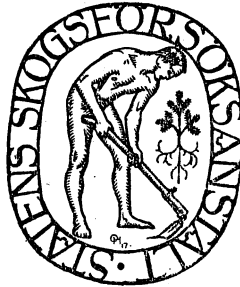


GRUNDVATTENRÖRELSER OCH FÖRSUMP- NINGSPROCESSER BELYSTA GENOM BE- STÄMNINGAR AV GRUNDVATTNETS SYRE- HALT I NORDSVENSKA MORÄNER

*GRUNDWASSERBEWEGUNGEN UND VERSUMPUNGSPROZESSE, DURCH SAUERSTOFF-
ANALYSEN DES GRUNDWASSERS NORDSCHWEDISCHER MORÄNEN ERLAUTERT*

AV

OLOF TAMM



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFTE 22 · N:o 1

MEDDELANDEN
FRÅN
STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 22. 1925

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

22. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

N:o 22

BULLETINS DE LA STATION DE RECHERCHES
DES FORÊTS DE LA SUÈDE

N:o 22



REDAKTÖR:
PROFESSOR HENRIK HESSELMAN.

INNEHÅLL:

	Sid.
TAMM, OLOF: Grundvattenrörelser och försumpningsprocesser be- lysta av grundvattnets syrehalt i nordsvenska moräner	1
Grundwasserbewegungen und Versumpfungsprozesse, durch Sauer- stoffanalysen des Grundwassers nordschwedischer Moränen erläutert	38
ROMELL, LARS-GUNNAR: Växttidsundersökningar å tall och gran ...	45
Recherches sur la marche de l'accroissement chez le pin et l'épi- céd durant la période végétation	117
ROMELL, LARS GUNNAR: Till kottklängningens teori och praxis	125
Zur Theorie und Praxis des Klengprozesses.....	138
PETRINI, SVEN: Tillväxtprocentens beräkning	145
The calculation of the increment percent by the compound interest method	165
HESSELMAN, HENRIK: Studier över barrskogens humustäcke, dess egenskaper och beroende av skogsvården	169
Studien über die Humusdecke des Nadelwaldes, ihre Eigenschaften und deren Abhängigkeit vom Waldbau.....	508
PETRINI, SVEN: Om uppskattningen på försöksparkerna.....	553
Redogörelse för verksamheten vid Statens skogsförsöksanstalt under år 1925. (Bericht über die Tätigkeit der Forstlichen Ver- suchsanstalt Schwedens im Jahre 1925; Report on the work of the Swedish Institute of Experimental Forestry).	
Allmän redogörelse av HENRIK HESSELMAN	574
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung; Forestry division) av HENRIK PETTERSON	574
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Abteilung; Botanical-geological division) av HENRIK HESSELMAN	585
III. Skogsentomologiska avdelningen (Forestentomologische Abteilung; Entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH.....	586
IV. Avdelningen för förnygringsförsök i Norrland (Abtei- lung für die Verjüngungsversuche i Norrland; Division for afforestation problems in Norrland) av EDVARD WIBECK	588



GRUNDTVATTENRÖRELSER OCH FÖRSUMPNINGSPROCESSER BELYSTA GENOM BESTÄMNINGAR AV GRUNDTVATT- NETS SYREHALT I NORDSVENSKA MORÄNER.

Moränmarkerna i övre Norrland kännetecknas som bekant därav att en betydande areal täckes av torv. Ofta föreligger ett system av oregelbundet formade torvmarker med gransumpskogar, mossar och andra torvmarkssamhällen. För studiet av försumpningsprocesserna har Skogsförsöksanstalten sedan flera år tillbaka å dylika terränger anlagt trenne försöksfält, varav två i övre Norrland. År 1915 överlämnade föreståndaren för Skogsförsöksanstaltens naturvetenskapliga avdelning, prof. H. HESSELMAN, åt mig att bearbeta de problem, som äro förknippade med jordmånsbildningsprocesserna i moränerna inom försumpade marker, varvid de ovannämnda försöksfälten jämte deras omgivningar borde i huvudsak utgöra mitt arbetsområde. Då de båda norrländska försumpningsområdena, inom vilka försöksfälten placerats, blivit utvalda med största omsorg såsom representerande typiska förhållanden, erbjuda de ett i alla avseenden lämpligt material för ett detaljstudium av sumpmarkernas jordmånsbildningsprocesser. Slutsatser, dragna därstädes, torde mången gång äga räckvidd över ett betydande område i Nord-Sveriges skogsområde, särskilt trakterna ovan marina gränsen. För denna omfattande och intressanta arbetsuppgift står jag i stor tacksamhetsskuld till professor HESSELMAN, liksom för ett stort antal givande demonstrationer och diskussioner, varvid han har satt mig in i problemen.

Sedan jag nu med olika avbrott från 1915 bearbetat de ovan angivna företeelserna, synes ett publicerande av de vunna resultaten kunna begynna. Om därvid början göras med det moräna grundvattnets syrehalt och den inblick i grundvattnets rörelse, som vunnits genom studium av dess syrehalt, så beror detta på att dessa resultat kunna ha direkt värde för praktiken, samtidigt som de äro betydelsefulla för uppfattningen av åtskilliga processer i marken.

HESSELMAN har i sitt arbete »Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet» (HESSELMAN 1910)

i stora drag klarlagt frågan om syrehalten i de norrländska torvmarker-
nas grundvatten. Han har visat upp (s. 120, 100) att grundvattnet på
omkring 20 cm:s djup i olika torvmarker är fullkomligt syrefritt. Or-
saken till detta förhållande är torvens och i allmänhet humusämnenas
stora förmåga att upptaga syre. Stagnerande vatten som ej omröres
och som står i beröring med torv förlorar sålunda inom kort sin ur-
sprungliga syrehalt (l. c. s. 99, 100). Även har H. undersökt grund-
vattnet i moränerna genom att bestämma syrehalten i vattnet i upptagna
brunnar för observationer av grundvattenståndets växlingar.

MALMSTRÖM (1923, s. 70—71) har inom Degerö stormyrns område
invid det ena av de båda norrländska försöksfälten, det vid Kulbäcks-
liden i Västerbotten, även gjort en mängd analyser av vattnets syrehalt
i olika torvmarker och källor. Hans resultat överensstämmer fullkomligt
med HESSELMANS. Det är sålunda till fullo ådagalagt att grundvattnet
inom torvavlagringars djupare nivåer är syrefritt.

Vid mina undersökningar över markprofilens egenskaper i marker med
tunt eller mäktigare torvtäcke observerade jag talrika fall av limonit-
bildningar (s. k. gleyhorisonter, se FROSTERUS, 1914, s. 70) även under
ganska mäktiga, i botten ständigt vattenmättade torvavlagringar, där
alltså den atmosfäriska luftens tillträde var fullkomligt uteslutet. Gley-
bildningarna ha allmänt ansetts uppkomma på det sätt, att underifrån
kommande, järnhaltigt grundvatten möter luftens syre, antingen gasfor-
migt eller upplöst i uppifrån kommande vatten (jfr FROSTERUS l. c.).
Även om de av mig under mäktig torv observerade limonitbildningarna
kunna tänkas ha uppkommit vid en tidpunkt, då den täckande torven
ej var så mäktig och därför ej utgjorde ett hinder för nedträngandet av
luftens syre, så var det påfallande att limoniten förmår hålla sig kvar i
den reducerande miljö, som grundvattnet under en mäktig torv troddes
utgöra. I vissa andra snarlika fall (jfr TAMM 1920, s. 196) har jag kunnat
iakttaga tecken till järnföreningarnas reduktion och upplösning.

Då ROMELL (ROMELL 1922) utförde sina undersökningar angående
markens genomluftning och markluftens syrehalt, föranledde jag honom
att undersöka moränluften i ett par lokaler med mäktig torv över morän,
varom han i sitt arbete ger en redogörelse (l. c. s. 217). ROMELL
fann en betydande syrehalt i de luftprov, som han lyckades uppsuga
ur dessa moräner, men i allmänhet fick han ingen luft utan endast
vatten i den sond, som han konstruerat för att uppsamla prov av mark-
luften. Detta ingav mig tanken att använda den av ROMELL utarbetade
borr- och sugtekniken (l. c. s. 186) för att upphämta grundvattens-
prov i och för allehanda kemiska undersökningar. Man skulle här-
igenom kunna få ett rikare material än det av HESSELMAN genom brunns-

grävningar anskaffade för att belysa syrehalten i det moräna grundvattnet utanför och under torvavlagringarna i liderna. Det lyckades mig också småningom att konstruera en jordborr med pump med vars hjälp jag, om ock stundom efter åtskilliga svårigheter, kan på ett tillfredsställande sätt taga upp prov i vanlig urbergsmorän.

Beskrivning på den använda provtagningsapparaten.

Min jordborr består av ett mässingsrör av 5 mm:s inre diameter och 1 mm:s vägg tjocklek. Längden kan vara olika, den mest lämpliga är 150 cm, om än i vissa fall ända till 2 m kan vara bäst. Inuti röret befinner sig en cylindrisk kärna av s. k. silverstål, 4,5 mm:s diameter, vilken är något litet längre än mässingröret och i ena änden slutar i en spets, i den andra är väl fastgjord i ett cylindriskt eller sexsidigt handtag av starkt material och en diameter av c:a 20 mm. Genom att med en hammare slå med korta, lätta slag på handtaget driver man ned borren i jorden. I morän träffar man därvid naturligtvis ej sällan stenar. Om borrens infallsvinkel mot stenens yta är 90 grader och stenen är av någorlunda storlek, måste i regel ett annat borrhål väljas, såvida man önskar nedtränga på större djup. I de flesta fall är vinkeln emellertid mindre än 90 grader och då visar borren en underbar förmåga att slingra förbi stenen, samtidigt som denna något rubbas i sitt läge. Det lyckas sålunda i de ungefär normalt steniga moräner, som förekomma ovan marina gränsen i försöksparken Kulbäcksliden och Piteå kronopark vid Rokliden, att nästan var som helst nedtränga inemot 1,5 m med denna enkla borrhapparatur. När borren drivits ned till önskat djup, uppdrages kärnan och en slang fästes vid röret i och för uppsugning av vatten. Om man vill gå ned på större djup än borrhållängden, måste man först gräva en grop. På så sätt lyckas det vanligen tämligen lätt att komma ned till ett djup av 1 à 1¹/₂ m + borrhållängden. När det gäller provtagning ur morän under ett tämligen mäktigt torvlager (mer än 50 cm), måste detta i regel först genomgrävas så att mineraljorden såras, ty eljest kan man ej ens med anlitande av högsta vacuum få upp något vatten.

Inom de i Kulbäckslidsområdet förekommande ändmoränstråken (MALMSTRÖM, l. c. s. 9) är det ofta omöjligt att nedtränga med min borr på grund av den stora mängden stenar. I lermarker är det visserligen mycket lätt att driva ned borren, men utom i de allra översta lagren är det omöjligt att få något vatten ens med anlitande av högsta vacuum.

Sugningen åstadkommes med en liten kvicksilverpump av glas, vars båda behållare rymma vardera c:a 50 ccm. Pumpen kan lämpligen upphängas på ett fotografistativ. Man pumpar först långsamt med användande av ett mycket svagt vacuum. Ofta kommer med detsamma en

vattenström, som dock i regel är grumlig. Ju långsammare man suger, desto klarare blir vattnet och efter att ha bortkastat en pumpkannas innehåll får man i regel ett fullt användbart prov.

