i rapporten samt Ulf Nyström (GU) har tagit fram delar av underlagsmaterialet.

## BAKGRUND

Den framtida vattenplaneringen i landet kommer till stor del att baseras på avrinningsområden som avgränsning. Utgångspunkt är EG:s ramdirektiv för vatten (EG 2000). Ett exempel på tillämpning inom små avrinningsområden är undersökning av bäckvattenkemi i avrinnande vatten från försurningskänsliga områden inom det s.k. Lygnern-projektet (Länsstyrelsen i Västra Götaland 2000). Det övergripande syftet med Lygnern-projektet är att ”utveckla en fungerande metod för kalkning och askåterföring som dels säkrar markens näringsbalans och därigenom förutsättningarna för ett uthålligt och ekologiskt hållbart skogsbruk, dels skyddar den biologiska mångfalden även i de mindre vattendragen i avrinningsområdet”.

Lygnern-projektet har framförallt drivits av Skogsvårdsstyrelsen och Länsstyrelsen i Västra Götaland. Lygnern tillhör Rolfsåns avrinningsområde. En inriktning inom projektet har varit att använda bäckvattnets kemiska sammansättning som indikator på den kemiska statusen hos små avrinningsområden inom Rolfsåns avrinningsområde. Inledningsvis utfördes provtagning i 118 bäckar som dränerar sådana små avrinningsområden. Geologisk karakterisering och utvärdering av geologiska faktorer mot bäckvattnets kemiska sammansättning har utförts för 26 st av dessa avrinningsområden (Nyström & Lång 2002).

## SYFTE

I denna rapport redovisas en delstudie inom Lygnern-projektet, utfört inom ett avrinningsområde vid Tostared inom Rolfsåns avrinningsområde (område 86 i undersökningen av Länsstyrelsen i Västra Götaland 2000). Projektets syfte är att 1) studera vittring i jordmånsprofiler inom ett litet avrinningsområde beläget inom ett av de mest försurningsutsatta områdena i Sverige, 2) bedöma inverkan av geologiska parametrar på bäckvattnets kemiska sammansättning, samt 3) ange hur resultaten kan bidra till att utveckla metodik för val av delområden vid skogsmarkskalkning.

## URVALSKRITERIER

Det utvalda avrinningsområdet är beläget nära Tostared sydost om Lygnern i Västra Götalands län på gränsen till Hallands län. Ytan på avrinningsområdet är ca 0,5 km<sup>2</sup> (50 ha). Kriterierna för val av detta avrinningsområde var:

- Den avrinnande bäckvattnet från området har en kemisk sammansättning som är representativt för de 26 studerade avrinningsområdena inom Rolfsåns avrinningsområde (Nyström & Lång 2002).
- Även jordartsmässigt är avrinningsområde Tostared typiskt för regionen. Morän eller torvjordar förekommer där kallt berg inte går i dagen (figur 1). Inom avrinningsområdet förekommer olika typer av morän och morändjupet är varierande. Skilda förutsättningar krävs för att kunna studera betydelsen av mycket lokal variation i moränens egenskaper för bäckvattnets kemiska sammansättning inom avrinningsområdena.
- Berggrunden domineras av granodiorit-tonalit (Samuelsson 1982) som är den vanligaste bergarten i regionen.

## METODIK

### Förberedelse

Inledningsvis avgränsades avrinningsområdet uppströms mätpunkten från fastighetskartan och ytvattnets dränering. Grundläggande geologisk information om området erhöles från jordarts-karta (Fredén 1983) och berggrundskarta (Samuelsson 1982), båda framtagna för presentation i skala 1:50 000.

### Fältarbete

Fältarbetet bestod av följande moment:

- Översiktlig kontroll av ytvattendelare. Även viss fältbedömning för avgränsning av vissa delavrinningsområden.
- Uppföljning av den jordartsgeologiska kartan i skala 1:50 000 (Fredén 1983). Kompletterande beskrivning av moränens egenformer med uppskattning av jorddjup.
- Provtagning av 14 jordprofiler i morän. Profilerna är geografiskt väl fördelade inom avrinningsområdet. De omfattar olika topografiska lägen och moränens varierande karaktär (främst avseende djup). I varje profil togs jordprov i cylindrar (för att kunna utföra volymsbestämning) från följande jordmånshorisonter och djup under markytan:
  - E- ( $A_2$ ) horisont, på 0–5 cm djup, B-horisont, på ca. 50 cm djup, samt C-horisont, inom intervallet 60–100 cm djup.
- Provtagning av bäckvatten skedde från utloppet samt inne i området, bl.a. från mindre bäckar som dränerar delavrinningsområden.

### Laboratorieanalyser

Halten organiskt material bestämdes på basis av glödningsförlust efter förbränning av materialet i ugn vid 450 °C. Mellan 20 g och 30 g av jordmaterial <2 mm invägdes för bestämning först av fuktinnehåll innan proverna glödgades. Därefter siktades det glödgade provmaterialet genom en 0,5 mm sikt. Korn större än 0,5 mm krossades i en Ellis mortel så att hela provmängden passerade genom sikten. Detta material delades sedan ner till vikter om 2–4 g för bestämning av lösliga järn- och aluminiumoxider genom citrat-bikarbonat-ditionit lakning (Mehra & Jackson 1960). Utlakat material har beräknats utifrån vikt förlust efter lakningen och torkningen av materialet.

Kvantitativa mineralogiska analyser utfördes på material <2 mm i samtliga prover. Metoden 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 regressions samband upprättats vid mätningar med SGUs Siemens röntgen-diffraktometer (Snäll 1999). Följande gäller:

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

där  $I_m$  är intensiteten hos en utvald 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  $43,4^\circ 2\theta$ ).  $w_m$  och  $w_s$  är vikterna (alternativt 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.

Vid beredning av proverna av fingrusmaterialet för röntgendiffraktionsanalysen 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 nylonsikt) som sedan i en mindre provdelare delades ner till ca 1,6 g. Av materialet delades de 2-4 g från citrat-bikarbonat-ditionitlakningarna ner på samma sätt. I analysvåg invägdes exakt 1,600 av provet till vilket 0,400 g korund (köpt från Beijer Tool AB i Malmö) tillsattes 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 vikt-%  $<10$   $\mu\text{m}$ ) enligt sedigrafanalys. Av det torkade pulvret invägdes 1,40 g i provhållarna inför den kvantitativa röntgendiffraktionsanalysen.

Röntgendiffraktionsanalyserna utfördes med en Siemens D5000 ( $\theta$ - $\theta$ ) diffraktometer (med DIFFRAC<sup>PLUS</sup> mjukvara, version 2.2). Strålningen, Ni-filtererad kopparstrålning ( $K_\alpha$ ), generades med 40 kV spänning och 40 mA strömstyrka. Analyserna 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 diagrammen (rådatafiler) identifierades mineralen med hjälp av PDF databasen i DIFFRAC<sup>PLUS</sup> från 1994.

