

KUNGL. SKOGSHÖGSKOLANS SKRIFTER

BULLETIN OF THE ROYAL SCHOOL OF FORESTRY  
STOCKHOLM, SWEDEN

Nr 10

1952

---

---

Den geologiska miljöns inverkan  
på grundvattnets halt av lösta  
växtnäringsämnen

Influence of Geological Environment on the Composition of  
the Nutrients in Solution in Ground Water

BY

TRYGGVE TROEDSSON



NORRTÄLJE 1952.  
NORRTELJE TIDNINGS BOKTRYCKERI AB



# *Den geologiska miljöns inverkan på grundvattnets halt av lösta växtnäringsämnen*

Av TRYGGVE TROEDSSON.

Det är allmänt bekant att grundvattnets inverkan på den skogliga produktionen är stor. Skogsmarkens vattenfaktor har ur kemisk synpunkt i vårt land tidigare behandlats av O. TAMM (1925, 1931). Föreliggande uppsats är ett preliminärt meddelande om de resultat, som erhållits vid grundvattenundersökningar, vilka bedrivits vid Skogshögskolans avdelning för skoglig marklära sedan 1949. I första hand har avsikten varit att få en uppfattning om grundvattnets kemiska egenskaper inom skogsmarker med olika geologiskt underlag. I den mån det varit möjligt ha områden med likartade skogstyper, men på olika geologiskt betingade områden uppsökts. En sådan undersökning i vårt land, med dess varierande klimatförhållanden, kan icke bli helt invändningsfri. Skogstyperna kunna på två lokaler motsvara varandra, även om berggrundsförhållandena äro olika. Vegetationen är sålunda ofta ej indikator på berggrundens sammansättning, utan är beroende av de lösa avlagringarnas mäktighet och kornstorlek, av fuktighetsfaktorer, klimat, topografi etc. Emellertid ha ett flertal undersökningar visat att markens mineralogiska beskaffenhet äger ett visst inflytande på skogens växtlighet. Denna inverkan behöver givetvis icke vara direkt utan kan även utövas indirekt genom den minerogena faktorns förmåga att t. ex. förbättra humustillståndet. En översikt av dylika undersökningar har EKSTRÖM (1946) lämnat, varför de icke skola närmare behandlas i detta sammanhang.

Då den hydrologiska faktorn — om man närmast tänker på grundvattnet — spelar en stor roll för skogen, ligger det nära till hands att behandla denna faktor i samspel med de geologiska förhållandena. Det rörliga grundvattnets halt av lösta växtnäringsämnen är ett uttryck för den urlakning som sker i marken och även till en rätt hög grad för markvätskans sammansättning ovan grundvattennivån. En ur mineralogisk synpunkt rikare jordart ger helt naturligt upphov till ett elektrolytrikare vatten än vad en fattigare jordart kan ge. Hur stora växlingarna kunna vara kommer att behandlas i det följande.

Det må påpekas att skogsmarkens grundvattenförhållanden icke behöva vara den dominerande faktorn för trädens näringstillförsel. Den näring träden direkt upptaga ur grundvattnet kan vara förhållandevis låg. Trädens förmåga att upptaga det kapillärt och adsorptivt bundna vattnets näringshalter i samband med rötternas direkta eller indirekta med-

verkan vid markvittringen är troligen av större betydelse. Härtill kommer den viktiga del av näringsbehovet, som tillfredsställes genom leverans från förna och humus.

Om man emellertid ställer ett antal analysvärden från ett geologiskt enhetligt grundvattensområde i relation till de analysresultat som erhållas från ett närbeläget område med helt andra berggrundsförhållanden kan man få en god uppfattning om de båda formatiönernas inverkan på grundvattnets halt av olika grundämnen.

De områden, som varit föremål för grundvattenundersökningar äro belägna på ett flertal olika platser i mellersta Sverige:

- 1) Leptit-gnejsområdet vid Bjurfors Kronopark, 3 km söder om Avesta.
- 2) Urbergsmorän — starkt påverkad av kambrosilurbergarter — i Roslagens inre skärgård, Grenholmen, 2 mil nordost Norrtälje. Området tillhör Roslagens moränlerområde (EKSTRÖM 1951).
- 3) Övre Dalarnas porfyr-, sandstens- och diabasområden.
- 4) Ett lågproduktivt sandområde i översta Lagadalen, nära Vaggeryd (Mölna försöksfält).
- 5) Gnejsmorän, med starkt inslag av jotnisk sandsten på Södertörns nordvästra hörn.

Områdena äro angivna i ordning efter försökens omfattning. Huvuddelen av undersökningarna ha sålunda varit förlagda till Bjurfors.