Sedan pumpkannan blivit fylld med vatten, tryckes detta försiktigt ut i en provflaska, som fylles till halskanten, varefter den väl inslipade proppen omedelbart insättes utan att någon luftblåsa får bildas. Analysen verkställdes sedan omedelbart eller högst efter några få timmar. Vid början av mina vattenundersökningar, sommaren 1922, voro mina provflaskor av storleken c:a 125 ccm, varvid pumpkannan måste fyllas trenne gånger för att kunna fylla en flaska. Ehuru genom försök utrönt, att denna provtagningsmetod såtillvida var tillfredsställande, att den ej orsakade någon mätbar syreabsorption, trots att provflaskan stundom fick stå ända till 20 minuter med vattenytan i beröring med luften, så var det dock en betydande nackdel med så stor provvolym. Dels tog det hela ofta onödigt lång tid, dels är det givet, att ju större ett vattenprov är, desto mindre säkert är det att det kommer från just den nivå, som borren sänkts ned till. Jag övergick därför att taga proven i flaskor av c:a 32 ccm:s volym, varvid en enda pumpkanna väl räckte till att fylla en provflaska. På detta sätt äro alla undersökningar från sommaren 1924 utförda. Det blev härigenom också på ett helt annat sätt möjligt att taga massprov.

Analysmetod.

Analysmetod var den vanliga Winklerska syrebestämningsmetoden med mangansulfat, jodkaliumhaltig natronlut, saltsyra samt titrering av den frigjorda joden med tiosulfat. För att med tillfredsställande säkerhet kunna titrera prov av blott 25 ccm:s volym använde jag en byrett, som var indelad i $1/50$ ccm. Vid titreringen måste ofta härvid användas halva droppar eller ännu något mindre för att avfärga vätskan.

För att med trygghet kunna använda den ovan beskrivna undersöknings-tekniken utfördes kontroll dels av metodens noggrannhet, dels över inflytandet på vattnets syrehalt av evakueringen vid provtagningen, dels över inflytandet av mineralslam på analyserna. Det var nämligen endast i undantagsfall, som analysproven voro aldeles slamfria. Beträffande humushalten, som stundom förekommer, har HESSELMAN (l. c. s. 96) uppvisat att den ej utövar någon skadlig inverkan vid analysen.

1. Metodens noggrannhet.

Ett större, klart källvattensprov omblandades väl och ihölldes försiktigt i fyra 32-ccm:s flaskor, i vilka Winkler-analys utfördes. I stället för att titrera direkt på den volym vätska, som fanns i flaskorna, uttogs städse för titreringen 25 ccm vätska sedan joden blivit frigjord genom tillsats av saltsyra. Härvid

måste en liten korrektion för de tillförda mängderna av olika lösningar göras. Då de tillförda lösningarnas volym i varje analys var c:a 0,6 ccm, har jag städse räknat med 24,6 ccm vatten i stället för 25 ccm. De tämligen små variationerna i flaskornas volym elimineras på detta sätt (deras inflytande på korrektionens storlek kan försummas).

Tab. 1. Analysmetodens noggrannhet.
Die Genauigkeit der Analysenmethode.

Provflaska Probeflasche mit demselben Wasser	Ccm tiosulfat	Av tiosulfatåtgången beräknad syrehalt i ccm av 0°, 760 mm tryck per l vatten. Sauerstoff pro l Wasser in ccm, 0°, 760 mm.
1	1,66	6,70
2	1,66	6,70
3	1,66	6,70
4	1,66	6,70

Noggrannheten är tillfredsställande.

2. Evakueringens inflytande på syrehalten i vattenproven.

Från botten av en kallkälla uppsögs ett vattenprov på vanligt sätt. Sugningen gick härvid naturligtvis momentant. Sedan detta prov på vanligt sätt fyllts på en provflaska, sögs genast ett nytt prov upp utan någon rubbning av pumpröret. Detta prov fick emellertid stå i 20 minuter under högsta vacuum (= vattenångans eget tryck) i pumpkannen, varefter det fylldes i en annan provflaska. Härefter analyserades de båda proven. Försöket upprepades ännu en gång. Källans temperatur var 4,4°, luftens 13,4°. Resultatet framgår av tab. 2.

Tab. 2. Evakueringens inflytande på syrehalten.
Der Einfluss des Evakuierens auf den Sauerstoffgehalt der Wasserproben.

	Syre i ccm per l vatten. Sauerstoff in ccm pro l Wasser.	Syre i därmed mättat vatten vid 4,4°. Sauerstoffgehalt bei Sättigung, 4,4°.	Syre i därmed mättat vatten vid 13,4°. Sauerstoffgehalt bei Sättigung, 13,4°.
Källvattnet	8,23	8,67	—
Quellwasser, 4,4° C.			
Källvatten efter evak.	7,10	—	7,22
Dasselbe nach Evakuieren, 13,4° C.			
Källvattnet	7,93	8,67	—
Quellwasser, 4,4° C.			
Källvattnet efter evak.	7,18	—	7,22
Dasselbe nach Evakuieren, 13,4° C.			

Av tab. 2 framgår dels att det använda källvattnet var från början ganska nära syremättat, varigenom det naturligtvis vid evakueringen borde under 20 mi-

nuter vara i stånd att avge relativt mycket syre. I själva verket har, som tabellen visar, dock ej mera syre avgivits än vad som motsvarar den övermätning som skulle ha uppstått om vattnet fått uppvärmas till lufttemperatur utan att syre hade avgivits. Försöket visar tydligt, att ett på syre mycket rikt vatten efter 20 minuters evakuering kvarhåller i det närmaste så mycket, som motsvarar mättningsgraden vid atmosfärstryck vid temperaturen ifråga. Då de flesta uppsugna prov ej innehållit så mycket syre som de i tab. 2 anförda och sugningstiden sällan nämnvärt överskridit 20 minuter, är tydligtvis syreavgivningen under uppsugningen av mindre betydelse. Dock kan man aldrig exakt bestämma den mättningsgrad, som vattnet äger nere i marken, även om man bestämde markens temperatur på motsvarande nivå. I det följande har därför ej tagits någon hänsyn till vattnets temperatur, som naturligtvis växlat beroende på det djup, från vilket provet tagits och andra orsaker.

3. Mineralslammets inverkan på analysresultaten.

En större flaska fylldes med källvatten, i vilket syrehalten omedelbart förut befunnits vara 6,70 ccm per l (se tab. 1). En betydande mängd moränslam (från en annan sugning) tillsattes, varefter syrehalten bestämdes i det slamrika vattnet. Samma försök upprepades därefter med en mindre slammängd. Analyserna gävo för det slamrikare vattnet 5,28 resp. 5,36 ccm syre per l, för det slamfattiga 5,95 resp. 5,95 ccm syre per l. Före avpipetterandet av titreringsprovet hade slammets sedimentera till allra största delen.

En 150 ccm-flaska fylldes med slamrikt och därtill humushaltigt vatten av låg syrehalt. Flaskan fick stå och sedimentera en stund, varefter med en pipett försiktigt uttogos prov med olika slamhalt från olika nivåer i flaskan. Vid utförandet av analysen fick slammets sedimentera före avpipetterandet av prov för titreringen. Resultatet framgår ur tab. 3.

Tab. 3. Mineralslammets inflytande på analysresultatet.
Der Einfluss des Mineralschlammes.

Provets beskaffenhet. Ein und dasselbe Wasser mit verschiedenem Gehalt an Mineralschlamm.	Syrehalt i ccm per l. Sauerstoffgehalt, ccm pro l.
Svagt opaliserande.....	1,43
Schwach opalisierend.	
Starkt opaliserande	1,43
Stark opalisierend.	
Grumligt.....	1,25
Trübe.	
Slamrikt	1,03
Reich an Schlamm.	

Det är omöjligt att mineralslammet i märkbar grad absorberar jod, som därför undandrages titreringen. För att avhjälpa detta gjordes försök på liknande sätt med ett större slamrikt vattenprov, från vilket efter sedimentering olika analysprov uttogos. Vid avpipetterande av den kvantitet, som skulle titreras, omskakades emellertid provflaskan först grundligt, så att slammets

blev likformigt fördelat i vätskan. Vid mycket hög slamhalt blev vätskan så grumlig, att titreringen blev något försvårad, dock ej omöjliggjord. Tab. 4 visar en dylik analysserie av ett och samma vattenprov med olika slamhalt.

Tab. 4. Mineralslammets inflytande.

Der Einfluss des Mineralschlammes.

Provets beskaffenhet. Ein und dasselbe Wasser mit verschiedenem Gehalt an Mineralschlamm.	Syrehalt i ccm per l. Sauerstoffgehalt, ccm pro l.
Klart	3,75
Klar.	—
Klart	3,71
Klar.	—
Grumligt.....	3,75
Trübe.	—
Slamrikt	3,71
Reich an Schlamm.	—
Slamrikt	3,78
Reich an Schlamm.	—

Tab. 5. Mineralslammets inflytande.

Der Einfluss des Mineralschlammes.

Provets beskaffenhet. 3 Wasserproben. Verschiedene Gehalte an Mineral- schlamm.	Syrehalt i ccm per l. Sauerstoffgehalt, ccm pro l.
Nästan klart	1,10
Fast klar.	—
Slamfattigt	1,02
Wenig Schlamm.	—
1. Slamfattigt	0,82
Wenig Schlamm.	—
Slamrikt.....	1,10
Reich an Schlamm.	—
Slamrikt.....	1,22
Reich an Schlamm.	—
Nästan klart	0,85
Fast klar.	—
Grumligt	0,77
Trübe.	—
2. Mera grumligt	0,89
Mehr Schlamm.	—
Mycket slamrikt	1,22
Sehr schlammreich.	—
Opaliserande	0,05
Opalisierend.	—
3. Grumligt	0,05
Trübe.	—
Mycket slamrikt	0,04
Sehr schlammreich.	—

Tab. 4 visar, att om slammet är med vid titreringen går absorptionen av joden tillbaka så fort, att analysresultatet ej påverkas av slammet. För att kontrollera saken även vid låga syrehalter, utfördes ytterligare dylika undersökningar på tre vattenprov, som utom slamhaltiga även voro humusrika (gula till färgen, se tabell 5).

Tab. 5 visar att slamhalten kan förorsaka små oregelbundenheter i analysresultaten. Orsaken härtill är nog dels att slammet i någon mån adsorberar löst syre, dels kanske den svårighet, som föreligger att hålla slammet likformigt suspenderat i vätskan vid avpipetteringen före titreringen. Det är därför bäst att ej ha mycket slam med i analysproven samt att låta det, som ej kan undvikas, vara med vid titreringen. Efter dessa principer har jag städse arbetat. Endast i undantagsfall ha mycket slamrika prov måst accepteras. Tab. 4 och 5 visar dock att även sådana kunna användas, blott man aldrig fäster vikt vid alltför små differenser i syrehalten. I fall, där det varit omöjligt att erhålla slamfattiga prov, har jag tagit dubbla prov, som fått stå och sedimentera några timmar, varefter den relativt klara vätskan försiktigt nedpipetterats i en tredje flaska, vari analysen utförts. Ofta har det varit nog att låta provet sedimentera en liten stund i den tillslutna pumpkannan. På så sätt har det alltid lyckats att hålla slamhalten inom sådana gränser, att den ej kunnat i högre grad försvåra analysens utförande eller ödesdigert påverka dess noggrannhet.

Då alla analyserna utfördes i samband med fältarbetet utan tillgång på analysväg, kontrollerades titern på den använda tiosulfatlösningen tid efter annan med en känd lösning av kaliumpermanganat, som i sin tur ånyo undersöktes vid hemkomsten till laboratoriet. Permanganatlösningen visade sig därvid vara alldeles oförändrad.

Grundvattnets syrehalt i frisk (oförsumpad) moränmark.