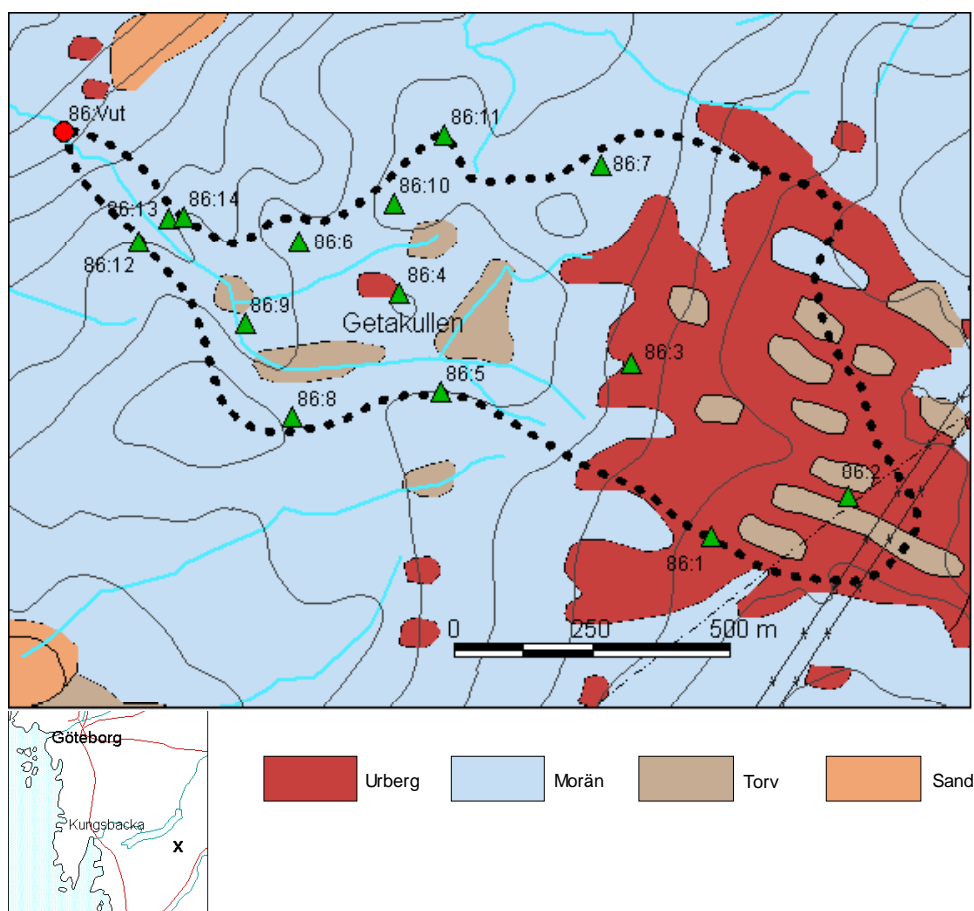
För bestämning av vittringsintensitet och kvantifiering av vittringen har en metodik som publicerats av Teveldal m.fl. (1990). Den bygger på variationer i kvartsfördelningen i profilerna. Kvarts betraktas som ett inert mineral som inte vittrat i vårt klimat och den ökning av kvartshalten som sker uppåt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

På bäckvattenproven utfördes i fält temperaturmätning samt mätning av pH. Vid ackrediterat laboratorium analyserades vattenproven på följande parametrar: konduktivitet, kalcium, magnesium, natrium, kalium, alkalinitet/aciditet, sulfat, klorid, TOC, järn och mangan.

## RESULTAT

### Jordarter, jorddjup och provtagningspunkter

Avrinningsområdet Tostared dräneras mot nordväst och sjön Lygnern. Avrinningspunkten (mätpunkten) för bäcken ligger ca 80 m ö.h., vilket motsvarar högsta kustlinjen (HK) i området (Fredén 1983). Därmed ligger hela avrinningsområdet över HK. Jordartsmässigt innebär detta att inga finkorniga sorterade jordarter förekommer. I avrinningsområdet finns endast jordarterna morän och torv (figur 1).

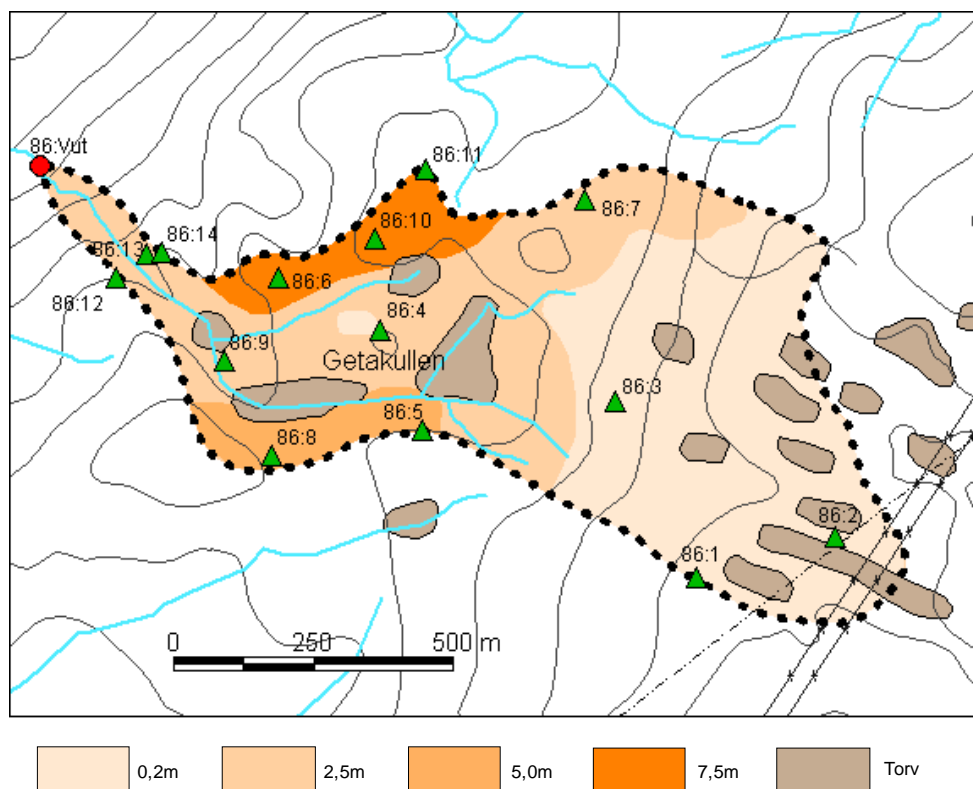


Figur 1. Avrinningsområdet vid Tostared. Jordarterna är angivna efter Fredén (1983). Provtagningspunkt för avrinnande bäckvatten är markerad som en röd punkt och betecknas 86:Vut. Lokaler för provtagning av jordprofiler anges som 86:1, etc.

Bedömning av moränens medeldjup har skattats utgående från 1) var berget går i dagen, 2) topografiska förhållanden och 3) egenformer hos moränen. I figur 2 finns en yttäckande angivelse av uppskattat moränmedeldjup i klasserna 0,2 m, 2,5 m, 5,0 m och 7,5 m. Dessutom anges för varje provtagningslokal jordprofilens djup samt ett uppskattat ungefärligt morändjup (tabell 1).

I de flesta svackorna finns ett mer eller mindre mäktigt lager av torv. När torvdjupet är mer än 0,5 m inom en yta större än 50\*50 m finns torv inlagt på jordartskartan (figur 1). För de två största torvytorna S och SO om Getakullen bedöms det genomsnittliga torvdjupet vara några meter. För övriga markerade torvytor är 1 m ett rimligt genomsnittsdjup.

I den östra delen av avrinningsområdet är ytan småbruten. Den består av berg i dagen med några ytor av torv eller morän i lågpunkter (figur 1). Tunna moränlager förekommer dessutom här och var. Antaget medelvärde på morändjupet för hela den yta som är kartlagd som berg i dagen är 0,2 m. Huvuddelen av denna yta är öppen med endast låg buskvegetation. Största delen är dessutom inhägnad och saknar provtagningslokal. Ytan representeras bäst av provlokalerna 86:2 och 86:3, där berget återfinns på 0,5–0,6 m djup. Lokal 86:1 är belägen i en öppen skärning i en mindre kulle med bergskärna.