Provtagningsmetodiken överensstämmer i huvudsak med den som ROMELL (1922) använde sig av för markluftundersökningar. Apparaturen har sedan omarbetats av TAMM (1925) för att medgiva vattenprovers upptagande ur moräner etc. Ett mässingsrör med 4,5 mm diameter, vari finnes införd en stålstång, någon cm längre än själva röret, drives med hjälp av en hammare ner i marken till 2 à 3 meters djup. Med hjälp av en kvicksilverpump sugas proven upp i provflaskor, som till en början utgjordes av vanligt buteljglas. Under det sista året har försök gjorts att även samla upp en del av vattenproverna i s. k. polyetenflaskor, för att därmed förhindra alkalimetaller i glaset att ev. inverka på analysresultaten. Försöken härmed äro ännu ej slutförda. I 20 ml glasflaskor med inslipad propp tagas prov, som redan i fältet analyseras på mängden löst syre, två- och trevärt järn, pH och ledningsförmåga. Även vattnets temperatur mätes för erforderliga korrektioner vid analysvärdenas beräkning. Mässingsrören ha vanligen stationerats inom försöksområdena dels för att vinna tid vid provtagningen, då nedförandet av rören mången gång är synnerligen besvärligt, och dels för att erhålla fullt likartade provtagningsförhållanden. I de första ml har vanligen en högre elektrolythalt erhållits än i senare upptagna vattenmängder beroende på annan sammansättning hos det vatten, som stått stilla i rören. Sedan elektrolythalten i vattnet efter en stunds sugning blivit konstant tagas vattenproven. Järn och syre bestämmas enligt av O. TAMM (1931 p. 180) angivna och något modifierade metoder. Fördelen av att i fältet kunna bestämma dels  $Fe^{++} + Fe^{+++}$  och dels  $Fe^{++}$  är uppenbar. De grundämnen som bestämts på laboratoriet ha varit Fe, Al, Mn, Mg, Na, K, Ca. Även  $SiO_2$  har bestämts; pH har bestämts enl. Kühus kolorimetriska metod. Denna ger tillförliga värden såvida vattnets buffertkapacitet är tillräcklig för att indikatorns egendissociation icke skall ändra pH. De i grundvattnet lösta humusämnena ha vid försök visat en tillräcklig buffertverkan, men förf. vill dock anbefalla en viss försiktighet vid tolkningen av de er-

hållna pH-värdena. De små variationerna i värdena utgöra emellertid ett visst stöd för dess giltighet.

Na, K, Ca ha bestämts lågfotometriskt, Mg kolorimetriskt med titangult, Mn enligt NYDAHL (1949) med ammoniumperoxidisulfat, totalt Fe med orthophenantrolinmetoden. Analysmetodikerna kommer att behandlas utförligare i ett senare arbete.

Som ovan nämnts avser föreliggande arbete att framlägga de analysresultat, som härröra från områden med minerogent olika betingade jordarter, framför allt moräner. För att undvika de stora felkällor, som måste uppstå vid undersökningar av detta slag, har försöksområden valts, där jordartstyperna varit så likartade som möjligt, även om de lösa jordlagrens mäktighet icke alltid kunnat kontrolleras. Vidare har det varit ett önskemål att arbeta med så lika skogstyper som möjligt, vilket i många fall kan vara ytterst svårt att uppnå. På exempelvis diabasstråket vid Älvdalsåsen i övre Dalarna är den minerogena faktorn påtaglig, varför man där svårigen kan finna områden, som ur skogstypssynpunkt äga sin motsvarighet inom exempelvis Dalarnas sandstensområden. Därför har förf. ansett det primära vid dessa undersökningar vara att välja de ur geologisk och hydrologisk synpunkt mest typiska områdena såsom provtagningsobjekt, varför skogstyperna stundom kommit i andra hand. I den sammanfattande analysstabellen ha de olika provtagningsområdena erhållit en karakteristik vad beträffar geologi, markprofiltyp och skogstyp.

Här nedan skall en kort redogörelse lämnas för de undersökta områdenas geologi och vegetation:

De kvartära avlagringarna inom leptitgnejsområdet 3 km söder om Avesta utgöras av stora, nästan plana moränområden med sandig—moig morän. I smärre sänkor finnas vattensediment — alltifrån mellanlera till grus. Moränen är svallad så snart terrängen höjer sig, men svallningsintensiteten varierar inom vida gränser. Stundom är denna knappast märkbar, i andra fall har materialet starkt vattenbearbetats i ytan. Den sandig—moiga moränen får snarast anses vara en ordinär morän med hänsyn till sin mineralogiska sammansättning. Synnerligen karakteristiskt för Bjurforsområdet är dess grundvattenförhållanden. Grundvattnet ligger icke djupt — 1 à 2 meter — och kommer kanske därför att utgöra den viktigaste markfaktorn inom området. Inom moränområdena förekomma ofta små fläckar eller tuvor av vitmossor. Så snart det förekommer en större sammanhängande sänka plägar en sumpvegetation förefinnas, som stundom ger upphov till mäktiga torvbildningar. Detta är i stora drag Bjurforsområdets geologi. Förf. har närmast undersökt grundvattnet inom de stora moränområdena och vad som där i synnerhet varit av intresse äro de små vitmossfläckarna med sin mycket begränsade utbredning, oftast blott en halv meter i diameter. Markprofilen är vanligen järnpodsol inom moränområdena, men där vitmossfläckarna uppträda blir profilen snarast en övergångsform mellan järnpodsol och järnhumusodsol. De små fläckarnas spridda förekomst inom ett enhetligt järnpodsolområde gör att de få en otydlig profilutbildning. Dessa fläckar bero på ett temporärt stillastående grundvatten. Underliggande berggrund kan genom en uppskjutande svag skålbildning kvarhålla sjunkvattnet. Den osvallade, stundom starkt moiga moränen kan förhindra en snabb grundvattensänkning och likaså kunna leriga lager i ovanliggande svallgrus förorsaka ett i ytlagren