Först må anföras några undersökningsresultat från en moränterräng, som är belägen ovan alla torvmarker och vars vatten därför omöjligan kan röna någon påverkan av dessa. En dylik terräng är den högt ligande moräntäckta Kåtaåsen, å Statens Skogsförsöksanstalts försökspark Kulbäcksliden, Västerbotten. Se fig. 1 och 2.

Vid basen av Kåtaåsens sluttning framvälla ur moränen en rad källor (se fig. 2), vilkas vatten enligt MALMSTRÖM (l. c. s. 71) är syrerikt. Då detta källvatten ej kan vara annat än frambrutande grundvatten ur morän (området ligger över marina gränsen, rullstensgrus eller andra urspolade sand- och grusavlagringar finnas ej), antyder redan detta att dessa moränmarkers grundvatten är syrerikt. Då emellertid källådrors vatten (enligt HESSELMAN, l. c. s. 105) kan tänkas under framströmmandet ha blivit syrerikt, har jag sugit upp ett par prov av det moräna grundvattnet i nederkanten på en moränsluttning å Kåtaåsen, se analyserna nr 1 och 2, tab. 6. Detta vatten innehöll 4 à 5 kubikcentimeter syre per liter och kan sålunda betecknas som syrerikt,

om också långt ifrån syremättat vatten. Syremättat vatten vid en temperatur av 5—8 grader, vilken här torde vara den riktiga, innehåller 8 à 8,5 kubikcentimeter syre per liter. Då mina undersökningar av moränmarker i närheten av torvmarker utvisat (se nedan) att även där syrerikt vatten är regel, kan detta resultat utan vidare utsträckas att gälla de av torvmarker alldeles opåverkade moränmarkerna. Dock må kanske undantagas marker med alldeles abnormt mäktiga råhumustäcken, då sådana ej förekomma i de av mig undersökta områdena och därför ej kunnat granskas. De mäktigare humusavlagringar, som här finnas ha alltid torvkaraktär och äro förbundna med höga grundvattenstånd i marken.

Sådana moränmarker, som ligga i närheten av torvmarker eller åtminstone på sådana nivåer, där en grundvattenförbindelse med torvmarker kan tänkas existera, intaga å Försöksparken Kulbäcksliden en betydligt större areal än andra. I sådana moräner ha ett flertal grundvattensprov upptagits och undersökts. För att kunna diskutera resultaten må här först framläggas en del material.

Först må nämnas den låga moränås, som på en sträcka utgör Degerö Stormyrs nordöstra gräns och som delvis faller inom Skogsförsöksanstaltens försöksfält vid Kulbäcksliden, Västerbotten. Lokalens läge i förhållande till myren ses bäst å fig. 1, 2 och 3 (intill skogskojan). Lutningsförhållandena framgå av fig. 1. Degerö stormyr, vars bredd här är cirka 1,200 m, sluttar mot ett område, beläget ungefär 100 m utanför den nämnda moränåsen. Från denna sluttar marken mycket svagt ut mot myren så att moränåsens gräns mot myren ligger c:a $\frac{1}{2}$ m ovan myrens lägsta parti. Moränmarken höjer sig sedan knappt en meter ovan myrens gränslinje. Myrens bottenlager utgöres av torvdy, som av MALMSTRÖM visats vara mycket svårgenomsläpplig för vatten (M. l. c. s 112—113). Först c:a 150 m utåt myren från dess kant består dess bottenlager av genomsläppliga torvslag.

Analyserna nr 5—49 tab. 6, punkt 3—6, fig. 3 avse den beskrivna moränåsen. Syrehalten varierar i grundvattnet mellan 1,47 ccm per l vatten, vilket är ett rent undantagsfall, och 8,35 ccm. Det senare värdet (an. 31 och 32) tillkom vattnet i en utpräglad källåder, som framkom vid 250 cm:s djup intill berghällen i en grävd grop. Det i moränen inneslutna grundvattnet 5 cm ovan hällen i samma grop hade samtidigt endast 3,5 ccm syre per liter (an. 33 och 34). Detta är ett vackert bevis för att i moränmarken förekomma utpräglade ådror av grundvatten, som troligen delvis har ett annat ursprung än det grundvatten, som fyller avlagringens huvudmassa.

Även an. nr 29 och 30 visa att vattnet närmast hällen, som framkommer efter längre tids sugning (det fjärde och femte provet från samma sugpunkt) är syrerikare än vad som förekommit i hela den överlagrande moränen. Om proven ur källådersproven frånräknas, är moränvattnets syrehalt i medeltal av 42 analyser 4,51 ccm per liter eller ungefär detsamma som vattnet från Kåtaåsen (an. 1 och 2).

Då hällen nåddes vid grävningen å tvenne ställen och vattnet befanns vara

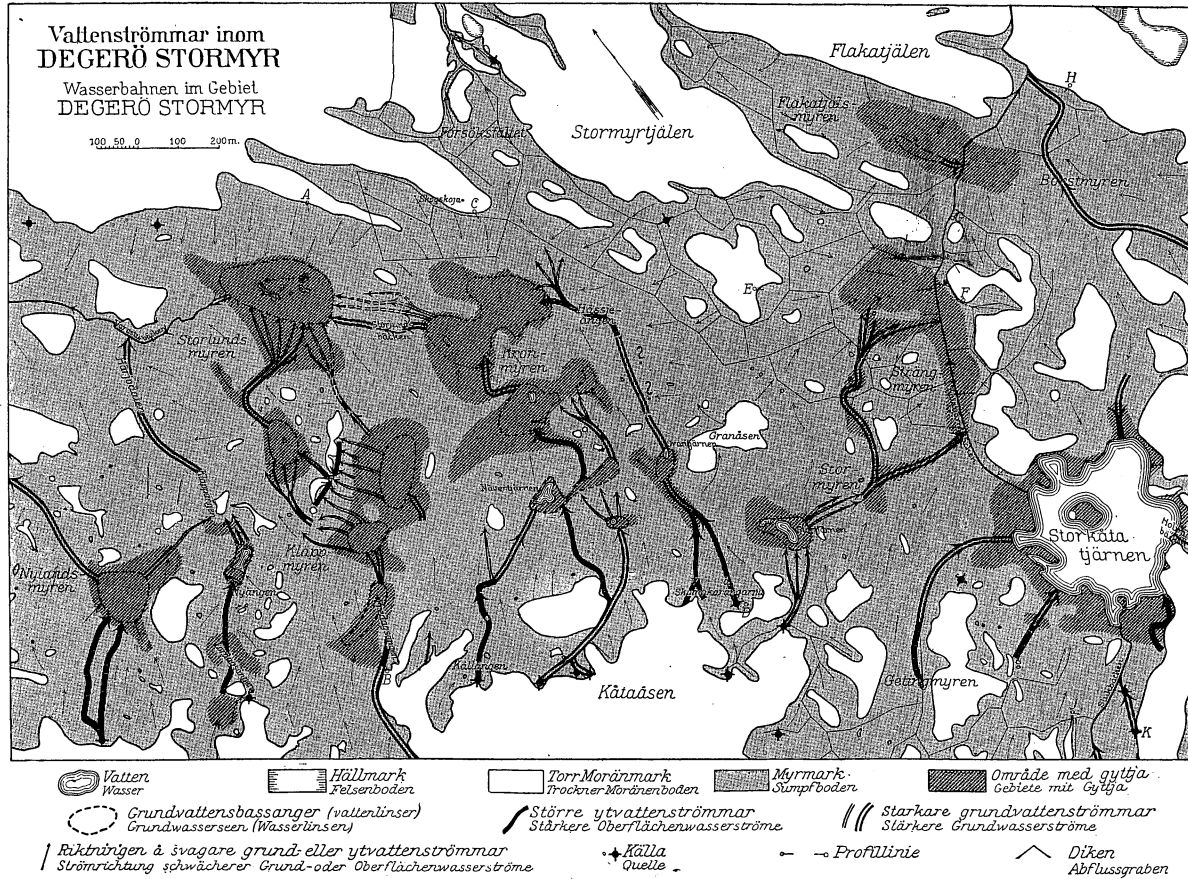


Fig. 2. Karta över vattenströmmar och vattenbassanger inom Degerö stormyr. Från MALMSTRÖM: Degerö stormyr (1923).
Karte über die Wasserbahnen innerhalb Degerö Stormyr. Nach MALMSTRÖM (1923).

särskilt syrerikt intill hällen på 2,5 m:s djup, är det tydligt att något syrefritt grundvattenskikt på djupare nivå på dessa punkter ej finnes. Detta är av intresse, ty det visar att någon strömning hit från den närbelägna Degerö Stormyrs djupbassänger knappast kan förekomma.

Det faller genast i ögonen att dubbelprov från samma nivå blott sällan ge fullt överensstämmande resultat. Man jämföre t. ex. an. 9—13 där fem prov tagna omedelbart efter varandra undersökts och där syrehalten undan för undan stegras från 2,27 till 4,86 ccm, eller an. 33—36 där den stegras från 3,21 till 3,96 ccm. Stundom kan den falla vid fortsatt sugning i samma hål t. ex. an. 22—23 (fr. 4,98 till 2,96) och 24—25 (fr. 4,94 till 4,14).

Medan de ovan diskuterade analysproven härröra från en tallhed, belysa analyserna nr 58—67 en mossrik granskog med spridda vitmosstuvor, belägen intill ett tämligen vidsträckt myrkomplex öster om Kåtatjärnbäcken å försöksparken Kulbäcksliden. Punkterna äro tagna på den normala råhumusmarken, ej i vitmosstuvorna. Det visar sig här, att syrehalten växlar mellan ingen alls och över sex kubikcentimeter per l. I en *Dryopteris*-rik granskog (en å Skogsförsöksanstalten av MALMSTRÖM urskild skogstyp av växtlig och godartad beskaffenhet, men kännetecknad av rätt fuktig mark med här och var förekommande vitmossor och relativt mäktigt humuslager) å sluttande mark vid vägen mellan Kulbäckslidens by och Statens skogsförsöksanstalts försöksstation Flakastugan framvisa analyserna en variation från 0,42 till 2,62 ccm per l. (Se an. 68—75). En granskog utan vitmosstuvor med av för övrigt ganska dålig och oväxtlig beskaffenhet å Stormyrtjälen (punkt 8, fig. 3, an. 51—52) visar en syrehalt av 5—6 ccm per l. En annan dylik granskog å Kulbäckslidens försöksfält (punkt 7, an. 50) visade en syrehalt av 3,5 ccm.

Ytterligare må nämnas en undersökt lokal av intresse. I den smala sänkan mellan Flakatjälen och Stormyrtjälen finnes en vattenrik källa med starkt syrehaltigt vatten. (An. 315—316). Grundvattnet från moränen intill källan, belägen något högre än källan, visade sig innehålla ett syrefattigt vatten, 0,9—1,4 ccm syre pr l. (an. 317—319). Här föreligger således ett nytt bevis för att vattnet i källådror kan ha en helt annan syrehalt och väl också annat ursprung än grundvattnet i den morän, där källan frambyter.