Figur 2. Uppskattade medeldjup för morän utgående från fältobservationer och jordartskarta enligt Fredén (1983). Lokalerna för provtagning av jordprofiler framgår.

Morändjupet bedöms vara betydligt större i de centrala och västra delarna av avrinningsområdet. Det är endast vid Getakullen centralt i avrinningsområdet som berget går i dagen utanför den sammanhängande hällytan i öster (figur 1). Vid avrinningsområdets ytvattendelare både norr och söder om Getakullen förekommer ryggar utsträckta i V–O-lig riktning. Bedömningen är att båda dessa bildningar består av morän, och att moränens medeldjup är minst 5 m i genomsnitt i dessa ryggar. I de norra delarna centralt i avrinningsområdet antas moränens medeldjup vara som störst och är klassat som medeldjup 7,5 m (figurerna 2 och 3). Lokal 86:11 (invid vattendelaren) härrör från en skärning i en av de moränkullar som uppträder i ryggsformen. Även ryggen vid Getakullen har, förutom där berget går i dagen, en tydlig egenform av morän. I dess östra delar är morändjupet sannolikt några meter. Beroende på att berget går i dagen vid Getakullen läggs denna rygg in i ytan angiven med jorddjup 2,5 m tillsammans med övriga moränytter inom avrinningsområdet som saknar tydliga egenformer av morän.

I tabell 1 beskrivs om vattnets transport i jordlagren främst sker mycket ytligt eller om även djupare dränering som grundvatten kan vara av betydelse. Dessutom ingår bedömning om grundvattenbildning sker under inströmningsförhållanden vid och i anslutning till lokalen eller om utströmning dominerar av grundvatten till markytan eller ytvattendrag. Några lokaler ligger i övergångszoner där in- eller utströmningsområden växelvis kan tänkas förekomma.

Dominerande trädslag och trädens ungefärliga ålder vid provlokalerna framgår också av tabell 1. I hållområdet i öster finns gles tallskog, medan gran dominerar i övrigt. Relativt unga planteringar finns i den västra delen av avrinningsområdet.

**Tabell 1. Information om provtagningslokalerna.** *Djup - profil* anger totaldjupet på den grävda jordprofilen. *Medeldjup morän* är det genomsnittligt uppskattade värdet på morändjupet enligt figur 2 (för lokalerna 86:2 och 86:3 ned till berg). *Egenform morän* anger om tydlig egenform finns (ja), saknas (nej), eller om moränen endast utgör ett tunt lager på berg. Dessutom anges om *vattnets transport i jordlagren* endast bedöms vara ytlig eller om även transport som grundvatten i djupare delar av moränen förekommer. I tabellen anges också om *in- eller utströmningsförhållanden* råder. *Trädslag* samt granskogens *ålder* anges som ung, medel eller gammal. En utförligare beskrivning av lokalerna finns i bilaga 1.

Lokal	Djup – profil (m)	Medeldjup morän (m)	Egenform morän	Vattentransport i jordlager	In-/utströmning	Trädslag/ålder
86:1	1,00	0,2	Nej	Ytlig	Instr	Gles tall
86:2	0,55 (berg)	0,2	Tunt lager	Ytlig	In/utstr	Enstaka tall
86:3	0,60 (berg)	0,2	Tunt lager	Ytlig	In/utstr	Gran-medel
86:4	0,75	2,5	Ja	Ytlig + djupare	Instr	Gran-medel
86:5	0,80	5,0	Ja	Ytlig + djupare	Instr	Gran-medel
86:6	0,95	7,5	Ja	Ytlig + djupare	Instr	Gran-gammal
86:7	0,80	2,5	Nej	Ytlig + djupare	Instr	Gran-gammal
86:8	0,90	5,0	Ja	Ytlig + djupare	Instr	Gran-gammal
86:9	0,90	2,5	Ja	Ytlig	In/utstr	Gran-gammal
86:10	0,90	7,5	Ja	Ytlig + djupare	Instr	Gran-gammal
86:11	1,00	7,5	Nej	Ytlig + djupare	Instr	Gran-gammal
86:12	0,90	2,5	Nej	Ytlig + djupare	Instr	Gran-ung
86:13	0,95	2,5	Nej	Ytlig	Utstr	Gran-ung
86:14	0,75	2,5	Nej	Ytlig	In/utstr	Gran-ung



Figur 3. Vy mot norr från Getakullen mot det område som bedöms ha de största morändjupen inom avrinningsområdet.

## Jordmånsprofiler och markvittring

Jordmånerna i moränerna inom avrinningsområde Tostared är vanligen svagt utbildade podsoler. Under förna och humuslager i markytan finns urlakningshorisonten (E-horisonten, betecknas också A<sub>2</sub>-horisonten). Denna är vanligen mycket svagt utbildad, något gråfärgad och begränsad till några cm (se vidare bilagorna 1 och 2). Den därunder liggande rostjorden (B-horisonten) är betydligt tydligare utbildad. Den består oftast av några dm mäktig rostfärgad jord som successivt övergår till en mer grå till beigefärgad C-horisont. De grävda provgroparna är upp till 1,0 m djupa. De flesta provgropar är avslutade vid övergångszonen mellan rostjord och C-horisont och vanligen påträffas rena C-horisonter i moränen först på något större djup.

Mineralvittringens omfattning i jordmånsprofilerna har studerats genom 1) visuell bedömning av vittring av stenar i fält, 2) bestämning av viktsminskningen hos mineraljorden inom respektive jordmånsprofil samt 3) jämförelser av mineralogisk sammansättning inom provpunkterna. Resultaten är sammanställda i tabell 2 och analyserna redovisas i bilaga 3.

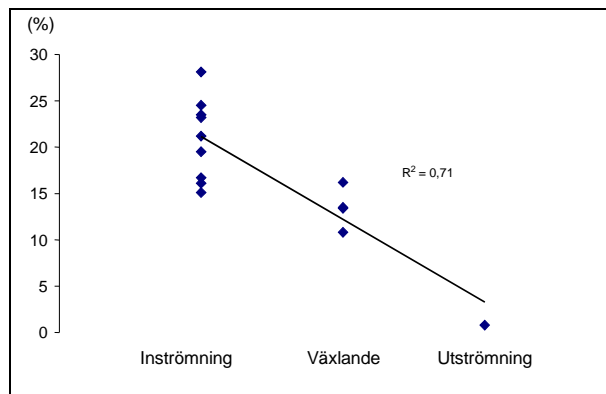
**Tabell 2. Sammanfattning av vittringsstudier i profilerna.** Observation av vittring av stenar i fält visar var och i vilken omfattning vittringspåverkan på stenar har konstaterats. Viktsminskning i E-horisont anges i % av viktsminskning i prov från E-horisont mot C-horisont för fraktionen <2 mm. Vittringstrender mineral sammanfattar vilka förändringar i relativa andelar av olika mineral som förekommer i profilerna. För plagioklas (Plag), hornblände (Hbl), glimmer (Gl) och klorit (Kl) innebär en bedömd vittringstrend att tydligt lägre halter (-) förekommer i E- än i C-horisont. För kalifältspat (Kfsp) och kvarts (Q) innebär en bedömd vittringstrend att tydligt högre halter (+) förekommer i E- än i C-horisont. En utförligare redovisning av analysresultaten finns i bilaga 3.