stillastående grundvatten. I tabell 3 är det sålunda järnpodsolernas grundvatten, som ställts i relation till de inom dessa områden förekommande vitmossfläckarnas grundvatten. — I Bjurforsområdet finnas inom järnpodsolområdena vanligen tvenne skogstyper, dels den rena husmosstypen, där fältskiktet är obetydligt utvecklat och bottenskiktet utgöres av en matta av i huvudsak husmossor, och dels den genom utglesning erhållna blåbärstypen. Mellan dessa tvenne typer finnas alla övergångnar, varför en noggrann beskrivning av skogssamhällena inom varje lokal skulle vara berättigad. Då utrymmet i tabell 3 är begränsat och analysmaterialet endast översiktligt framställt och då arbetet är avsett att fortsättas, ha endast de knapphändiga upplysningarna om de olika skogstyperna medtagits. Då huvuddelen av undersökningarna utförts på Bjurfors kronopark har O. TAMMS (1935) mera direkt på Bergslagens skogssamhällena tillämpbara klassifikation kommit till användning.

Försöksområdet NO om Norrtälje — Grenholmen — ligger på Harö i Roslagens inre skärgård. Jordarten är en ytstenig, lerig—grusig morän, starkt påverkad av kambrosilurbergarter. Markprofilen är närmast brunjord och vegetationen domineras av tall och gran med inslag av björk. Även områden med ek, ask och hassel förekomma. Vegetationen är snarast av en lågörtstyp med husmossor, blåbärsris, harsyra och blåsippor som karaktärsväxter. När de ädla lövträden förekomma i en större löväng blir örtfloran betydligt rikare med bl. a. Orchisarter. — Inom försöksområdet ligger kalkgränsen (den kalkhaltiga jordarten) på större djup än 60 cm (enl. opublicerade undersökningar av P. ALMBERGER och B. MATTSSON MÅRN 1946). De genomsnittliga analysvärdena erhållas i tabell 3.

Under en översiktsresa i september 1949 insamlades grundvatten från övre Dalarnas diabas-, porfyr- och sandstensområden. På grund av en tämligen torr eftersommar försvårades grundvattenuppsugningarna ganska avsevärt. Förf. lyckades dock erhålla grundvatten från resp. områden. Sandstensmoräner uppsöktes i trakten av Särna, där framför allt de utpräglade lavtallskogarnas grundvatten undersöktes. Grundvatten från porfyrmoräner inom Älvdalens västra revir och åsbydiabasmoränen vid Åsen (Älvdalsåsen) insamlades och analyserades. I möjligaste mån uppsöktes lokaler, där blockstudier i moränerna på resp. bergarter gåvo så »rent» material som möjligt.

Våren 1950 påbörjades en provtagningsserie av grundvatten i samband med utläggningen av vissa gödslingsförsök inom Mölna försöksfält invid Vaggeryd i Småland. Försöksfältet ligger inom de lågproduktiva sandområden, som utfylla Lagadalen. Vegetationstypen är vanligen vacciniumtallskog med hedartade gläntor (C. O. TAMM 1947).

I tabell 3 ha även medtagits medelvärden av grundvattenanalyser från den sandigt—grusiga, av jotnisk sandsten påverkade moränen på Södertörns NV-hörn invid Högantorps säteri. Trots det starka inslaget av jotnisk sandsten i moränen hade grundvattnet höga halter av olika växtnäringssämnen. Förklaringen torde ligga i att den kalkhaltiga glacialleran på flera ställen underlagrar de nedsvallade sand- och grusavlagringarna. Då hela försöksområdet utgör en sluttning ned mot Mälaren kommer grundvattnet att passera sådana lerlager och därmed erhålla bl. a. höga kalciumhalter.

Av tabell 3 framgår att varje moränområde har sitt karakteristiska grundvatten. Detta gäller framför allt leptitgnejsområdet söder om Avesta i jämförelse med Roslagens morän-

lerområde NO om Norrtälje. Även om en viss variation i ledningsförmågan erhålles inom de olika försöksområdena visar analyserna en tämligen god konstans i sina  $\kappa$ -värden, om man behandlar varje fuktighetstyp eller geologiskt betingat område för sig. Ledningsförmågan är t. ex. 10 gånger större för Norrtäljeområdet än för Bjurforsområdet och detta gäller oavsett årstiden. På samma sätt erhålles en distinkt skillnad i ledningsförmågan mellan sandstensmoränerna i övre Dalarna och de övriga områdena. Grundvattnet i porfyromoränerna är närmast jämförbart med det i leptitgnejsmoränernas järnpodsolområden. Mg-halt liksom pH-värden äro klart högre inom Bjurforsområdet än inom porfyrområdena. Den lättvittrade åsbydiabasen ger upphov till ett betydligt elektrolytrikare grundvatten än Bjurforsområdet, medan de kvartsrika sand- och grusavlagringarna inom Mölna försöksfält lämna en förvånansvärt hög ledningsförmåga på sitt grundvatten, ett förhållande som knappast var att vänta då en jämförelse mellan de två sistnämnda områdenas minerogena sammansättning klart visar att Bjurforsområdet härvidlag är betydligt bättre.

Högantorp-området har en — i jämförelse med de övriga undersökta områdena — karaktéristisk ledningsförmåga med höga Mg-halter och Na-halter.