Det undersökta materialet av vattenprov från oförsumpad moränmark visar att denna i regel innehåller ett syrerikt vatten, om ock endast i undantagsfall syremättat. Att marken ligger intill myrar eller mindre torvmarker synes ej spela någon roll. En moränmark intill Degerö stormyr visade sålunda en betydande syrehalt ända ned till hällen på 250 cm:s djup, långt under den närbelägna myrens yta. Högst anmärkningsvärt är att det sällan lyckas att suga upp tvänne vattenprov efter varandra med identiskt samma syrehalt. Små variationer förekomma nästan alltid och stundom mycket stora. Detta visar nödvändigheten av att taga små vattenprov, om man vill veta grundvattnets syrehalt på en viss punkt. Ju större ett prov är, desto större utsikter är det att vatten runnit till borsten från olika håll och man är ej i stånd att kontrollera denna företeelse. Det är således alldeles påtagligt, att grundvattnets syrehalt varierar rätt mycket från punkt till punkt i moränerna,

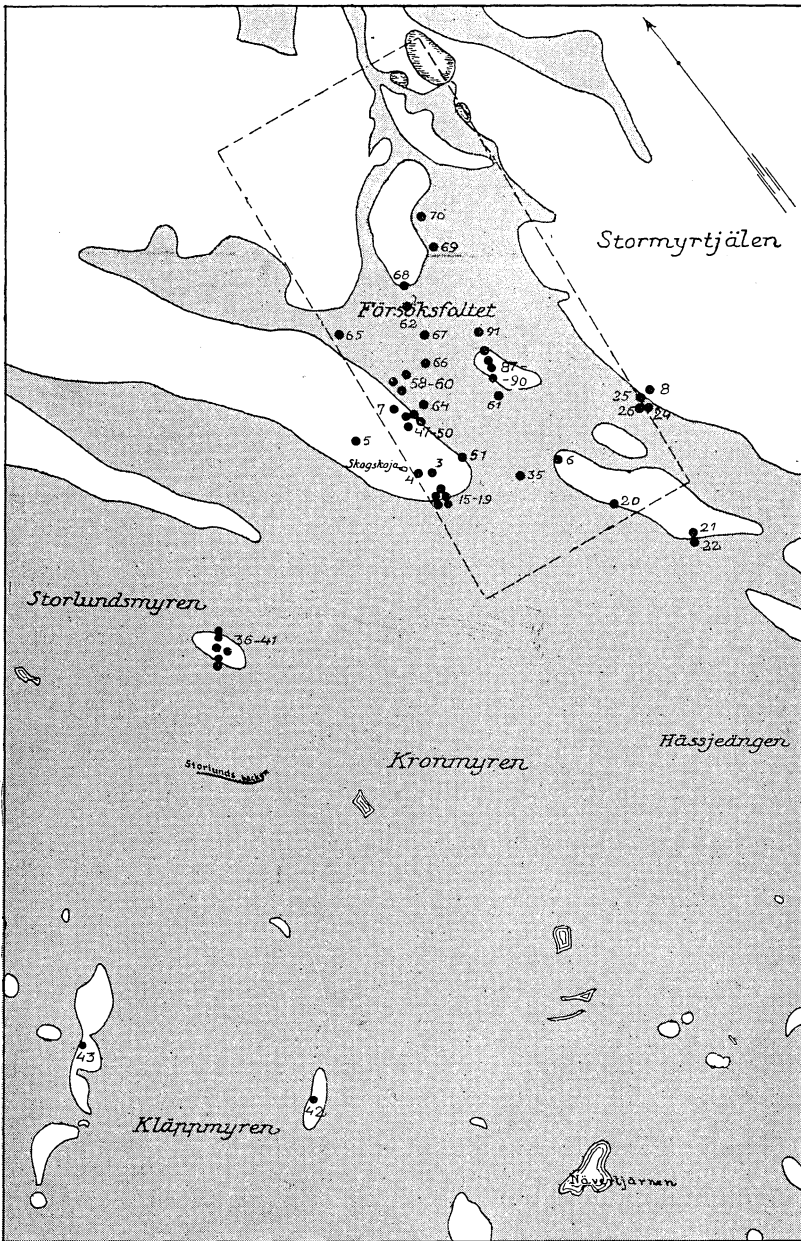


Fig. 3. 1:8000. Karta över Försöksfältet vid Kulbäcksliden med omgivningar. ● = punkt, där grundvattnet blivit undersökt. Kartområdet omfattar ungefär hälften av antalet undersökta punkter.

Karte über das Versuchsfeld Kulbäcksliden mit Umgebungen. ● = Lokalität, wo das Grundwasser untersucht worden ist. Die Karte umfasst etwa die halbe Anzahl untersuchter Lokalitäten.

vilket visar att vattnet där blott med svårighet kan blandas. Alldeles särskilt stora variationer förekomma, om man stöter på en källåder. Då kan språngvis syrehalten ändras till det dubbla (se ovan), vilket väl tyder på att ådervattnet och moränvattnet har olika ursprung.

Förklaringen till den varierande syrehalten i moränmarkens grundvatten torde med stor sannolikhet vara denna. Vid passagen genom råhumustäcket blir en del av syrehalten i nederbördsvattnet, som säkerligen är i det närmaste syremättat, borttaget genom humusämnenas reducerande inverkan. I vissa fall passerar vattnet beroende på väderleken snabbt, och relativt mycket syre stannar då kvar. I andra fall rinner vattnet mycket långsamt igenom och kan då bli nästan fullständigt befriat från syre. En mark som har ett relativt mäktigt humuslager samt här och där torvansamlingar bör i så fall utvisa lägre och mer varierande syrehalt i grundvattnet än en mark med tunt och torrt humustäcke. Så synes också vara förhållandet: som ovan visats hade en tallhed genomgående högre syrehalt i grundvattnet än granskogar med vitmossor, förekommande fläckvis. I dessa senare kan man t. o. m. finna alldeles syrefritt grundvatten på enstaka punkter. Det är alldeles påtagligt att det i grundvattnet lösta syrets diffusion försiggår så långsamt att en utjämning av syrehalten i olika vattenskikt på denna väg ej kan ske.

Då överallt å de undersökta platserna grundvattnet befunnits mer eller mindre syrehaltigt och därtill syrehalten ofta visat sig vara störst på djupet, torde någon kommunikation med de närbelägna torvmarkernas vatten få anses vara osannolik. Frågan om vattentransport från moränerna till torvmarkerna och vice versa skall nedan ytterligare belysas genom undersökning av förhållandena i torvmarkernas egentliga kantzoner.

Grundvattnets syrehalt i Degerö Stormyr's kantzoner.

Degerö Stormyr, som av MALMSTRÖM (1923) underkastats en detaljerad undersökning (se fig. 1 och 2, som hämtats från MALMSTRÖMS arbete jämte fig. 3, där hans karta använts som underlag) ligger i ett moräntäckt bergbäcken. Myren sluttar i stort sett mot NO, varvid den allmänna lutningen närmast myrens NO-gräns blir ytterst obetydlig (se fig. 1). Inom denna del av området finnas därför en stor mängd lokaler där gränsområdet mellan myren och fastmarken är nästan plant och där topografien ensam ej kan besvara frågan om i vilken riktning grundvattnet rör sig. Det fanns sålunda här många punkter som äro mycket lämpliga för studium av relationerna mellan grundvattnet i morän och en angränsande större myr.

Först må granskas myrens kantzon invid den ovan nämnda moränåsen med skogskojan å Kulbäckslidens försöksfält, se fig. 3. Myrens gränsszon mot fastmarken utgöres av en tallbevuxen rismosse, som endast bildar ett smalt band av 20—30 m:s bredd och utåt övergår i cyperacé-mosse. Mellan rismossen och den normala, torra moränmarken finnes en smal zon, där strödda tuvor av *Sphagnum.acutifolium* förekomma i tallheden, som utgör skogssamhället på den intill myren gränsande moränmarken. Zonen med vitmosstuvor är 5—10 m bred.

Analyserna nr 76—108 (undersökningspunkt 15—19, se fig. 3) avse prov från olika djup och olika punkter inom kantzonen på den ovan beskrivna moränåsen vid kojan. Det visade sig att inom den ytterdel av torvmarken, där torven ännu ej når högre mäktighet än 30—40 cm, det moräna grundvattnet i allmänhet är ganska syrerikt, om ock ett eller annat prov kan vara nästan fritt från syre. Högst anmärkningsvärt är att syrehalten ofta är störst nedåt. Exempel härför framvisa analyserna 79—86 från samma punkt och analyserna 95, 96, jämförda med nr 88—94. Man finner sålunda i det förra fallet att syrehalten under 35 cm:s torv är 0,0 vid 66 cm:s djup, medan den vid 95 cm:s är 3,5 ccm per l. I det senare fallet, under 35 cm:s torv föreligger ett minimum i syrehalten vid 160 cm:s djup, medan den vid 45 cm:s djup är 3—4 och vid 170 cm:s djup är 5—6. Vid 73—80 cms torvmäktighet (an. 102—106) är grundvattnet knappast längre syrehaltigt, dock utvisar proven från 250 cms djup, an. 107 och 108, märkbar syrehalt, 0,30—0,70 ccm per l.

Andra undersökta platser med topografiskt likartade förhållanden visa alldeles analoga förhållanden, jämför punkterna 20—22, fig. 3, an. 109—115. Under torven i kantzonen finner man här ett grundvatten med betydande syrehalt, 2—2,5 ccm per l. Alla de nu nämnda lokalerna ha det gemensamt att moränytan tydligt sluttar utåt myrbäckenet och att torven därför på en kort sträcka ökar sin mäktighet högst betydligt.

Av ovanstående framgår att det är vanligt att i en stor myrs kantzon under de angivna topografiska förhållandena träffa syrerikt vatten under torven. Förklaringen till den funna fördelningen mellan syrerikt och syrefattigt vatten anser jag vara följande:

Då torven i kantzonen är av en synnerligen tät och dyartad beskaffenhet måste den anses vara ogenomsläpplig för det syre, som finnes löst i det nedsipprande regnvattnet. Möjligen kan i det område, där torven är mycket tunn, något syre slippa igenom, ehuru säkerligen betydligt svårare än genom ett vanligt torrt råhumustäcke. Häri måste förklaringen sökas, att grundvattnets ytligaste lager ofta äro syrefattiga, ett förhållande, vilket, som nedan skall visas, ofta återkommer i liknande fall. Det regnvatten, som sipprar ned genom torven, blir mycket syrefattigt. På djupet möter emellertid detta vatten en grundvattenström, som långsamt framrinner efter markens naturliga lutning, d. v. s. från fastmarken mot torvmarken. Denna vattenström är syrerik, enär den kommer från ett område, där grundvattnet är syrerikt. I torvmarken

alldeles invid moränmarkens gräns dominerar ännu fastmarksvattnet och syrehalten är betydande. Ju längre in mot torvmarken man går, desto mer kommer det nederbördsvatten, som passerat torvens kantzon, att göra sig gällande i grundvattnet: syrehalten i detta avtar. Vid stigande torvmäktighet kommer man helt säkert snart till en punkt, där torven ej längre släpper igenom något nederbördsvatten. Det moräna grundvattnets syrehalt kommer då att bestämmas av varifrån detsamma kommer. Kommer det från fastmark, bör det vara syrehaltigt, dock med reducerad syrehalt beroende på det torvvatten, som alltid blivit inblandat vid passagen genom torvmarkens kantzoner. I föreliggande fall måste grundvattenströmmen från fastmarken småningom möta en från myren kommande grundvattenström, som till stor del (se fig. 2) passerat genomsläppliga torvslag (enl. MALMSTRÖM l. c.) och därför säkerligen blivit alldeles befriad från syre.

Om markens lutning är ännu svagare än i de ovan beskrivna fallen har grundvattnet från fastmarken svårare att intränga under torven. Som exempel härpå må här en lokal nedan beskrivas.