Lokal	Vittring av stenar i fält	Viktsminskning i E-relativt C-horisont (%)	Vittringstrender mineral (E- relativt C-horisont)
86:1	I hela profilen	16,7	Plag (-)
86:2	Främst i B-horisont	13,4	Plag (-), Gl (-), Kl (-), Kfsp (+), Q (+)
86:3	Svag	16,2	Plag (-), Kfsp (-), Q (+)
86:4	I hela profilen - kraftig	28,1	Plag (-), Hbl (-), Gl (-), Kl (-), Kfsp (+), Q (+)
86:5	Främst i B-horisont	15,1	Plag (-), Hbl (-), Gl (-), Kl (-), Q (+)
86:6	I hela profilen - kraftig	24,5	Plag (-), Gl (-), Kfsp (+), Q (+)
86:7	Svag	16,1	Gl (-), Kl (-), Q (+)
86:8	I hela profilen	21,2	Plag (-), Hbl (-), Kl (-), Kfsp (+), Q (+)
86:9	I hela profilen	10,8	Q (+)
86:10	I hela profilen	23,5	Hbl (-), Q (+)
86:11	I hela profilen	19,5	Plag (-), Hbl (-), Kl (-), Kfsp (+), Q (+)
86:12	I hela profilen	23,2	Plag (-), Hbl (-), Kl (-), Q (+)
86:13	I hela profilen	0,8	
86:14	I hela profilen - kraftig	13,5	Plag (-), Q (+)

Observationerna i fält visar att i 10 av 14 profiler förekommer påtagligt vittrade stenar inom hela profilerna (tabell 2). I lokalerna 86:4, 86:6 och 86:14 är vittringen kraftigast. I lokalerna 86:2 och 86:5 förekommer vittrade stenar i B-horisonten. Endast i lokalerna 86:3 och 86:7 bedöms vittringen vara svag. Det har visat sig vanligt i vissa områden (bland annat i Västsverige) att stenar inom jordmånsprofiler är mycket hårt angripna av vittring. Dessa kan ibland med lätthet brytas sönder eller kan vara så genomvittrade att de inte håller samman utan övergår till finare

kornfraktioner (ofta sand). En successiv nedbrytning av grövre fraktioner till finare fraktioner sker inom jordmånen. Vid beräkning av vittringshastigheter har vanligen fraktion <2 mm använts. Det har dock påvisats genom studier av viktsminskningar inom jordmånsprofiler att vittringen i fraktionen 2,0–5,6 mm (fingrusfraktionen) varit minst lika stor som i fraktion <2 mm (Snäll 2002). Vittring av stenar visar att alla fraktioner är inblandade och påverkade av vittringen. Betydelsen av bergarternas hållfasthet i kornfogar är tydlig. Vittringen är vanligare då bergarten har en skiffring struktur som i avrinningsområde Tostared.

Jordprovtagningen i profilerna utfördes med cylindrar och därmed erhöles volymsbestämda prov. Den förlust i vikt som vittringen medfört i E-horisonten anges i % viktsminskning i prov från E-horisont jämfört med prov från C-horisont. Resultaten visar att den relativa vittringen varit störst i lokal 86:4 och lägst i lokal 86:13 (tabell 2). Högre vittringsgrad kan eventuellt skönjas för lokaler där mer torra förhållanden råder (inströmningsområden), där vatten kunnat infiltrera vidare i marken, än där utströmning av grundvatten sker (figur 4). Alltför få lokaler omöjliggör vidare tolkning av eventuellt samband. Ingen korrelation föreligger i detta material mellan viktsminskning i E- relativt C-horisonten vid direkt jämförelse med 1) blekjordens mäktighet, 2) olika moräntyper respektive 3) trädslog/ålder.



Figur 4. Andelen bortvittrat material avgivet som viktsminskning i E-horisonten relativt C-horisonten jämfört mot lokalernas läge i in- respektive utströmningsområden.

Mineralsammansättningen i fraktionen <2 mm har analyserats i samtliga prover. Genom att jämföra halter i de olika horisonterna kan bedömning ske av mineralvittringens omfattning inom respektive jordmånsprofil. En rad studier har utförts på vilka mineral som är relativt sett mer lätt- respektive svårvittrade än genomsnittet i den här aktuella jordmånsmiljön med mark-pH 3,5–5,5 (Wilson 2004). Av de sex analyserade mineralen (se vidare bilaga 3) anses därför plagioklas, hornblände, glimmer (främst biotit) och klorit vara relativt sett mer lättvittrade än genomsnittet i profilen. Bortvittring av dessa mineral innebär att halterna i E- är lägre än i C-horisonten. Kalifältspat (Kfsp) och speciellt kvarts (Q) är mer svårvittrade, och mineralen anrikas relativt sett i E-horisonten vid vittringen i jordmånen. Förutom dessa sex mineral förekommer ett antal andra mineral, dock vanligen i mycket låga halter. Undantag kan vara epidot som ibland utgör några procent av det totala mineralinnehållet i jämförbara jordmåner i Västsverige (Lång 2000). De sex ingående mineralen täcker dock väl in den huvudsakliga vittringen i profilerna.

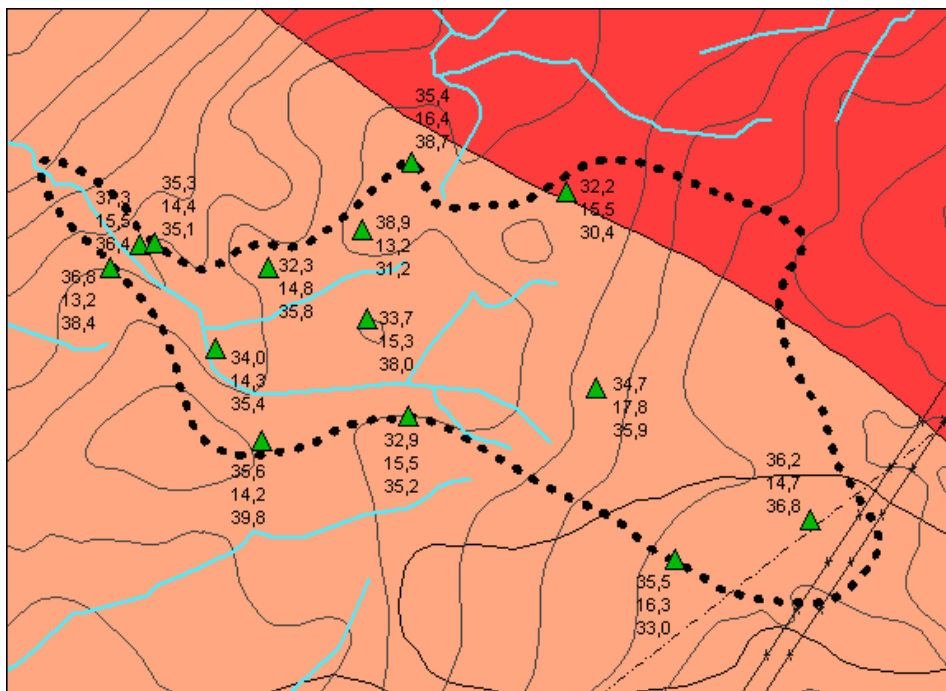
I tabell 2 sammanfattas för vilka mineral vittringstrender förekommer i respektive profil. Kriteriet har varit att tydliga skillnader föreligger i halter mellan E- och underliggande C-horisont. I viss mån har även vittringen i B-horisonten använts som stöd för bedömningen. För främst glimmer och klorit har ofta en påtaglig vittring skett även i B-horisonten. Resultaten visar

att i lokal 86:4 finns vittringstrender för samtliga mineral, och i flera lokaler för fyra eller fem mineral. De två lokalerna 86:9 och 86:14, med de lägsta viktsminskningarna, uppvisar inte heller några vittringstendenser med undantag för kvarts i lokal 86:9. Dessa två punkter är belägna i fuktiga marklägen.