Tyvär ha fullständiga årsobservationer av ledningsförmågan i grundvattnet inom de olika områdena icke kunnat göras. I tabell 1 ha trenne lokaler från tre undersökningsområden sammanställts, där årsvariationerna i ledningsförmågan framgår. Vad som främst observeras är den konstanta ledningsförmågan inom resp. områden under de tre år som försöken pågått. Det må tilläggas att först i oktober 1950 utplacerades fasta rör för uppsugning av grundvatten inom de olika lokalerna. Dessförinnan får man antaga att uppsugningen av vattenproven icke kan ha skett på exakt samma provdjup, även om det varit en strävan att försöka nå det. Trots detta synes variationerna i ledningsförmågan före och efter oktober månad 1950 icke ha påverkats av denna brist i den likformiga försöksmetodiken. — Tabell 1 visar förutom en viss konstans i ledningsförmågan även vissa antydningar till årstidsvariationer. Sålunda gäller för såväl Bjurforsområdet som Grenholmen att högre elektrolythalter erhållas dels i mitten av sommaren och dels under vintern. Under höst och vår erhållas lägre halter, beroende på ökade grundvattentillskott genom regn och smältvatten. De få analyser som hittills insamlats från Mölna visa samma tendens. Variationerna äro emellertid mycket små och anmärkningsvärt är att vårflödenas utspädande verkan på grundvattens halt av näringsämnen icke är tydligare. Man kan antaga att dessa årsvariationer äro mera framträdande i sjunkvattnet och där de lösa avlagringarna äro tunna. Undersökningar av årsvariationen i grundvattens halt av lösta växtnäringsämnen i lerjordar ha utförts av JOHANSSON (1944) varvid tydliga skillnader framkommo. Inom Bjurforsområdet äro variationerna i ledningsförmågan och halten av olika näringsämnen inom järnpodsolområden å ena sidan och järnhumus- och humuspodsoler å andra sidan uppenbar. Som ovan nämnts är det de små Sphagnum-fläckarnas grundvatten som undersökts. Med en växlande grundvattennivå inom dessa tämligen begränsade vitmossfläckar följer en variation i de reducerade betingelserna. Ledningsförmågan kommer därför att variera inom ganska vida gränser (se tab. 3). Förhållandena vore måhända helt annorlunda om man undersökte utpräglade humuspodsolprofilers grundvatten.

Tabell 1

Den observerade variationen i grundvattnets ledningsförmåga inom försöksområdena Bjurfors, Grenholmen och Mølna.

The variations of the conductivity of ground water from Bjurfors (leptite-gneiss moraine), Grenholmen (archaean moraine with cambro-silurian material) and Mølna (glacio-fluvial sand).

	Bjurfors	Grenholmen	Mølna
1949 juli.....		440.10 <sup>-6</sup>	
augusti.....	31.10 <sup>-6</sup>		
september.....	32. »		
oktober.....		400. »	
november.....	31. »	380. »	
december.....	30. »	380. »	
1950 januari.....	32. »	390. »	
februari.....	33. »	400. »	
mars.....	30. »	370. »	
april—september..	—	—	
oktober.....		400. »	
november.....	30. »	420. »	
december.....	31. »	420. »	
1951 januari.....	32. »	440. »	
februari.....	32. »		
mars.....	30. »		
april.....		350. »	46.10 <sup>-6</sup>
maj.....			33. »
juni.....	—	—	—
juli.....	34. »		
augusti.....	33. »		41. »
september.....	32. »		
oktober.....	—	—	—
november.....		435. »	
december.....	32. »	440. »	
1952 januari.....	33. »	433. »	44. »
februari.....		420. »	

Å andra sidan ha försök inom Bjurfors-området visat att 100 mm nederbörd under ett dygn icke i nämnvärd grad har påverkat ledningsförmågan i grundvattnet i en sandig—moig morän på 1 meters djup. Ungefär samma nederbördsmängd fördelad på en 14-dagarsperiod medförde icke heller någon förändring i ledningsförmågan. I båda fallen kunde kontroller av grundvattnet ske under 20 dagar efter det att nederbörden fallit. Sjunkvattnets långsamma rörelse i dylika jordarter medgiver tydligen att en viss jämvikt i ledningsförmågan uppnås, så att grundvattentillskott i form av häftiga nederbördsmängder icke förändrar ledningsförmågan i grundvattnet.

Ur tabell 3 framgår vidare att ett samband råder mellan låg Fe<sup>++</sup>-halt och hög syrehalt i grundvattnet — ett förhållande som O. TAMM (1925) tidigare visat. För övrigt gäller att Fe-halten är mycket låg för de allra flesta proven. I grundvatten från Grenholmen äro



manganhalter vanligare än inom de övriga områdena. Även aluminium tycks vara sällsynt i grundvattnet inom andra områden än Grenholmen. Överhuvud taget visar den kambrosilurpåverkade moränens grundvatten en betydligt större koncentration av alla näringsämnen, men variationsgränserna äro också betydligt större. Inom Bjurforsområdet äro magnesium, kalcium och natrium tämligen konstanta i järnpodsolernas grundvatten. Även kalcium varierar inom tämligen snäva gränser med några få undantag. Stundom förekommer en relativt hög kalciumhalt (se max. värden i tab. 3) i dessa grundvatten, förmodligen beroende på de urkalkförekomster, som finnas i leptitgnejsen i form av smala linser eller sprickfyllnader (jfr HALDEN 1950). Skillnaderna i porfyr- och sandstensmoränerna äro icke stora. Anmärkningsvärt är dock att magnesium förekommer i högre halter i grundvatten från sandstensmoränerna och att porfyrmoränerna synas ha ett lägre pH-värde i sina grundvatten. Diabasmoränerna ha ett betydligt elektrolytrikare vatten, endast kalium-halterna förefalla något lägre än för sandstens- och porfyrrområdena.