Ett kantområde, där slutningen är mycket obetydlig (enl. fig. 1 mindre än 1 : 100) förefinnes i försöksfältets sydöstra hörn intill Stormyrtyälén. En betydande areal är här betäckt av 30—40 cm:s torv av väl multnad, dyg beskaffenhet, torvdy. Växtsamhället är en synnerligen dålig gransumpskog. Analyserna nr 116—129 (punkt 24—26, fig. 33) hänföra sig till detta område. Den närbelägna fastmarken, Stormyrtyälén, har syrerikt grundvatten (punkt 8, fig. 3, an. 51—52). Då grundvattnets rörelse med anledning av den plana topografien, som säkerligen är betingad av berggrunden, vilken här ej ligger särdeles djupt, måste vara ytterligt obetydlig, är säkerligen grundvattnets syrehalt inom detta område direkt beroende av det vatten, som passerat det relativt tunna torvtäcket. Någon grundvattentransport från myrens vattenbassänger torde här vara utesluten på grund av avståndet, se fig. 2. Den ringa syrehalt, av högst 0,8 ccm per l, som konstaterats, måste antingen bero på att torven ej förmått absorbera allt syre i det nedåtsippande vattnet eller också på en obetydlig tillförsel från Stormyrtyäléns fastmarksområde. Ej osannolikt är att källådror med syrehaltigt vatten förekomma och att den här och var förekommande syrehalten beror på tillblandning av sådant vatten. En gammal källåder finnes i området och omkring denna rikliga ockraavsättningar, tydande på syrehaltigt vatten. Grundvattenprov från denna punkt skilja sig emellertid ej från övriga: en lätt dikning har här möjligen förmått påverka förhållandena och den ursprungliga källådern är nu kanske omöjlig att finna.

Belysande för grundvattenförhållandena i en stor myrs kantzoner är en undersökning av en 60 m lång och 36 m bred moränholme inom Degerö Stormyr. De flesta små moränholmar, som här finnas, äro ändmoräner och som sådana synnerligen sten- och blockrika. De erbjuda därför ett hårdnackat motstånd mot undersökningar med min jordborr.

En liten holme, där moränen är fullt normal, finnes dock mellan Kronmyren och Storlundmyren ett stycke norr om Storlundsbäcken (se fig. 3). Denna moränholmes yta höjer sig enligt tubavvågning endast 0,79 m över myrens yta söder om holmen och 0,38 m ovan myrens yta norr om holmen. Den erbjuder sålunda ett särdeles gott tillfälle att studera om myrens grundvatten förmår tränga in i moränmark av alldeles normal beskaffenhet.

Myrmarkens allmänna lutning är från NO till SV. Öster om holmen utgöres myren av rismosse, väster om holmen en cyperacémosse med en utpräglad laggzon invid holmen. Holmens bredd i lutningsriktningen är c:a 35 m. Analyserna 165—185, punkterna 36—41, fig. 3, avse prov från holmen samt myren närmast densamma i SV och NO. Vattenprov från moränen under själva myren visa undantagslöst fullkomlig syrebrist. Moränmarken mitt på holmen inom 120 cm:s djup, alltså ungefär 80 cm under myrens yta på norra sidan (an. 156—160) visar ungefär för fastmark normal syrehalt eller 2—5 ccm per l. På lägre nivåer i profilen mitt på holmen (an. 161, 162) eller topografiskt lägre belägna punkter (an. 163—164, 165—171, 174—177) gör sig tydligen myrens grundvatten gällande, ty här föreligger mer eller mindre fullständig syrebrist. An. 165—171 visa att i norra gränzonen lokalt syrerikt vatten gör sig gällande på 40 cm:s djup, medan redan på 100 cm:s djup myrens vatten dominerar. Alldeles liknande förhållanden föreligga i södra kantzonen.

Det är påtagligt att den lilla holmens grundvatten i dess övre nivåer är syrerikt. Från ytvattnet diffunderar sedan något syre nedåt. På djupare nivåer (under 120 cm) finnes däremot tydligen från myrområdet kommande grundvatten, enär här mer eller mindre fullständig syrebrist råder. Då den lilla holmens vattenområde ej är stort, blir tydligen också den på holmen nedfallna mängden nederbördsvatten obetydlig. Den förmår därför ej i märkbar utsträckning tränga in under torven i holmens kantzon, trots att moränytan sluttar något mot myren. Belysande för grundvattnets långsamma rörelse i moränmark är det att grundvattnet å en dylik liten holme ännu efter ett par veckors uppehållsväder till stor del tyckes utgöras av holmens lokala nederbördsvatten.

Det är av alla de anförda undersökningarna ganska tydligt att en omfattande granskning av grundvattnets syrehalt vid gränsen mellan torvmark och fastmark i vissa fall kan ge svar på varifrån en grundvattenström kommer, då topografien ensam ej förmår giva ett sådant svar. Framförallt kan en sådan granskning belysa det praktiskt viktiga problemet: I vad mån påverkar det syrefria grundvattnet i torvmarkerna dessas omgivningar?

De hittills utförda undersökningarna antyda att Degerö Stormyrs grundvatten ej i högre grad strömmar in i dess omgivningar. Den lilla moränholmen har inom det djup, där vegetationens rötter finnas, ett lokalt

grundvatten med fullgod syrehalt. Moränåsen å försöksfältet, som ligger invid en stor myr, som i stort sett sluttar mot moränåsen och i sina längre bort från densamma belägna delar ligger flera meter högre än densamma (se fig. 1) förmår ej sända grundvatten in i fastmarken, tvärtom förmår fastmarkens grundvatten tränga in ett gott stycke under myrens kantzon. Det är emellertid påtagligt, att de grundvattenrörelser, som ifrågakommit i de hittills berörda fallen, knappast kunna tänkas som begränsade strömmar utan som allmänna fastän mycket långsamma rörelser.

Om sålunda någon transport av vatten från myren till moränmarken i de beskrivna gränsområdena i allmänhet ej äger rum, så föreligger dock ett hydrostatiskt samband mellan myrområdets grundvatten och moränmarkens grundvatten. En sänkning av grundvattenståndet i myren genom dikning kommer därför att influera på grundvattenståndet i den angränsande moränmarken; i vilken grad kan endast ett studium av grundvattenståndet före och efter en sådan dikning avgöra.

Områden där grundvattenströmmar från Degerö Stormyr tränga in i moränmark.

MALMSTRÖM (1923 s. 118) har på grund av sina ingående undersökningar av de olika torvslagens genomsläpplighet och fördelning i Degerö Stormyr i samband med topografien och förekomsten av källådror och bäckar kunnat draga vittgående slutsatser beträffande i myren framrinnande grundvattenströmmar. Fig. 2 är en åskådlig bild av dessa förhållanden. Det visar sig att myren i huvudsak avvattnas genom tvenne bäckar. De starkare grundvattenströmmarna undvika i allmänhet moränerna. I ett par fall gå emellertid hans större grundvattenströmmar från torv till morän. Sålunda mottar den långsträckt moränholme (ändmorän) som skiljer den s. k. Kläppmyren från Storlundsmymren en rad starka grundvattenflöden. En kraftig grundvattenström går även från Borstmyren mot Kåtatjärnbäcken. Enligt kartan (fig. 2) går visserligen denna senare ström i sitt nedre lopp närmast Kåtatjärnbäcken helt och hållet inom torvbetäckt mark, men då torvtäcket inom den gransumpskog, som ligger närmast Kåtatjärnbäcken delvis övergår i råhumus och skogen där fläckvis torde kunna förtjäna benämningen mossrik granskog med vitmoss-tuvor, så föreligger här ett anmärkningsvärt fall av vattenrörelse från ett torvområde till moränmark. Svagare grundvattenströmmar finnas enligt MALMSTRÖM vid moränholmen Granåsens sydvästra rand, i nedre delen av Flakatjälsmyren samt å försöksfältet ett stycke öster om den lilla kajan. På det sistnämnda stället tyckes myren liksom transgrediera in över det här ovanligt lågt liggande moränområdet, vilket för 10 år sedan gav anledning till att ett betydande avloppsdike här anlades.

Då i alla de nu berörda fallen grundvatten, som förut lång sträcka varit i beröring med torv, tränger in i moränmark, borde man här ur moränerna i torvgränsen få ett fullkomligt syrefritt vatten. Jag har därför underkastat dessa platser en granskning.

Vad först beträffar ändmoränen mellan Kläppmyren och Storlundsmyren, så lyckades det icke utan svårigheter att suga vatten ur den steniga marken å den nordvästra sidan av den mellersta av de tre »länkarna» i ändmoränkedjan. Vattnet (an. 187, 188, punkt 43, fig. 3) var fullkomligt syrefritt, var humushaltigt och luktade något av svavelväte. Det är sålunda påtagligt, att här grundvatten från myren förekommer inne i moränmarken; det lokala vattnet kan ej förmärkas, varutinnan denna moränholme skiljer sig från den ovan beskrivna. Detta måste sammanhånga med att här en verklig, relativt hastig grundvattenström föreligger, vilket ju MALMSTRÖM antagit (fig. 2).

Vid Granåsens (se fig. 1 o. 2) sydvästra rand nära den inskjutande »viken» erhöles prov, såväl från fastmarken som torvmarken intill. Även här bestod marken av en mycket stenig ändmorän. Analyserna (nr 189—192) visa att vattnet är fullkomligt syrefritt.

Gransumpskogen nedanför Borstmyren har undersökts rätt ingående (se fig. 1 o. 2: ungefär den sexsidiga figuren, som begränsas av Kåtatjärnbäcken och diken = räta linjer, i kartans östra hörn). Analyserna 130—151 hänföra sig till detta område. Det visade sig att här föreligger ett mycket begränsat stråk med fullkomligt syrefritt grundvatten, beläget ungefärligen där MALMSTRÖM (se fig. 2) förlagt sin starka grundvattenström (analyserna 130—142). I detta stråk fanns emellertid en grupp mycket växtliga granar, under vilka sumpvegetationen försvunnit. I denna lilla yta befanns grundvattnet på 50 cm:s djup (an. 139—140) vara något syrehaltigt, 1—1,3 ccm per l, medan det på djupet fortfarande var fullkomligt syrefritt. Detta måste bero på att de ovanligt växtliga granarna på den lilla fläcken förmått dränera marken och utrota sumpvegetationen, varigenom antingen det lokala nederbördsvattnet kan göra sig gällande eller också luftsytet genom diffusion kan intränga i grundvattenprofilens översta lager. Inom det syrefria vattenstråket fann jag ingen gleyhorisont i moränen. Så fort man går 10—15 m utanför det i terrängen väl märkbara fuktigaste stråket i riktning mot Kåtatjärnbäcken vidtager ett område med betydande syrehalt i grundvattnet (se analyserna 143—151). Syrehalten växlar i de undersökta fallen mellan 2,4 och 4,9 ccm per l, alltså ett ganska normalt fastmarksgrundvatten.

I Flakatjälsmyrens nordligaste del ligger en liten moränholme, som av topografien att döma borde genomströmmas av från myren kommande grundvatten. Analyserna 193—196 från denna holmes östra kantzon utvisa fullkomlig syrebrist. Denna kan dock även förklaras genom att vattnet lokalt blivit befriat från syre, när moränen på den undersökta punkten täckes av 20 cm:s torv. Möjligt är det dock att här förefinnes en långsam vattenrörelse från myren; det motsäges på intet sätt av analyserna. Profilen saknade även fullkomligt gleyhorisont. Ett försök att längre ned såväl inom som utom torvmarken, i det smala passet mellan Flakatjälen och Stormyrjälen återfinna denna grundvattenström misslyckades emellertid, när grundvattnet i en moränmark liggande i rätt stark lutning från Flakatjälsmyren visade en syrehalt av 4—5 ccm per l (an. 320—323) och i en rismosse nära intill, som utgjorde fort-

sättning på Flakatjälsmyren var 2—3 ccm (an. 268—271). Man kan härav dra den slutsatsen att den grundvattenström, som möjligen förefinnes, ej är alltför betydande, då grundvattnet tydligen övervägande härstammar från omgivande fastmarker.