## Mineralogisk fördelning i moränen jämfört med berggrunden

Berggrunden i denna del av Västsverige domineras av granodiorit-tonalit som genom kraftig påverkan ofta har en gnejsig struktur. Inom avrinningsområdet Tostared förekommer också denna bergart, med undantag från ett litet hörn i den NO-delen med en yngre granit (Samuelsson 1982). Denna granit förekommer vidare några km mot NO, som också var inlandsisens rörelseriktning i samband med dess avsmältning från området (Fredén 1983). Denna granit skiljer sig kemiskt från granodiorit-tonalit främst genom höga halter av kalium (kalifältspat) och lägre halter av kalcium (plagioklas). Förutsättningar finns då för att lokal inverkan på moränens mineralogiska och kemiska sammansättning inom avrinningsområdet kan ha skett genom isens materialtransport från NO av jordmaterial härrörande från den yngre graniten.

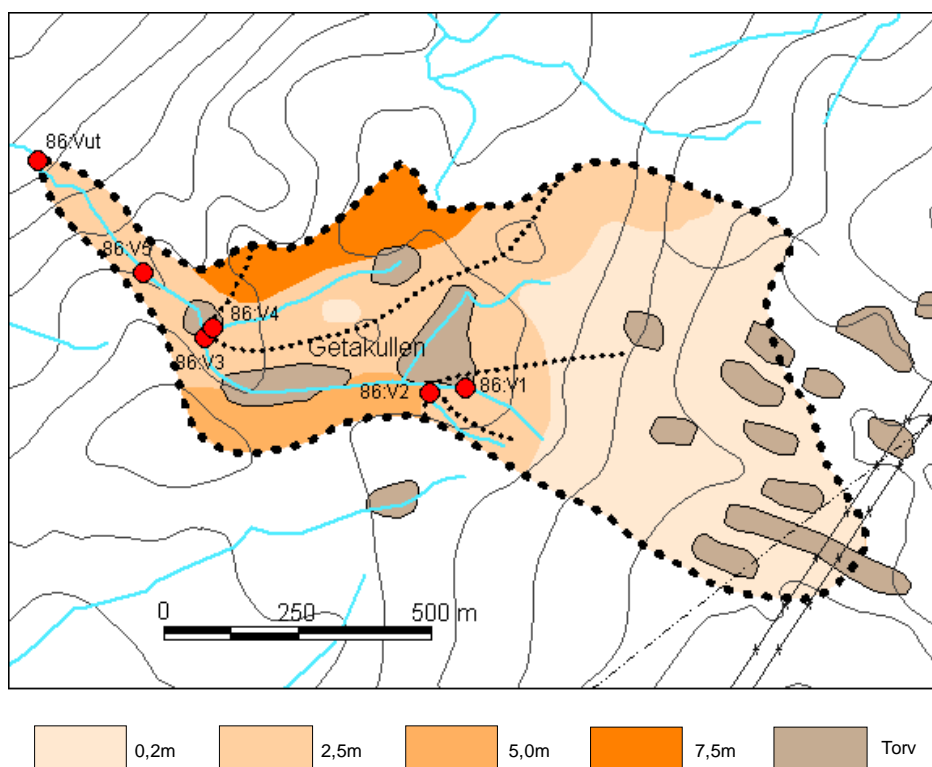
I figur 5 redovisas halterna av de tre dominerande mineralen plagioklas, kalifältspat och kvarts för proverna i C-horisonten (fraktion <2 mm). Halterna skiljer sig åt med några procent inom området. Det finns inget tydligt geografiskt mönster i variationerna. Detta är i linje med andra studier där de småskaliga variationerna i moränens mineralsammansättning för de dominerande mineralen är lika stora. Analysmaterialet är i sin omfattning jämförbart med den information som finns från jordprofiler i Nora-området (Snäll 2002) där ett stort antal profiler studerats.



Figur 5. Halter i % av kvarts (överst), kalifältspat och plagioklas (underst) i prov från C-horisonten (fraktion <2 mm) i de provtagna jordprofilerna. Provlökalernas namn framgår av figurerna 1 och 2. Berggrundskartan utgör underlag, där orange-rosa färg = Granodiorit-tonalit och mörkröd färg = Yngre granit (Samuelsson 1982).

## Delavrinningsområden och bäckvattnets kemiska sammansättning

Utgående från fältinformation och topografiskt underlag har några preliminära delavrinningsområden avgränsats. Bäckprovtagning har utförts på några olika platser för att belysa om eventuella skillnader finns i vattenkvaliteten inom olika delområden (figur 6). Resultaten i tabell 3 visar på klara skillnader i de provtagna bäckvattnets kemiska sammansättning.



Figur 6. Läget för provtagningslokaler i bäckvatten (86:v1, etc.). Preliminärt framtagna delavrinningsområden är markerade i anslutning till bäckarna (ytvattendelare markerade med tunna prickade linjer).

Vid provpunkterna 86:V1 och 86:V2 provtogs mindre bäckar som dränerar delavrinningsområden längst uppströms i den östra delen av avrinningsområdet med tunna jordlager eller kalt berg. Dessa bäckvattenprov har likartad kemisk sammansättning med de lägst uppmätta pH-värdena av de analyserade bäckvattenproven inom avrinningsområdet. Även halterna av baskatjonerna (framförallt kalcium) är de lägsta, och proven från provpunkterna 86:V1 och 86:V2 uppvisar negativ alkalinitet, dvs. aciditet.

Provpunkt 86:V3 är belägen centralt i avrinningsområdet i den huvudbäck som dränerar delavrinningsområdena vid provpunkterna 86:V1 och 86:V2 samt här även delar av den södra delen av avrinningsområdet med mäktigare moränlager. I provet från provpunkt 86:V3 är alkaliniteten 0 och pH 5,3. Den norra och centrala delen av avrinningsområdet dräneras mot provpunkt 86:V4, belägen i en mindre bäck innan denna rinner ut i huvudbäcken (figur 7). Bäckvattnets alkalinitet i provpunkt 86:V4 är 0,125 mekv/l och pH-värdet 6,2. Halterna av

kalций, magnesium och natrium är betydligt högre än i provet från provpunkt 86:V3. Ytan som dräneras vid provpunkt 86:V3 är större än vid provpunkt 86:V4, men det genomsnittliga morändjupet är betydligt större inom det delavrinningsområde som dräneras vid provpunkt 86:V4. Vid båda provpunkterna 86:V3 och 86:V4 finns just uppströms provtagningsplatserna torvtytor i utstömningslägen.