Såsom framgår av tabell 3 äro endast ett fåtal analyser sammanställda från övre Dalarnas olika moränområden. Det har inte varit möjligt för förf. att utöka detta material, varför man på nuvarande stadium icke bör draga förhastade slutsatser beträffande analysvärdenas allmängiltighet. Dock må framhållas att en klar skillnad förefinnes mellan de olika områdenas jonkoncentrationer i grundvattnet. Trots att jonslagen växla inom Grenholmen-områdets grundvatten erhålles en viss konstans inom de olika lokalerna på området ifråga. I detta preliminära meddelande ha icke de olika lokalernas grundvatten inom de undersökta områdena redovisats. Det må emellertid framhållas att de stora skillnaderna mellan max.- och min.-värden som erhållits för Grenholmen-området gäller för området i dess helhet och icke för de olika lokalerna.

Dock förekomma vissa variationer inom en och samma lokal i halten av olika jonslag. Denna variation gäller framför allt kalcium. Då provtagningen i de lerigt—grusiga moränerna inom Grenholmen icke alltid medger en direkt uppsugning av grundvatten blir man hänvisad till i moränen inneslutna sand- eller gruslinser. Dessa linsers förbindelse med markytan är obekant, varför det icke är uteslutet att den starkt växlande kalciumhalten kan bero på bl. a. ytvattnets eller ovanför liggande lagers sjunkvattensinfiltration. Även grundvattentytans läge (vid provtillfället) i relation till kalkgränsen i markprofilen må beaktas.

Med hänsyn till att en viss konstans i ledningsförmåga och i koncentration av ett flertal joner erhöles lokalgruppsvis inom geologiskt olikartade områden och att denna konstans enligt tabellerna visade sig vara gällande flera år i följd (även om observationerna icke kunnat ske kontinuerligt) synes det som om grundvattnet tenderar till att stå i jonbytesjämvikt med jorden. Hur snabbt denna jämvikt inställer sig måste bero dels på jordartens kornstorleksammansättning och dels på avrinningsintensiteten. De bägge faktorerna äro beroende av varandra, även om topografien betyder mycket för vattenrörligheten.

Inom Bjurfors kronopark finnas tvenne tallbestånd — Fröbenbenningsbackarnas tallbestånd och Dammsjöbestånden — som uppvisa en för mellansvenska förhållanden hög bonitet. Förvisso är det rörliga grundvattnet av mycket stor betydelse härvidlag. Under det senaste året ha grundvattnets rörelser i Fröbenbenningsbackarna observerats, varvid det fram-



Fig. 1. De utefter sluttning-  
en av Dammsjöbestånden  
placerade mässingsrören äro  
markerade med vita lappar.  
Rören äro som synes utsat-  
ta längs horisontella linjer.  
*The ground water samples  
are drawn out of brass-tubes  
(marked with white sheets  
of paper).*

för allt gällt att fastställa grundvattenytans nivå. Sommaren 1951 gjordes omfattande under-  
sökningar för att bestämma grundvattnets rörelsehastighet. I övre delen av de bägge slutt-  
ningarna grävdes ett antal gropar där koksalt nedlades. Groparna voro så djupa att grundvatt-  
net nåddes. Utefter sluttningarna placerades sedan med jämna mellanrum ett större antal  
mässingsrör, varmed vattenprov kunde uppsugas (se fig. 1). Före försökens början mättes led-  
ningsförmågan i grundvattnet i de olika mässingsrören. Den visade sig vara tämligen exakt  
densamma utefter sluttningarna inom de båda lokalerna. Maximivärdena av Cl-koncentratio-  
nen i de olika rören bestämdes med hjälp av ledningsförmågan. Vid dessa försök erhöles för  
Dammsjöbestånden en grundvattenhastighet av 0,5 m i timmen i rullstengrus, där lutningen  
var 1: 6,5. För Fröbenbenningsbestånden — svallgrus — erhöles för motsvarande lutning en  
något större hastighet. Båda bestånden ligga på sluttningarna av en höjdplatå bestående av  
leptitgnejs, med insprängda grönstengångar. Dessa gångar torde emellertid vara av obetyd-  
lig omfattning. Fröbenbenningsbestånden stå på svallgrus och sand med här och var lig-  
gande linser eller fickor med sandig—moig morän, som förblivit osvallad. Dammsjöbestån-  
den stå till stor del på ett svagt sluttande sandområde invid Dammsjön. Bestånden sträcka  
sig emellertid även upp på ovanför liggande höjdområde, som utgöres av en bergklack utmed  
vilken ett grovt rullstengrus finnes avlagrat och uppför vilket bestånden klättra. Bestånden  
sträcka sig dessutom till en icke oväsentlig del över ett nedanför höjden liggande sandom-  
råde, som är ett par meter mäktigt.