Beträffande lokalen vid försöksfältet har här gjorts en mycket kraftig dikning (se kartorna, fig. 1, 2), som åtminstone lokalt påverkat grundvattenståndet just i det stråk, varom fråga är. Då dikningen enligt de mångåriga grundvattenundersökningar, som medelst veckoobservationer under hela året utförts av Statens Skogsförsöksanstalt, ej alls lett till någon allmän grundvattensänkning i den stora myren ej ens rätt nära dikena, så torde man kunna antaga, att under avloppsdikets botten den gamla grundvattenströmmen måste framrinna allttjämt. Att denna grundvattenström ej kan ha alltför stor bredd visas redan av analyserna från en av de ovan nämnda fastmarkspunkterna (nr 6, fig. 3, an. 40—49), vilken punkt var belägen inom fastmarken drygt 30 m från passpunkten och knappt en meter högre än denna intill torvmärkens gräns. Här var vattnet ända ned på 285 cm:s djup syrerikt. Analyserna 152—155 gälla prov, uppsugna under botten på det nämnda stora avloppsdiket (pkt 35, fig. 3). De visa en mycket låg syrehalt särskilt på stort djup: 280 cm:s djup, 0,09 och 0,17 ccm per l. Dock måste märkas att marken i omgivningarna är täckt med ett ca 20 cm mäktigt torvlager, vilket ensamt skulle kunna förklara dessa siffror, om nämligen grundvattnet är av lokal natur. Beträffande denna plats kunna mina undersökningar endast utvisa, att den grundvattenström som föreligger måste vara av mycket begränsad omfattning, vilket fullständigt stämmer med MALMSTRÖMS uppfattning (se fig. 2) och bekräftas av att den utförda dikningen haft en mycket ringa torrläggande effekt.

Som synes av det anförda materialet har jag på platser där enligt MALMSTRÖM vatten strömmar från Degerö Stormyr in i omgivande moränmarker, också funnit syrefritt eller syrefattigt grundvatten i dessa. Men undersökningarna ha också visat att vattenströmmarna från myren till moränerna endast äro lokala och begränsade. Gransumpskogen nedanför Borstmyren skulle man kunna kalla ett skolexempel på en myr som »ligger på» och »försumpar» en lägre liggande fastmarksterräng. Mina undersökningar utvisa tydligt, att det endast är ett mycket begränsat stråk av moränmarken, som mottager vatten från den ovan liggande myren. Detta stråk synes sammanfalla med det av MALMSTRÖM på andra grunder angivna. En dikning har visserligen utförts i Borstmyren, men den har här uppenbarligen varit utan all betydelse för grundvattnets rörelse, då dikena förlagts långt ut i myren i den mäktiga och mycket svagt genomsläppliga torvdyn.

I en undersökning av grundvattnets syrehalt på gränsen mellan torvmark och fastmark med tillhjälp av den av mig utarbetade metodiken kan man konstatera, om grundvattenrörelse från torvmarker till omgivande fastmarker verkligen existerar. Då sådan grundvattentransport spelat en betydande roll i den praktiska diskussionen om skogsdiknings-

frågor, torde härigenom yppa sig en möjlighet att lägga denna diskussion på ett fastare plan än hittills.

Grundvattnets syrehalt under torvmarker i sluttande moränlider.

Ett stort intresse är förbundet med grundvattnets rörelser i moränlidernas nät av mindre torvmarker omväxlande med fastmark. Jag har därför dels i Kulbäcksliden, dels i Rokliden, Norrbotten, insamlat ett betydande analysmaterial.

1. Kantzoner.

Den flacka terräng, inom vilken Degerö Stormyr är belägen, övergår åt N i en vidsträckt moränlid, som sluttar mot N ned till Kulbäcken. Försöksfältet (se fig. 1 och 3) omfattar såväl en del av myren som av den nedanför liggande liden. Den ovan omtalade lilla åsen, som är en moränbetäckt bergås, dämmer för Degerö Stormyrs bäcken. Närmast myren är den bevuxen med en tallhed, vilken så fort nordslutningen vidtager övergår i mossrik granskog, som i sin tur något längre ned övergår i gransumpskog. I den nedanför liggande liden, där lutningen efterhand blir starkare (se fig. 1) omväxla gransumpskogar med partier av vanlig mossrik granskog samt med *Dryopteris*rik granskog och till och med i enstaka fall, å särskilt vattengenomsläpplig mark, örtrik granskog. Å försöksfältet finnes inom gransumpskogens område en mindre risosse. På övergången mellan fastmarken och gransumpskogen förefinnes alltid ett bredare eller smalare bälte med mossrik granskog med vitmosstuvor.

Analyserna 197—217, punkterna 47—51, fig. 3, belysa grundvattnets syrehalt i kantzonen på den försumpade granskogen nedanför moränåsen å försöksfältet. Den första profilen, omfattande an. 197—202, visar förhållandena, där torven är 30—45 cm mäktig. Proven äro tagna på högsommaren omedelbart efter en regnperiod. Nr 197, 0,54 ccm syre per l, avser ytan av det mycket högt liggande grundvattnet i torven, vilket ännu ej blivit alldeles syrefritt. Redan på 20 cm:s djup i torven är syrehalten reducerad till 0,25. I gränsskiktet mellan torven och moränen är den däremot högre, 0,75 och i moränen under torven är den 3,5—3,8. Proven 203—207, som härstamma från en punkt nära föregående, men belägen högre upp mot fastmarken, visa också ett tydligt tilltagande av syrehalten mot djupet. Trots det föregående regnet var grundvattenståndet här så lågt, att det var omöjligt att få ett vattenprov ur själva torvlagret, som var 20 cm mäktigt. Grundvattnets högsta nivå låg trettio cm under markytan eller 10 cm under torven. Detta vatten har blott 0,32 ccm syre per l. Då detta översta grundvatten måste vara lokalt nederbördsvatten från den just avslutade regnperioden, är det tydligt, att passagen genom ett 20 cm mäktigt, ganska luckert torvtäcke kan vara tillräckligt för att fullständigt borttaga syrehalten i det alldeles syremättade nederbördsvattnet. Den ringa syrehalten av 0,32 ccm per l torde få skrivas på grundvattnets syreabsorption från markluften, då an. 204, tio cm djupare, visar nästan fullständig syrebrist: 0,05 ccm syre per l. I just dessa speciella fall kunna verkligen de detaljerade djupsiffrorna äga betydelse, ty då man suger vatten ur grundvattnets övre del och denna står i beröring med luft och be-

finner sig i moränmarkens övre relativt luckra och genomsläppliga lager, går sugningen ganska motståndslöst för sig, och vatten måste strömma lätt till från de närmaste omgivningarna. På större djup steg syrehalten i grundvattnet till 4—5 ccm per l (an. 206—207), d. v. s. här möter en grundvattenström från fastmarken ovanför. Ett annat exempel på en grundvattenprofil under torv, i vilken syrehalten tydligt stiger mot djupet framvisar an. 225—228 från en tallmossa å försöksfältet i Rokliden, 6 m från dess rand. Ovan har ett liknande sakförhållande från en av Degerö Stormyrs kantzoner påpekats. I alla dessa fall är det fråga om en morän, som sluttar svagt och bildar underlaget för torv. Under dylika betingelser är det uppenbart att syrehaltigt grundvatten från fastmarken strömmar in under torven. Då denna i kantzonen är genomsläpplig för vatten, som dock blir syrebefriat under passagen genom torven, så uppstår lätt den av mig funna vertikala fördelningen mellan syrefattigt och syrehaltigt grundvatten. Någon blandning sker tydligen ej lätt i moränen och det lösta syrets diffusion går mycket långsamt. Om ett syrefritt vatten har utbildats på ett syrehaltigt, så synas dessa tämligen länge kunna bevaras, allt under det de deltaga i den allmänna långsamma glidningen i lutningsriktningen.

Ett flertal undersökningar från såväl Kulbäcksliden som Rokliden visa tydligt, att det är fullkomligt normalt att finna syrehaltigt grundvatten i moränen inom kantzonerna på mindre torvmarker, de må utgöras av gransumpskogar eller små mossar. Man måste härav dra den slutsatsen, att i de allra flesta fall grundvattnet i moränliderna rör sig från fastmarken till torvmarkerna alldeles som i Degerö Stormyrs kantzoner. I denna stora myr mötes man av syrefritt vatten så fort man undersöker lokaler med mäktigt torv ett stycke ut från fastmarken (se t. ex. an. 97—101). Det är då av intresse att undersöka, huru saken förhåller sig i moränerna under de grundare torvavlagringar, som man finner i moränliderna.

2. Torvmarker i sluttande terräng med syrehaltigt grundvatten i moränen under torven.

Tabell 10 framvisar en del undersökningar av det moräna grundvattnet under lidförsumpningar. Så fort torven är av större mäktighet, har den måst genomgrävas för att prov skulle kunna tagas. I en del fall har jag kunnat använda några äldre gropar, som stått öppna och vattenfyllda. I dessa fall har alltid först gropens bottenvatten undersökts och befunnits syrefritt. Så är vanligen fallet då gropen är upptagen i en torvavlagring, även om den går ett gott stycke ned i moränen under. I det stillastående vattnet i gropen samlas nämligen en del humusmaterial som avlägsnar syret i vattnet fortare än detsamma hinner ersättas genom absorption och diffusion eller tillförsel av regn- resp. grundvatten. I de fall, där det moräna grundvattnet under gropens botten är syrehaltigt samtidigt som gropens bottenvatten är syrefritt, anser jag att prov av det förra kan användas för belysande av det allmänna grundvattnets egenskaper under torven. Är det moräna grundvattnet under gropens botten syrefritt, kan detta bero på kommunikation genom gropens bottenlager, och intet avseende får fästas vid analysen. Ana-

lyserna nr 231—263, punkt 58—70, fig. 3 belysa förhållandena på försöksfältet i Kulbäcksliden. Det framgår av dem att syrehaltigt vatten träffas så gott som överallt. Att syrehalten genomgående är lägre än i den ovanför liggande fastmarken, är knappast förvånande. Utom det syrehaltiga fastmarksvattnet har syrebefriat vatten från torvmarkens övre kantzon inmatats i moränen under torven och genom det lösta syrets diffusion bör i viss mån syrekonzentrationen under den långsamma strömningen i moränen under torven ha undergått en utjämning, som dock ej synes blivit fullständig, då enstaka prov visat sig syrefria.

Det var i detta område som jag nästan överallt vid grävningar funnit väl utbildade gleyhorisonter, d. v. s. utfällningar av limonit i moränerna under torven och det var denna omständighet (jfr ovan) som var anledningen till att undersökningen över grundvattnets syrehalt igångsattes. Det var även här som ROMELL (jfr ovan s. 2) påvisade syre i luft under torven, vilket sålunda är i full överensstämmelse med grundvattnets egenskap av syrehaltigt.

Emellertid finnes ett litet område på försöksfältet, där jag såväl sommaren 1922 (an. 299, tab. 10), som 1924 (an. 233—236, punkt 61, fig. 3) ej lyckats påvisa vare sig syrehalt i grundvatten eller någon som helst gleyhorisont i moränen under torven, trots att en profil på 205 cm:s djup vid 90 cm:s torv upptogs. Detta område är beläget sydväst om den lilla fastmarksholme, som ligger omgiven av gransumpskog ej fullt mitt på försöksfältet (se fig. 1, 2 o. 3). De topografiska förhållandena antyda att man här bör söka fortsättningen på den grundvattenström från myren som (jfr s. 20) ovan berörts. Det är faktiskt att moränen på denna punkt var särdeles vattenmättad, den hade ungefär såpkonsistens, medan den för övrigt förefaller att vara tämligen fast under torven. En alldeles liknande såpkonsistens visade moränen omkring det ovan nämnda stora avloppsdiket, vilket förorsakade betydande svårigheter vid dettas upptagande. Det vill således synas som om här framrinner en långsam syrefri grundvattenström. Mina undersökningar kunna naturligtvis ej visa om denna ströms ursprung är vattenbassängerna i Degerö Stormyr eller om den blott härleder sig från de ganska breda kantzoner med relativt tunt och därför vattengenomsläppligt torvtäcke som finnas i det stora avloppsdikets närmaste omgivning. Strömmen synes fortsätta in i den lilla moränholmen (punkt 87—90, an. 299—309, som på djupet har syrefattigt grundvatten under lokalt, syrerikt. I nedre delen av gransumpskogen å Försöksfältet är grundvattnet under torven syrehaltigt liksom man där finner utpräglade gleyhorisonter. Här måste det syrehaltiga vattnet ha tillryggalagt en sträcka av stundom 100 m under torven. Markens lutning är ungefär 2: 100.