**Tabell 3. Resultat av kemiska analyser utförda på bäckvattenprov.** Provpunkternas läge framgår av figur 6.

Prov- punkt	Temp (°C)	pH	Kond (mS/m)	Ca (mekv/l)	Mg (mekv/l)	Na (mekv/l)	K (mekv/l)	Alk/Acid (mekv/l)	SO <sub>4</sub> (mekv/l)	Cl (mekv/l)	TOC (mg/l)	Fe (µg/l)	Mn (µg/l)
86:V1	7,5	4,61	4,60	0,032	0,058	0,181	0,014	-0,041	0,137	0,163	21,5	434	102
86:V2	9,0	4,54	4,43	0,022	0,040	0,195	0,010	-0,049	0,081	0,178	24,8	528	44
86:V3	9,5	5,29	4,53	0,070	0,064	0,219	0,017	0	0,127	0,195	21,3	497	270
86:V4	12,0	6,21	7,12	0,214	0,106	0,315	0,017	0,125	0,173	0,284	22,4	641	20
86:V5	9,5	5,87	4,92	0,092	0,071	0,237	0,020	0,019	0,135	0,215	21,3	528	98
86:Vut	10,0	5,78	4,83	0,085	0,070	0,238	0,016	0,008	0,135	0,215	18,9	360	79

Resultaten från analys av bäckvattnet vid provpunkterna 86:V5 nedströms i avrinningsområdet och samt från provpunkt 86:Vut (provtagningspunkt för avrinnande bäckvatten från området) är mycket likartade. Vad gäller pH, alkalinitet samt halterna av baskatjonerna i bäckvattenproven ligger värdena för provpunkterna 86:V5 och 86:Vut något över resultaten för provpunkt 86:V3, men betydligt lägre än för provpunkt 86:V4. Det är ett rimligt resultat av att vattenvolymen i bäcken vid provpunkt 86:V3 är betydligt större än bidraget från bäcken som provtogs vid provpunkt 86:V4 och med hänsyn tagen till att avrinningsområdets yta nedströms provpunkterna 86:V3 och 86:V4 är begränsad.

Jonbytes- och reduktionsprocesser i utströmningsområden är avgörande för förändringen i mark- och grundvattnets sammansättning när det övergår till ytvatten i en bäck. I den aktuella terrängen kan bäckvattnet bestå av 1) mycket ytligt dränerat vatten i marklagren, 2) från djupare delar av moränen som grundvatten samt eventuellt 3) från den allra översta delen av berggrunden. Vattnets omsättningshastighet avtar snabbt mot djupet i marken. Generellt innebär en större andel vatten med lång uppehållstid ett jonstarkare vatten, avspeglat i högre halter av baskatjoner från vittring, och därmed även högre alkalinitet och pH. Provtagningen av bäckvattnen satt i relation till topografiska och jorddjupsförhållanden i delavrinningsområden indikerar att bäckvattnets sammansättning kan stödja bedömningar av vattnets genomsnittliga uppehållstid (här med morändjupet som indikator) även inom små avrinningsområden. Litteraturstudier samt betydligt mer omfattande fält- och laboratorieundersökningar krävs av de omättade och mättade zonernas mäktighet, grundvattnets kemiska sammansättning, m.m. för att ytterligare belysa och verifiera här föreslagna samband.



Figur 7. Provpunkt 86:V4 ligger i bäcken som kommer ovanifrån i bilden och just uppströms tillrinningspunkten till huvudbäcken (som kommer från höger i bilden). Provpunkt 86:V3 återfinns i högra kanten av bilden i huvudbäcken just före vattnet i huvudbäcken när tillrinningspunkten för den mindre bäcken.

## SLUTSATSER

Både geologiskt och vattenkemiskt avspeglar avrinningsområdet vid Tostared väl förhållandena i västsvenska skogsmarker. Kalt berg, morän av varierande mäktighet, samt torvmarker är helt dominerande. Berggrunden samt den mineralogiska (och geokemiska) sammansättningen i moränen är typisk för Västsverige. Bäckvattnets kemiska sammansättning vid utloppspunkten (86:Vut) är representativ för ytorna som ingår i Lygnern-projektet och även i liknande områden över högsta kustlinjen (HK) i Västsverige.

I moräner belägna i inströmningsområden tycks de flesta jordprofilerna visa på tydliga vittringstrender trots svagt utbildade E-horisonter. Analysresultaten anger att den kraftigaste vittringen skett i profilen vid lokal 86:4, som också i fält visar på hög grad av vittring av stenar. Lägst massförlust och mycket få vittringstendenser finns i proven i utströmningsområden (lokal 86:13 och delvis lokal 86:9). Slutsatsen är att vittringen har varit och eventuellt även nu är kraftigare i jordmånen i torra lägen inom avrinningsområdet Tostared.

Vittringsbenägna mineral finns kvar även i de övre delarna av moränen. Den totala vittringshastigheten är dock sannolikt fortfarande relativt sett för lågt för att motverka det nuvarande försurningstrycket som är i avtagande. Det är naturligt att jonstyrkan är låg i bäckvattnen i denna miljö när uppehållstiden för vattnet i marken vanligen är kort. Längre uppehållstid med djupare transportvägar (här djupare i moränerna) ger betydligt tydligare genomslag på bäckvattnets kemiska sammansättning med högre jonstyrka som följd. Detta indikeras av

analysresultaten från bäckvattnet vid provpunkt 86:V4 från ett delavrinningsområde med avvikande och större morändjup.

Halter i morän av de viktigaste mineralen ligger inom olika intervall och med geografiskt småskaliga variationer inom avrinningsområdet. Detta gäller därmed sannolikt även moränens geokemiska sammansättning, men denna är inte analyserad inom projektet. Mineralogiska och geokemiska data är viktiga som bakgrundsdata för att karakterisera den mineralogiska och geokemiska miljön vad gäller både jord och berg inom avrinningsområden. För att bäckvattnets kemiska sammansättning tydligt ska ha påverkats av den mineralogiska och geokemiska sammansättningen inom enskilda små avrinningsområden är sannolikt en förutsättning att hög halt av basiska mineral förekommer inom delar av avrinningsområdet.

Vid provtagning vid utloppspunkten hösten 2002 (Abrahamsson 2003), erhöles likartad kemisk sammansättning i bäckvattnet som resultaten redovisade här. Slutsatsen i Abrahamsson (2003) var att åtgärdsbehovet är litet för avrinningsområdet Torstared. Ett viktig skäl till slutsatsen är sannolikt att delar av området har betydande morändjup och därmed påverkat vattnets flödesvägar och den kemiska sammansättningen i bäckvattnet.

## **FÖRSLAG – GEOLOGISK DEL I ÅTGÄRDSPROGRAM**

Det är i första hand samverkan mellan omsättningstid hos vattnet i jordlagren och den geokemiska markmiljön som vattnet påverkas av (från infiltrationen i markytan via jordmånen och mättad zon till utströmning) som formar bäckvattnets sammansättning. Undersökningen i avrinningsområdet Torstared stödjer de studier som visar på uppehållstidens i marken har avgörande betydelse för buffring av vattnet, när den geokemiska miljön kan bedömas vara likvärdig inom avrinningsområdet.

Ett diskussionsförslag på arbetsgång för spridning av kalk eller andra vitaliseringsämnen för att erhålla effekt på ytvattnet tillsammans med förbättrad näringsbalans i marklagren ges nedan utifrån geologiska och hydrogeologiska förhållanden i avrinningsområdet. En lämpligt avvägd uppehållstid hos vattnet innan det når vattendraget måste eftersträvas. Avrinningen ska inte vara alltför snabb men vattnet ska inte heller ta alltför djupa flödesvägar så att kalken ger effekt på bäckvattnets sammansättning utan för mycket utspädning av ytligt vatten från andra delar av avrinningsområdet. Arbetsgången kan vara:

1. Kontrollera bäckvattnets kemiska sammansättning, kriterier skall vara uppfyllda för åtgärdsbehov.
2. Analysera om möjligt grundvattnets kemiska sammansättning på lämplig lokal eller lokaler i utströmningsområde.
3. Kontrollera om det finns basiska bergarter eller indikationer på höga halter av basiska mineral i jordlagren. Vid förekomst kan då delområden vara tänkbara att uteslutas vid åtgärdsinsatser. Berggrunds- och geokemiska kartor används.
4. För resterande ytor, utgå från jordartsinformation och välj ut följande typ av ytor för åtgärdande;
  - Moränsluttningar med litet jorddjup nära lågpunkter där det sker inströmning eller där förhållandena mellan in- och utströmning skiftar. Uppträder på jordartskartan som morän med frekvent inslag av berg eller som tunt moräntäcke på berg. Inga egenformer av morän bör förekomma.
  - Moränytor i samma läge som ovan och där egenformer saknas. Kan eventuellt kombineras med åtgärder inom mer eller mindre kala bergytor längre upp i avrinningsområdet.