Bestånd med höga boniteter äro icke ovanliga i bevattnade sluttningar. Så är förhållandet  
med Dammsjö- och Fröbenbenningsbestånden. Det vore därför intressant att göra en upp-

skattning av de mängder av växnäringsämnen, som med grundvattnet passerar ned genom marken varje år. De ovan framförda analysresultaten ha visat att grundvattnet tenderar till att stå i jonbytesjämvikt med jorden under långa tidsperioder med undantag för vissa smärre variationer under vintern och sommaren. Med utgångspunkt från medelvärdena inom Bjurforsområdet järnpodsolområden är det därför möjligt att beräkna den årliga medelhalten av olika växnäringsämnen i det rinnande grundvattnet. Årsnederbörden för Bjurforsområdet är ca 550 mm och infiltrationsområdet för den 2 ha stora sluttning, där en del av Fröbenbenningsbestånden finnas, är beräknad till 9 ha. Den årliga nederbörden inom detta område blir alltså 49 500 m<sup>3</sup>. I Fröbenbenningsbestånden har grundvattendjupet under två observationsår varit 8—10 cm högt (från underliggande berggrund räknat). Tack vare de lösa avlagringarnas ringa mäktighet ha dessa bestämningar av grundvattennivåns läge kunnat göras ganska enkelt i samband med provtagningarna. Längre ned i sluttningen blir grundvattenståndet högre. De angivna grundvattenståndssiffrorna gälla sålunda endast för själva sluttningen. Tyvärr omfatta de utförda observationerna av grundvattenytans läge endast de tidpunkter som finnas angivna i tabell 1.

Om porvolymen för ifrågasvarande jordart inom Fröbenbenningsbackarna är ungefär 37 % och medelgrundvattendjupet 9 cm kommer det vattenskikt, som silar nedför sluttningen — om sålunda jordartens volym frånräknas — att vara drygt 3 cm mäktigt. (Härvid bortses från att grundvattenståndsmätningarna icke ske vinkelrätt mot sluttningens plan). Sluttningen där dessa försök utförts är ca 200 m bred och 100 m lång. Nedanför sluttningen fortsätter de vackra tallbestånden, men här blir det mäktiga sand- och grusavlagringar på hårt packad morän med ett betydligt högre grundvattenstånd. Även andra grundvattentillskott än de som direkt komma från sluttningen tillskjuta här. Det är sålunda endast *själva* sluttningens grundvattenförhållanden som undersökts.

Det rinnande grundvattnets hastighet i sluttningen har bestämts till 0,5 meter i timmen (se ovan) och dess skiktjocklek till 3 cm, varför det utefter den 200 m breda sluttningen sker en ständig tillrinning av 3 m<sup>3</sup> i timmen. Sluttningen mottager på ett år 26 280 m<sup>3</sup>. Nederbörden inom själva försöksytan har därvid förbisetts. I tabell 3 finnas medelvärdena av näringshalterna i Bjurforsområdets järnpodsolområden angivna. Med utgångspunkt från dessa ha i nedre delen av tabell 2 beräknats de näringsmängder som transporteras av grundvattnet genom *den undersökta sluttningen* pr år. Förf. har här tillåtit sig att ange mängden pr ha. Dessa siffror gälla sålunda *endast* för denna sluttning med dess längd, tillhörande infiltrationsområde etc. Om själva sluttningen varit längre än 100 meter hade givetvis samma tillförda näringsmängd fått delas upp på ett större antal ha. Man får hela tiden ha i minnet att det är en kort sluttning som undersökts och att den i grundvattnet erhållna konstanta näringshalten är ett uttryck för den jämvikt som uppnås genom: Den genom grundvattnet tillförda mineralnäringsmängden ökad med det näringstillskott som kommer ovanifrån genom vittring, urlakning etc. men minskad med de näringshalter vegetationen tillgodogjort sig ur det tillförda grundvattnets förråd. Hade undersökningen utförts i en betydligt längre sluttning under motsvarande omsändigheter hade förmodligen mera differentierade näringshalter erhållits utefter sluttningen.

Ställas de erhållna värdena i relation till de efter EBERMAYER (1876) sammanställda mängderna (tab. 2) av den årliga förbrukningen för tall- resp. granskog får man en viss uppfattning om det rörliga grundvattnets betydelse i sluttningar, där de lösa avlagringarna icke äro alltför *måktiga*. Den av EBERMAYER anförda växtmasseproduktionen var för såväl gran som tall större än vad som uppnås inom Fröbenbenningsbestånden. I Fröbenbenningsbestånden tillför det rinnande grundvattnet magnesium- och natriumhalter som överstiga EBERMAYERS värden, medan kalium icke uppnår motsvarande mängder. Det årliga näringsutbudet av kalcium är större än EBERMAYERS mineralnäringsförbrukning för tallskog, men lägre än motsvarande värde för granskog. Utbudet av näringsämnen i bevattnade sluttningar är förvisso mycket stort och i ovanstående fall är det den av vegetationen *icke* utnyttjade näringstillgången, som förf. försökt bestämma. Trädens rötter bliva tämligen utvecklade, vilket synes i de rotvältor, som ofta uppstår inom Fröbenbenningsbestånden. Även om grundvattnet inte har höga halter av näringsämnen, så blir den ständiga tillförseln tillräcklig för att träden bekvämt skola kunna tillfredsställa sina mineralnäringsbehov (C. O. TAMM 1951).