Mindre torvmarker å sluttande morängrund med syrehaltigt grundvatten under torven har jag undersökt på flere andra platser. En gransumpskog nedanför en vattenrik källa på Kåtaåsens sluttning, Kulbäcksliden (an. 264—267) kan sålunda nämnas. Likaså en mindre rismosse i passet mellan Stormyrjtjälen och Flakatjälen, Kulbäcksliden (an. 268—271). På försöksfältet i Rokliden finnas dels gransumpskog, dels ett par små mossar. Det moräna grundvattnet under torven härstädes varierar mellan 0 och 3—4 ccm per l (an. 283—292). Alla dessa lokaler ha liksom de ovan beskriva från Kulbäckslidens försöksfält det gemensamt, att avståndet till oförsumpad mark ej är särdeles stort.

3. Torvmarker i sluttande terräng med syrefritt grundvatten i moränen under torven.

Öster om Kåtatjärnbäcken å försöksparken Kulbäcksliden finnes ett ganska vidsträckt torvmarkskomplex å sluttande moränterräng. Torvmarkerna bilda ett bälte av c:a 300 m:s bredd, vars övre del utgöres av gransumpskogar med tunn torv, täckande en rätt stor areal. Den nedre delen består av mindre mossar. Analyserna 272—282 äro hämtade från nedre delen av detta område. De utvisa samtliga fullständig syrebrist. Så fort man kommer in i den bredvidliggande fastmarken blir grundvattnet åter syrerikt (se an. 58—67). En helt liten fastmarksholme med tunn morän på häll, som skjuter upp i torvmarkskomplexet visade å en punkt syrerikt vatten, medan en annan 15 m därifrån ungefär i höjdkurvornas riktning visade fullkomlig syrebrist (an. 311—314). Dessa prov voro tagna intill berghällen. Det är tydligt, att den ena punkten hade lokalt vatten, medan den andra troligtvis mottager grundvatten från den ovan liggande torvmarken.

Nordväst om försöksfältet i Rokliden vidtager ett stort område med gransumpskog, med sammanhängande, fastän relativt tunn torv, som alltså kan släppa igenom nederbördsvatten. Det bildar ett flera hundra meter brett bälte på ganska starkt sluttande moränterräng. I nederkanten på detta område vidtager ett lövkärr, tydligen influerat av vattnet från liden. På ett ställe finnes även en källa. Analyserna 293—298 äro hämtade från detta område. De visa, att såväl källans vatten (även ytvattnet) som grundvattnet under torven äro fullkomligt syrefria. I detta område saknades även fullständigt gleyhorisonter.

Bägge de senast beskrivna områdena, där verkligen ett alldeles syrefritt grundvatten synes förekomma å en större yta, kännetecknas av att de sluttande torvmarkerna intaga en betydande areal och av att inom denna torven delvis är tunn och genomsläpplig för nederbördsvatten. Av allt att döma kommer under dessa betingelser så mycket syrefritt grundvatten att produceras och tränga ned i moränerna, att det sedan kommer att präglade betydande områden. En eventuell tillrinning från de omkringliggande fastmarkerna förmår ej göra sig gällande.

Av de ovan beskrivna detaljundersökningarna av grundvattnets syrehalt i mindre torvmarker å sluttande moränterräng, så väl från Kulbäcksliden som Rokliden, kan man draga följande slutsatser.

I den sluttande moränterrängen sker en allmän fastän långsam grundvattenströmning i terrängens lutningsriktning. Denna medför att i regel syrehaltigt vatten från moränmarkerna strömmar in under torvmarkerna. I dessas kantzoner, där torven ännu är relativt tunn och därför genomsläpplig för nederbördsvatten, inmatas i moränerna under torven ett syrefattigt vatten. Man träffar därför ofta i kantzonerna i markens övre lager syrefattigt vatten, längre ned syrerikt vatten. I dessa avseenden överensstämma förhållandena fullkomligt med dem i Degerö stormyrs kantzoner. Då blandning av vattnet endast med svårighet sker i moränerna och det lösta syrets diffusion går långsamt, synes en en gång bildad syre-

haltig grundvattens kropp tämligen länge kunna existera och förflyttar sig i den allmänna lutningsriktningen. Ju längre man kommer från fastmarkskanten desto större utsikter har man att också träffa på det vatten som har infiltrerats genom själva kantzonen, och syrehalten avtar därför när man kommer längre in i torvmarken. Har denna emellertid ej alltför stor areal, plägar syrehaltigt vatten kunna påvisas i moränen under torven.

I vissa fall finner man absolut syrefritt vatten under sluttande torvmarker. Så är förhållandet när den undersökta punkten mottager vattentillförsel från större arealer med tunn och därför genomsläpplig torv. I så fall inmatas nämligen stora mängder nederbördsvattnen i moränerna efter att ha passerat ett tunt torvtäcke som borttagit syrehalten. Det syrebefriade vattnet glider sedan under torven i markens lutningsriktning. I Roklidsområdet hade sålunda t. o. m. en källa vid basen av en sluttning med gransumpskog syrefritt vatten. Förekomst av gleyhorisonter under mäktig torv synes sammanhänga med förekomst av syrehaltigt grundvatten och där grundvattnet saknar syrehalt, saknas i regel även gleyhorisonter. Dock är sambandet mellan grundvattnets syrehalt och gleyhorisonterna ej så alldeles enkelt. Man bör härvid tänka på, att gleyhorisonterna säkerligen äro utbildade under långa tidsperioder, under vilka grundvattenströmmarna kunna ha växlat, medan grundvattenanalyserna blott representera ett momentant stadium.

Mera kraftiga grundvattenströmmar från torvmark till moränmark ha i ett par fall kunnat konstateras. Det var emellertid med ledning av MALMSTRÖMS karta (fig. 2) över Degerö stormyrs grundvattensförhållanden som dessa strömmar av mig kunde upptäckas. Utan denna karta hade jag med säkerhet ej kunnat finna dem, då de representera rena undantagsfall. I det ena fallet (punkt 43, an. 187, 188) var det fråga om en ändmorän som på grund av sin stenriktedom torde vara betydligt mer genomsläpplig än normal morän. I det andra fallet (gransumpskogen invid Borstmyren, jfr ovan) är det enligt MALMSTRÖMS muntliga meddelande fråga om ett gammalt igen- och övervuxet bäcklopp, som söker sig från myren in mot moränmarken. Däremot har jag förgäves sökt efter fall, där den allmänna långsamma grundvattenrörelse, som måste finnas där terrängen är sluttande, går från torv till normala moräners ytligare lager, vilka dock äro ganska genomsläppliga. Sådana fall borde av topografiska skäl kunna existera, exempelvis å Kulbäckslidens försöksfält (se fig. 1), där torvmarken sluttar tämligen starkt mot den stora moränholmen i fältets norra hälft. Det har emellertid visat sig, att just på sådana lokaler, d. v. s. övergången från torvmark till fastmark, där lutningen går från torvmarken till fastmarken, man synnerligen ofta träffar

hårda och svårgenomträngliga ortstensbankar. Så är förhållandet å den nämnda punkten på Kulbäckslidens försöksfält och alldeles likadan ortsten finner man nedanför den ovan omtalade breda zonen av sluttande torvmarker öster om Kåtatjärnsbäcken. Även där finnes ortstenen just på övergången mellan torvmarken och fastmarken. Flera andra exempel har jag sett härpå i Rokliden och annorstädes. De tidigare av mig (TAMM 1920, s. 210—221) beskrivna alloktona ortstenarna ha uppstått just genom avlopp av torvvatten i genomsläppliga sandavlagringar. På grund av sandens genomsläpplighet får fenomenet där tydligen mycket större omfattning än i morän, men till sin allmänna karaktär är det säkerligen samma företeelse. De mycket långsamma, på större djup framrinnande grundvattenströmmarna synas ej lika lätt kunna ge upphov till alloktona ortstenslager, vilket sannolikt sammanhänger med moränernas på djupet mycket täta beskaffenhet, vilket torde hindra en del av de ortstensbildande kolloiderna att överhuvud taget intränga i moränernas djupare lager.

Det vill alltså synas, som om vattnet från torvmarkerna i en sluttande lid genom ortstensbildning gör moränernas övre skikt i torvmarkernas nederkanter mer eller mindre ogenomsläppliga och därigenom småningom strävar mot att uppnå bestämda och begränsade banor, även om sådana från första början ej varit förhanden. Dessa banors lägen bestämmas i huvudsak av topografien. Sådana lokaler bli säkert tidigt bevuxna med sumpvegetation och täckta av torv av avsevärd mäktighet. Under dylika betingelser synes ej ortsten kunna uppstå (jfr TAMM l. c. s. 200), utan dessa bestämda stråk stabilisera sig som avledare för det vattenöverskott, som eventuellt kan finnas i moränlidens torvmarker, medan fastmarkens överskottsvatten så gott som överallt söker sig väg till såväl de större torvmarkerna som de från dessa utgrenande smala försumpningsstråken.

Spridda rön angående andra egenskaper hos grundvattnet än syrehalten.

Det är givet att den av mig använda metodiken kan användas för undersökningar av grundvattnets beskaffenhet även i andra avseenden. Bland annat låter grundvattenståndet sig utan större besvär fastställas. Någon systematisk undersökning av annat än syrehalten har jag emellertid ännu ej utfört. I många fall behövas stora volymer vatten, varigenom provtagningen blir ganska tidsödande. Anmärkningsvärt är att det uppumpade vattnet under torvmarkernas kantzoner oftast är färglöst, klart och fullkomligt friskt smakande. Om man fortsätter sugningen en stund, blir ofta vattnet fullkomligt slamfritt och kan då prövas som dricksvatten. Fullkomligt fritt från organiska ämnen är det dock ej, när det i ett par

undersökta fall visat en ringa syreförbrukning vid kokning med kaliumpermanganatlösning. Någon som helst skillnad mellan fastmarksgrundvattnet och det från torvmarkernas normala kantzoner uppumpade vattnet med hänsyn till färg och smak föreligger ej. Detta visar således också hän på att fastmarksgrundvattnet tränger in under torven; allt vatten, som varit i direkt beröring med torv, har en obehaglig, fadd smak.

En annan egenskap hos grundvattnet som jag ägnat uppmärksamhet åt är halten av tvåvärdiga järnsalter. Om man vill upptäcka tvåvärdigt järn hos ett vatten, måste analysen utföras omedelbart efter provets insamlande, enär eljest järnet lätt oxideras och faller ut som ferrihydroxid. — För närvarande råder inom flera kretsar av markforskare den något ensidiga åsikten att järnet i podsolmarker endast vandrar som kolloid i trevärdigt stadium. (Jfr TAMM: 1920, s. 99—101, där också finnes litteraturhänvisningar.) Jag har i samma arbete (s. 120) opponerat mig mot denna åsikt, då tvåvärdiga järnsalter måste bildas vid många markminerals vittring. Det är alltså av intresse att undersöka, om vattnet i moränterrängen på Kulbäcksliden, ett typiskt podsolområde, verkligen innehåller tvåvärdigt järn. Då elektrolythalten över huvud taget är oerhördt låg i grundvattnet inom Norrlands urbergsområde, kan man endast vänta sig spår av järn.