- För genomsläppliga jordarter (främst isälvsavlagringar och svallavlagringar) görs motsvarande ansatser som för morän. Ofta är ytorna mycket flackare än i moränen och kunskap om avlagringarna mäktighet och lagerföljd är mycket viktig. Var uppmärksam på om svallavlagringar, som ofta består av sand, ligger ovan lera.

Åtgärder bör således ej utföras på moränytter med tydliga egenformer och inte heller på isälvsavlagringar med större djup eller på lera. Kalt berg kan i vissa lägen vara acceptabla att åtgärda för effekter på ytvatten, men helst bör det finnas något jordmagasin som kan lagra vattnet under viss tid. Förslagen ovan är enbart baserade på de geologiska och hydrogeologiska förutsättningarna och sammanvägs med andra hänsyn inför åtgärder inom ett avrinningsområde.

## REFERENSER

- Abrahamsson, I., 2003: Försurning och åtgärdsbehov inom Rolfåns avrinningsområde. En undersökning av vattenkvaliteten i små skogsbäckar 2002. *Länsstyrelsen Västra Götaland, rapport 2003:24*.
- 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.
- EG, 2000: Europaparlamentets och rådets direktiv 2000/60/EG av den 23 okt. 2000 om upprättande av en ram för gemenskapens åtgärder inom vattenpolitikens område.
- Fredén, C., 1983: Beskrivning till jordartskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Ae 43*.
- Goether, 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
- Lång, L.-O., 2000: Heavy mineral weathering under acidic soil conditions. *Applied Geochemistry* 15, 415-423.
- Länsstyrelsen i Västra Götaland, 2000: Rolfåns avrinningsområde. Nuvarande försurnings-situation och förslag till samordnade åtgärder. *Länsstyrelsen Västra Götaland 2000:33*.
- 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.* 7<sup>th</sup> Nat. Clay Conf. (1958), 317-327
- Nyström, U., & Lång L.-O., 2002: Rolfåns avrinningsområde, V Götalands län – åtgärder mot försurning. Kap. 6 i L.-O. Lång & B. Thunholm 2002: Geologisk information och modellering i avrinningsområden. *SGU-rapport 2002:43*.
- Samuelsson, L., 1982: Beskrivning till berggrundskartan Kungsbacka NO. *Sveriges geologiska undersökning Af 124*.
- Snäll, S., 1999: Kvantitativa bestämningar av mineral i jordarter med röntgendiffraktionsteknik. *Sveriges geologiska undersökning BRAP 99018*.
- Snäll, S., 2002: Vittring i morän inom ett mindre område i Bergslagen. *Sveriges geologiska undersökning, Rapporter och meddelanden 111*.
- Teveldal, S., Jørgensen, P. & Stuanes, A.O., 1990: Long-term weathering of silicates in an sandy soil at Nordmoen, southern Norway. *Clay Minerals* 45, 447-465.
- Wilson, M. J., 2004: Weathering of the primary rock-forming minerals: processes, products and rates. *Clay Minerals*, 39 233-266.

## Grunddata för provtagningslokalerna i morän

Lokal	X-koordinat	Y-koordinat	Trädslag samt kommentarer	Prov	Provtagningsdjup (m under markyta)	Horisont	Antal provtagningscyllindrar
86:1	6375667	1296096	Glest tallbestånd enstaka gran	86:1 E	översta cm mineraljord	E, övre B	5
				86:1 B	0,50	B2	5
				86:1 C	1,00	C	2
86:2	6375740	1296344	Enstaka tall enstaka gran	86:2 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:2 B	0,55	B	5
86:3	6375984	1295949	Granplantering	86:3 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:3 B	0,50	B	5
				86:3 B/C	0,60	B/C	2
86:4	6376110	1295529	Liten glänta i granplantering	86:4 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:4 B	0,5	B	5
				86:4 C	0,75	C	3
86:5	6375932	1295604	Utkant granplantering	86:5 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:5 B	0,5	B	5
				86:5 C	0,8	C	5
86:6	6376203	1295347	Liten avverkad del i äldre granplantering enstaka tallar	86:6 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:6 B	0,5	B	5
				86:6 C	0,95	C	5
86:7	6376344	1295897	Äldre granplantering intill blandskog	86:7 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:7 B	0,5	B	5
				86:7 C	0,8	C	2
86:8	6375886	1295335	Äldre granplantering	86:8 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:8 B	0,5	B	5
				86:8 C	0,9	C	4
86:9	6376056	1295252	Äldre granplantering	86:9 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:9 B	0,5	B	5
				86:9 C	0,9	C	5
86:10	6376273	1295521	Äldre granplantering	86:10 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:10 B	0,5	B	5
				86:10 C	0,9	C	3
86:11	6376398	1295611	Äldre granplantering i vägsränning	86:11 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:11 B	0,5	B	5
				86:11 C	1	C	3
86:12	6376205	1295057	Liten glesning i tät ung granplantering ekskott	86:12 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:12 B	0,5	B	5
				86:12 C	0,9	C	2

Lokal	X-koordinat	Y-koordinat	Trädslag samt kommentarer	Prov	Provtagningsdjup (m under markyta)	Horisont	Antal provtagningscylindrar
86:13	6376245	1295112	Ung granplantering, eksly	86:13 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:13 B	0,5	B	5
				86:13 C	0,95	C	4
86:14	6376249	1295138	Ung granplantering tät, gräs	86:14 E	översta cm mineraljord	E	5
				86:14 B	0,5	B	5
				86:14 C	0,75	C	3

## Bilaga 2

### Beskrivning av jordprofiler vid provtagningslokalerna i morän

Lokal	Horisont	Mäktighet horisont (cm)	Beskrivning	Kommentar
86:1	förna	4		Lokal i skärning på håll.
	Ao	1		Skärningen rensad och prov ovanifrån.
	E	2	Gråsvart, svagt utbildad	
	B1	15	Rostfärgad	
	B2	15	Rostfärgad, med inslag av org. material +gråare skikt	Vittrade stenar i hela profilen.
	B3	35	Något svagare rostfärgad, mer inslag av org. material	
	C (B/C)	25	Gråröd med övergång till grå Berg	C-prov direkt på berg.
86:2	förna	2		I lääge för isrörelsen -
	Ao	6		I jordficka på håll.
	E	3	Svagt utbildad	
	B1	15	Starkt rostfärgad	Vittrade stenar i B-horisont.
	B2	30	Rödgrå Berg	
86:3	förna	2		Svagt välvd form som sluttar mot väster.
	Ao	4		
	E	2	Svagt utbildad	
	B1	12	Starkt rostfärgad	
	B2	35	Svagare rostfärgad	
	B/C	5	Kompaktare, ljusare brunbeige, mycket sten Berg	