Jämföras de genomsnittliga halterna i grundvattnet av de olika jonslagen inom Bjurforsområdet och Norrtäljeområdet skulle enorma mängder av utlösta växtnäringsämnen passera trädens rötter i likartade sluttningar i det senare området. Undersökningar därav ha inte utförts, men den lerhalt Grenholmens moräner har — även om den icke är stor — motverkar till en viss grad alltför snabba grundvattenrörelser. Ytavrinningen inom området blir av den anledningen dessutom ganska stor.

Ovanstående beräkningar av näringsämnenas transport med det rinnande grundvattnet utefter en sluttning och omfattningen av denna transport vila på vissa bestämda förutsättningar. Vattenhastigheten är exempelvis bestämd under några sommarmånader, varför de erhållna värdena på vattnets rörlighet blivut annorlunda än de som gälla för de övriga årtiderna. Fluktuationer i grundvattenståndet kunna finnas, även om grundvattenytans läge på de undersökta lokalerna varit tämligen konstant. Dessutom har beräkningen av mineralnäringsstillgången inom provytan gjorts när det analyserade materialet synes visa att grundvattnet står i en viss jonbytesjämvikt med jorden, även om grundvattnet är tämligen rörligt.

#### SAMMANFATTNING.

I de här framlagda materialet av grundvattenanalyser från ett flertal områden med väsentligt olika geologiska förutsättningar har en tydlig skillnad mellan de olika områdenas grundvatten framkommit. Inom varje undersökt område är ledningsförmågan liksom koncentrationen av de olika jonslagen karaktäristisk och växlar inom snäva gränser. Om man sålunda som villkor sätter att grundvattnet står i jonbytesjämvikt med jorden — även då en förhållandevis stark genomslinng kan förekomma — har det varit möjligt för förf. att belysa omfattningen av den näringstransport, som sker genom det utefter sluttningar rinnande vattnet.

En viss periodicitet i grundvattnets ledningsförmåga har även kunnat påvisas. Sålunda erhålles en högre ledningsförmåga hos grundvattnet dels under mitten av sommaren och dels under december—februari.

Tabell 2

Jämförelse mellan den årliga mineralnäringsförbrukningen (A) i gran resp. tallskog (sammanställd efter EBERMAYER) och den beräknade årliga mineralnäringsstillgången (B) i det rörliga grundvattnet i en sluttning vid Bjurfors, (Fröbenbenning) allt beräknat pr år och ha.

*Comparison between the annual consumption of nutrients (A) of spruce and pine (from EBERMAYER) and the calculated annual supplies (B) of nutrients in the ground water flowing down a slope at Bjurfors (Fröbenbenning).*

A:

	Årlig växtmasseproduktion per ha och ton. <i>The annual increment of wood and litter in kilograms per hectare</i>			Mineralförbrukningen per ha och kg. <i>The annual nutrient consumption in kilograms per hectare</i>				
	Ved <i>Wood</i>	Förna <i>Litter</i>	Totalt <i>Total</i>	K	Na	Ca	Mg	Totalt (aska) <i>Ash</i>
Granskog ..... <i>Spruce</i>	3,4 (9,0 m <sup>3</sup> )	3,0	6,4	7,4	1,6	50,0	5,4	158,5
Därav i gagnvirke + brännved ..... <i>Therefrom valuable timber + firewood</i>	2,9	—	—	1,7	0,2	4,7	0,8	14,3
Tallskog ..... <i>Pine</i>	3,2 (6,3 m <sup>3</sup> )	3,2	6,4	6,1	1,7	20,6	3,9	63,1
Därav i gagnvirke + brännved ..... <i>Therefrom valuable timber + firewood</i>	2,6	—	—	1,4	0,07	4,9	0,7	11,1

B:

Mineralnäringsämnen i kg (per år och ha), som transporteras av det rinnande grundvattnet utefter en sluttning vid Bjurfors kronopark (Fröbenbenningen) där lutningen är 1:6,5. Vattnets rörelsehastighet är 0,5 meter i tim. Grundvattendjupet är i genomsnitt 3 cm (korrigerat med hänsyn till packningsgraden). Sluttningens bredd 100 m.

*The calculated annual supplies (in kilograms per hectare) of nutrients in the ground water flowing down a slope at Bjurfors. The rate of flow water 0,5 metre per hour, determined for a fall of 1 in 6,5 metre.*

K = 5,3

Na = 36,8

Ca = 39,4

Mg = 17,1

Tabell 3

Sammanställning av grundvattenanalyser. De angivna värdena utgöra medeltal av samtliga analyser inom området. Där parenteser förekomma innebär det att antalet analyser med ifrågavarande jonslag varit allt för få för att ett representativt medelvärde skall erhållas. Analysiffrorna avse mg/l. För syre är mängden uttryckt i antal ml löst syre per liter: pH och  $\kappa$  äro beräknade vid 20 °.

*Ground water analyses. The analyses are recorded in mg per litre, with regards dissolved oxygen in ml per litre; pH and the conductivity ( $\kappa$ ) are determined at 20° C. The values of the analyses are arithmetical means. Parenthesis are used when the number of analyses is insufficient.*

1. Leptite-gneiss moraine, normal iron podsol. 2. Leptite-gneiss moraine, iron humus podsol or humus podsol. 3. Archaean moraine with cambro-silurian material, brown earth. 4. Sandstone moraine, lichen podsol. 5. Porphyry moraine, iron podsol. 6. Dolerite moraine, iron podsol. 7. Sand of glacio-fluvial origin, iron podsol. 8. Upper bed of wave washed gravel and a lower bed of glacial clay.

Undersöknings- område:	SiO <sub>2</sub>	Al	Fe <sup>++</sup>	Fe <sup>+++</sup>	Mn	Mg	Na	K	Ca	O <sub>2</sub>	pH	$\kappa$ vid 20°	Antal analyser Number of analyses
1. Bjurfors, leptit- gnejsmorän, järn- podsolområde med husmosskog med tall och gran. Blå- bärsskog vid ut- glesning. Max- o. min-vär- den ..... Range of variation	12,0  5,1—21,5	(0,3)  —	0,2  0—0,6	0,6  0—1,0	0  —	1,3  0,8—1,6	2,8  2,0—3,6	0,4  0,1—0,8	3,0  2,0—5,0	0,5  0,1—0,8	6,6  6,2—6,9	32.10 <sup>-6</sup>  30—38.10 <sup>-6</sup>	55  (9/8 1949— 18/1 1952)
2. Bjurfors, leptit- gnejsmorän. Järn- humus- och hu- muspodsol, oftast svagt utbildade. Smärre vitmoss- fläckar inom före- gående område. Max- o. min-vär- den ..... Range of variation	15,5  8,5—23,7	(0,2)  —	1,1  0,1—5,0	0,2  0—0,8	0,2  —	1,0  0,5—1,7	3,7  0,9—6,0	0,7  0,4—1,0	5,6  2,2—9,8	0,3  0—0,8	6,4  6,0—6,8	59.10 <sup>-6</sup>  36—88.10 <sup>-6</sup>	43  (10/8 1949— 18/1 1952)
3. Grenholmen, gnej- sig urgranitberg- grund med av kambrosilurberg- arter påverkad mo- rän. Brunjord, ört- rik granskog, stun- dom mossrik, stun- dom inslag av ädla lövträd. Max- o. min-vär- den ..... Range of variation	15,7  8,5—24,7	0,2  0—0,6	—  —	—  —	2,9  0—4,3	4,2  2,5—10,8	9,3  3,7—19,3	3,2  0,6—8,0	79,5  36,0—128,9	1,0  0,1—0,8	7,1  6,3—8,1	420.10 <sup>-6</sup>  310—640.10 <sup>-6</sup>	45  (15/7 1949— 22/2 1952)



## *Summary*

### INFLUENCE OF GEOLOGICAL ENVIRONMENT ON THE COMPOSITION OF THE NUTRIENTS IN SOLUTION IN GROUND WATER

The samples of ground water have been collected during three years. It is pointed out that the concentrations of the nutrients from different ground water are almost constant (except small seasonal deviations, Tab. 1) and in reality characteristic for the different kinds of bedrock or glacial deposite (Tab. 3). On account of these small annual variations, it is suggested that there exist an ionic exchange equilibrium between the solid phase of the soil and the soil solution even if the rate of the ground water is rapid.

Flowing water, percolating in the soil, always seems to have a strongly stimulating effect on the growth of trees as well as on natural vegetation in general. According to this, investigations have been made to find out the annual amount of nutrients, which is transported in flowing ground water on forest slopes (Tab. 2). These investigations are possible, only if the above mentioned ionic exchange really is in equilibrium.

## *Litteratur*

- ALMBERGER, P. och MATTSSON MÅRN, B. Markkartering av Grenholmens gård, utförd 1946. Opublicerad.
- EBERMAYER, E. Die gesammte Lehre der Waldstreu. Berlin 1876.
- EKSTRÖM, G. Markläran i dess relation till geologien samt hydrologien. G. F. F. Bd 68. H. 2. 1946.
- Marklära, särtryck ur Jordbrukslära, 7:de upplagan 1951.
- HALDEN, B. E. Korpberget vid Viksberg i Salem, Södermanland, jämte några ord om biotoperna för *Asplenium ruta-muraria* och hassel. Svensk Bot. tidskr. Bd 44, H. 4. Uppsala 1950.
- JOHANSSON, S. Om jord och vatten på Lanna försöksgård. S. G. U. Ser C, Nr 461 1944.
- NYDAHL, F. Rapid Procedures for the Determination of Manganese in Soil Extracts and Plants. K. L. H:s Annaler 1949, Vol. 16.
- ROMELL, L. G. Luftväxlingen i marken som en ekologisk faktor. Medd. fr. Stat. skogs-försöksanstalt 19. Stockholm 1922.
- TAMM, C. O. Markförbättringsförsök på mager sand. Undersökningar på Mölna försöksfält nära Vaggeryd i Småland. Medd. fr. Stat. skogsforsk. inst. Bd 36. Nr 7. 1947.
- Våra möjligheter att undersöka skogens näringsbehov. Medd. fr. Stat. skogsforsk. inst. Ser. uppsatser nr 18, 1951.
- TAMM, O. Grundvattenrörelser och försumpningsprocesser belysta genom bestämningar av grundvattnets syrehalt i nordsvenska moräner. Medd. fr. Stat. skogs-försöksanstalt 22. 1925.
- Studier över jordmånstyper och deras förhållanden till markens hydrologi i nordsvenska skogsterränger. Medd. fr. Stat. skogs-försöksanstalt 26. 1931.
- Ett försök till klassifikation av skogsmarken i Sverige. Medd. fr. Stat. skogs-försöksanstalt 28. 1935.