Lokal	Horisont	Måktighet horisont (cm)	Beskrivning	Kommentar
86:4	förna	2		Norr om liten höjdrygg.
	Ao	3		
	E	6	Övre 2 cm välutbildad, 4 cm svagt+organiskt material	Vittrade stenar förekommer i
	B1	25	Starkt rostfärgad	hela profilen.
	B2	20	Brun färg, mycket organiskt i rostjorden	
	B/C	10	Beigebrunt	
	C	10+	Ljust beig, mycket kompakt och ihopsintrat, mer sten än i B	
86:5	förna	6		Lokalen utmed skogsväg
	Ao	3		i skärning.
	E	3	Grå-svart Mkt svag utbildning, samman med Ao	
	B1	30	Rostbrun	Vittrade stenar, i storleks- ordning hälften av dessa
	B2	25	Brun - rost + organiskt material	stenar är ca 5 cm eller
	C	30+	Beige, mycket kompakt; med mer sten än i B	eller mera i diameter.
86:6	förna	10		
	Ao	3		
	E	5	Grå-brun, varav översta 3 cm bäst utbildad	Vittrade stenar observeras
	B1	50	Rostbrun	i hela profilen.
	B2	20	Beigebrun	
	C	15+	Beige	
86:7	förna	10		
	Ao	10	Successiv övergång till E	Västslutning i norra delen av
	E	5	Svagt utbildad	området.
	B1	45	Rostbrun	
	C	20+	Gråbeige, mycket sten och mycket kompakt	C-prov volym något osäker.
86:8	förna	6		På långsträckt höjd med
	Ao	2		egenform morän.
	E	3	Gråbrun, svagt utbildad	
	B1	25	Rostbrun - mörk	
	B2	35		Vittrade stenar förekommer
	C	25+	Relativt mycket sten, inte lika kompakt, som ex 86:4	(troligen i hela profilen).
86:9	förna	5		I västra delen av höjdrygg
	Ao	2		med bäck just intill i väster.
	E	3	Gråbeigt	Vittrade stenar förekommer
	A/B	6	Brunbeigt, översta rostjorden med mycket org.	(troligen i hela profilen).
	B1	25	Rostbrun	
	B2	30	Rostbrun något ljusare	
	C	25+	Grått-beige	

Lokal	Horisont	Måktighet horisont (cm)	Beskrivning	Kommentar
86:10	förna	5		På långsträckt höjd.
	Ao	2		
	E	3	Svagt utbildad grå-brun	
	B1	30	Rostbrun	
	B2	45	Brun	Vittrade stenar förekommer
	C	5+	Beige, mycket kompakt	(troligen i hela profilen).
86:11	förna	8		I vägskärning,
	Ao	1		rötter och icke nedbruten
	E	3	Relativt tydlig jämfört med de andra groparna	vedmassa förekommer även
	B1	30	Rostbrunt	sparsamt i B & C.
	B2	40	Brunt	Mycket tydlig podsolprofil &
	C	20	Beigt	primär lagring i bottenmorän. Vittrade stenar förekommer (troligen i hela profilen).
86:12	förna	5		I relativt flackt läge vid
	Ao	2		vattendelare i SV.
	E	7	Överst 2 cm grått, därunder 5 cm ljusbeigt-brunt	
	B1	30	Rostbrunt	
	B2	25	Brunt	Vittrade stenar förekommer
	B/C	15	Övergång mellan B och C	(troligen i hela profilen).
	C	5+	Beigt	
86:13	förna	5		Ligger i sluttning ned mot
	Ao	1		bäck.
	E	4	2 cm grått ovan 2 cm beigt, OK E-horisont	Vittrade stenar förekommer
	B1	74	rostbrunt	(troligen i hela profilen).
	C	10+	beigebrun, ej så kompakt	
86:14	förna	5		I den flacka sluttningen
	Ao	2		mot NV.
	E	3	grått - brunbeigt, svagt utbildad	Mycket stenar och
	B1	30	mörkbrunt - rostfärgat	många av dessa är vittrade.
	B2	25	brunt	
	C (B/C)	10+	beigt-brunt	

### Mineralogisk sammansättning i jordprov vid provtagningslokalerna i morän

Bestämningarna är utförda med XRD-analys och avser fraktion <2 mm. Halter anges i % för de sex dominerande mineralen.

Prov	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Hornblände	Glimmer	Klorit
86:1 E	42,6	17,2	25,5	2,3	0,0	0,0
86:1 B	46,5	16,8	27,5	1,3	0,0	0,0
86:1 C	35,5	16,3	33,0	4,1	0,0	0,0
86:2 E	41,8	19,1	30,5	3,1	0,8	1,3
86:2 B	36,2	14,7	36,8	2,6	1,2	1,8
86:3 E	41,4	21,0	27,1	3,2	1,5	0,0
86:3 B	34,8	16,4	31,0	3,3	1,3	0,0
86:3 B/C	34,7	17,8	35,9	2,3	3,2	0,0
86:4 E	46,9	16,7	32,1	2,9	0,4	1,1
86:4 B	37,0	16,0	41,1	4,7	0,7	1,4
86:4 C	33,7	15,3	38,0	3,9	1,2	1,7
86:5 E	38,4	14,8	31,6	2,6	0,5	1,1
86:5 B	32,2	12,7	36,0	3,4	0,6	2,1
86:5 C	32,9	15,5	35,2	5,4	1,6	2,1
86:6 E	42,8	16,5	30,1	3,0	0,0	1,3
86:6 B	35,9	16,0	36,5	3,1	0,6	1,7
86:6 C	32,3	14,8	35,8	3,3	1,1	1,3
86:7 E	38,4	16,0	37,4	3,3	0,5	1,4
86:7 B	35,1	16,1	39,5	2,9	0,8	1,6
86:7 C	32,2	15,5	30,4	4,8	1,7	1,8
86:8 E	40,5	15,5	34,4	2,3	0,8	0,9
86:8 B	31,9	14,5	41,0	3,6	0,9	1,4
86:8 C	35,6	14,2	39,8	3,0	0,9	1,3
86:9 E	38,1	14,1	37,3	2,8	0	0,0
86:9 B	34,0	13,7	36,8	2,7	0	0,0
86:9 C	34,0	14,3	35,4	2,8	0	0,0
86:10 E	43,8	15,0	33,0	2,6	0,6	1,5
86:10 B	33,5	16,4	37,8	3,7	0,6	2,0
86:10 C	38,9	13,2	31,2	3,4	0,6	1,7

Prov	Kvarts	Kalifältspat	Plagioklas	Hornblände	Glimmer	Klorit
86:11 E	43,5	17,8	34,9	2,4	0,6	0,0
86:11 B	34,6	16,4	39,5	3,8	0,6	1,5
86:11 C	35,4	16,4	38,7	4,3	1,0	1,4
86:12 E	47,9	14,4	30,5	1,3	0,4	0,0
86:12 B	39,6	17,0	34,6	2,2	0,3	1,2
86:12 C	36,8	13,2	38,4	3,0	0,7	1,5
86:13 E	37,6	14,1	41,5	2,7	0,0	0,0
86:13 B	37,6	14,1	37,3	2,8	0,0	0,0
86:13 C	37,3	15,5	36,4	4,2	0,6	0,0
86:14 E	40,8	15,1	33,5	2,6	0,0	0,0
86:14 B	37,2	12,9	35,6	3,3	0,0	0,0
86:14 C	35,3	14,4	35,1	2,7	0,0	1,5