Prövningen tillgick sålunda, att vattnet först prövades med rodankalium efter tillsatts av något saltsyra. Härefter oxiderades 50 ccm med saltsyra surgjord vatten med en eller två droppar kaliumpermanganatlösning, uppvärmdes för att avfärga det ringa överskottet av permanganat, varefter provet åter avkyldes och prövades med rodankalium. Tvenne vattenprov, det ena ur en högt ovan alla torvmarker liggande moränmark på Flakatjälen och det andra ett vattenprov ur åsen å Försöksfältet i kantzonen mot den försumpade granskogen, gävo samma resultat, nämligen före oxidation med kaliumpermanganat¹ knappt märkbar rödfärgning med rodankalium, medan de efter oxidationen visade en fullt tydlig reaktion. Ett vattenprov från det nästan plana området å försöksfältet intill Stormyrjälen visade före oxidation knappt märkbar, efter oxidation stark rödfärgning med rodankalium. En titrering av detta vatten med kaliumpermanganat efter tillsats av behörig mängd svavelsyra gav till resultat en halt av 0,012 gr järnoxidul (FeO) per l, under förutsättning att man kan anse att hela permanganatförbrukningen gått åt till järnet. Syrehalten var samtidigt mycket låg, c:a 0,3 ccm per l. Det var i detta område, som ockraavsättande källådror finnas (se ovan s. 16), vilket synes motsvaras av en betydande järnhalt i grundvattnet. Titrering av normala vatten (de ovan nämnda proven) visar att halten järnoxidul i dessa högst uppgår till 0,001 gr per l (Flakatjälen) och 0,003 gr per l (Försöksfältet). Syrehalten i det senare vattnet var samtidigt 1,7—2,1 ccm per l. Naturligtvis äro dessa järntitreringar mycket osäkra. Att döma av de snabba och tydliga färgom-

¹ Överskottet av permanganatet avfärgades vid lindrig uppvärmning av de närvarande organiska ämnena.

slagen tror jag dock ej att de närvarande små mängderna humusämnen i vattnet spelat någon roll. Dessa synas oxideras först vid uppvärmning.

De ovan beskrivna rodankaliumproven visa ovederläggligt, att tvåvärdigt järn förekommer i markvätskan och medföljer grundvattnet i fastmarken vid dess vandringar. Att vattnet är syrerikt synes ej eller åtminstone till en viss grad ej utgöra något hinder för ferroionernas beständighet i detsamma. Detta sammanhänger måhända med den oerhörd låga koncentrationen. Efter en tids förvaring vid rumstemperatur visade prov av det järnhaltiga vattnet ej längre något spår av tvåvärdigt järn.

Diskussion av de vunna resultaten; några slutsatser av skogligt intresse.

Ett av mina undersökningsresultat är konstaterandet av att grundvattnet i moränen under mäktiga torvlager kan vara syrerikt, medan grundvattnet i moränen under tunna torvlager, som äro utbredda över större arealer, plägar vara syrefritt. Det är härvid städse frågan om starkt humifierad torv, s. k. torvdy. Då vatten, som har passerat ett torvlager, är befriat från syre (HESSELMAN, l. c. s. 120, 100), vittnar detta resultat om att någon livligare kommunikation ej förefinnes mellan vattnet i mäktigare torvdy och dess underlag medan däremot tunna torv- eller torvdylager släppa igenom nederbördsvatten.

Den teoretiska förklaringen till att torvdy kan vara alldeles ogenomsläpplig för vatten (härvid bortses från diffusionsprocesser) ligger mycket nära till hands. I torvdyn är nämligen så gott som allt vatten kolloidkemiskt bundet. En torvdymassa är att betrakta som en ganska enhetlig gelmassa och kan därför bilda skikt, som äro praktiskt taget ogenomsläppliga. Helt tunna torvdylager, vilande på mineraljord, liksom också de översta skikten av ett mäktigare torvdylager äro städse genomdragna med rotkanaler o. d. I dessa kan ett fritt vatten förefinnas som kan stå i hydrostatiskt förbindelse med moränens grundvatten, i de fall att torvdylagret är tunt.

Torvdyns ogenomsläpplighet för vatten och även för luft bestyrkes även av det faktum, att det aldrig lyckats mig att uppsuga vatten från morän under mer än 50 cm mäktig torvdy, trots användning av starkaste evakuering. (Jfr sid. 3). När torvdyn avlägsnats, går däremot sugningen bra.

Mina syreundersökningar leda sålunda till antagandet, att det fria vatten, som kan träffas i ett torvdylager, endast om detta lager är tunt (t. ex. under 50 cm) står i hydrostatisk förbindelse med underlagets grundvatten, medan där torvdyn är mäktigare tvänne skilda grundvattensystem, ett i torven och ett i moränen förefinnas. Där flere ogenom-

släppliga torvdylager omväxla med lager av genomsläpplig torv, måste man teoretiskt skäl då också antaga möjligheten av mera än två grundvattensystem.

Tillvaron av skilda grundvattensystem i sådana torvmarker, där mäktigare torvdylager förekomma, göres ytterligare trolig genom MALMSTRÖMS undersökningar angående olika torvslags genomsläpplighet för vatten (l. c., s. 112—113). Vidare har det visat sig vid några senare försök, som dr. MALMSTRÖM utfört, att vid uttagning av prov från fullkomligt vattenmättade torvdylager intet vatten rann av proven. Det är också en känd sak, att om man pressar torvdy mellan fingrarna, intet vatten avrinner utan hela massan pressas ut. Dessa olika iakttagelser bestyrka att allt vatten i från rotkanaler fri torvdy är kolloidkemiskt bundet och att denna därför i homogena lager bör vara alldeles ogenomsläpplig.

Antagandet av tvänne skilda grundvattensystem i vissa torvmarker är sålunda väl grundat. Saken är av intresse vid planläggningen av dikessystem å torvmarker, särskilt vid laggdikenas placering. Då dessa praktiska frågor snarast skola behandlas av MALMSTRÖM saknar jag här anledning att vidare ingå på desamma.

Ett annat resultat av mina undersökningar är konstaterandet av att grundvattnet under torvmarkernas kantzoner plägar vara syrerikt. Detta kan knappast bero annat än på en strömning från den fasta moränmarken. I denna hade i de allra flesta fall grundvattnet normal syrehalt, även intill torvmarkerna. Dessa rön ha varit av stor betydelse för MALMSTRÖM vid hans studier över Degerö Stormyrs tillväxande (l. c. s. 126—129). MALMSTRÖM har därvid antagit tillvaron av ett försumpningsförlopp, som han benämner kantförsumpning. Han antager, att vatten i moränernas övre lager strömmar från fastmarken in under torvmarkerna och åstadkommer ett högt grundvattenstånd i dessa. Allt eftersom torvmarken växer, dämmes detta grundvatten upp allt högre och högre, varvid försumpningsväxterna utbreda sig. Torven »klättrar» därför småningom uppför den fastmark, varifrån grundvattnet kommer. Mina grundvattenundersökningar ha således haft den betydelsen, att de bidragit till en ökad förståelse av skogsförsumpningsmekanik.

Även ur skogsbiologisk synpunkt äro mina syrebestämningar i grundvattnet av ett visst intresse. Man möter nämligen i litteraturen och den allmänna diskussionen rätt ofta den uppfattningen, att skogens mången gång dåliga tillstånd intill torvmarker skulle bero på syrebrist i det på sådana lokaler ofta högt stående grundvattnet. Ett stöd fann den nämnda uppfattningen i de bestämningar av syrehalten, som HESSELMAN (l. c.) utfört å vatten från några brunnar, som upptagits för mätning av grund-

vattensståndet å försöksfältet vid Rokliden, Norrbotten. Mina på ett mera omfattande analysmaterial grundade undersökningar ådagalägga att resultaten från de ovannämnda brunnarna ej får generaliseras. I de flesta fall har jag nämligen funnit en betydande syrehalt i moränernas grundvatten, även intill torvmarkerna.

HUVUDTABELLER, 6—10.

Förklaring.

Syrehalten är överallt angiven i kubikcentimeter syre av 0° temperatur och 760 mm tryck per liter vatten. Analyserna äro försedda med löpande nummer, likaså de undersökta punkterna. Djup avser städse djupet under markytan i cm. Humuslagrets egenskap av råhumus eller torv är angiven, i senare fallet med mäktighet i cm. Kb = Kulbäcksliden, Västerbottens län. R = Rokliden, Norrbottens län. F = försöksfält.

HAUPTTABELLEN, 6—10.

Erklärung.

Der Sauerstoffgehalt ist in ccm Sauerstoff bei 0° Temperatur und 760 mm Druck pro 1 Wasser angegeben. Die Analysen sowie die Lokalitäten sind numeriert. Die Tiefe = Tiefe unter der Bodenoberfläche in cm. Wenn der Humus Torf ist, wird auch seine Mächtigkeit in cm angegeben. Kb = Kulbäcksliden, Västerbotten. R = Rokliden, Norrbotten. F = Versuchsfeld.

Deutsche Übersetzung von in den Tabellen vorkommenden schwedischen Wörtern.

Barrskog = Nadelwald
 Cyperacémosse = Zyperazeen-Moor
 Granskog = Fichtenwald
 Gransumpskog = Sumpfwald mit Fichten
 Källa = Quelle
 Lövkärr = Zyperazeen-Sumpf mit Laubhölzern
 Mossrik = Moosreich
 Mossr. gr. sk. m. vitm. tuv = Moosreicher Fichtenwald mit zerstreuten Bülden von Sphagnazeen
 Rismosse = Zwergstrauchmoor
 Rismossens gränsszon = Grenzzone des Zwergstrauchmoors
 Råhumus = Rohhumus
 Starrkärr = Zyperazeen-Sumpf
 Tallhed = Kiefernheide
 Tallhed med vitm. tuv. = Kiefernheide mit Bülden von Sphagnazeen
 Tallhed vid myren = Kiefernheide beim Moor
 Tallmosse = Zwergstrauchmoor mit Kiefern
 Torv = Torf
 Under = Unter
 Vid botten = am Boden (einer Quelle)
 Vitmossor = Sphagnazeen
 Åder = Ader.

Tab. 6. Moränmark, ej försumpad.

Moränenboden, nicht versumpft.

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
1	1. Kb Kåtaåsen	13.8.24	Hygge i granskog	Råhumus	95	5,10
2	1. » »	»	» » »	»	»	4,31
3	2. Kb F Brunn IV.....	15.7.22	Tallhed	Råhumus	—	0,75
4	2. » » »	»	»	»	—	0,84
5	3. Kb F Nära brunn IV	15.7.22	Tallhed	Råhumus	130	3,78
6	3. » » »	»	»	»	»	4,43
7	3. » » »	»	»	»	»	5,23
8	3. » » »	»	»	»	»	5,23
9	3. » » »	21.7.22	»	»	125	2,27
10	3. » » »	»	»	»	»	3,40
11	3. » » »	»	»	»	»	4,31
12	3. » » »	»	»	»	»	4,67
13	3. » » »	»	»	»	»	4,86
14	3. » » »	18.6.24	»	»	95	1,47
15	3. » » »	»	»	»	»	4,25
16	3. » » »	»	»	»	»	4,65
17	3. » » »	21.6.24	»	»	150	2,74
18	3. » » »	26.6.24	»	»	182	5,30
19	3. » » »	»	»	»	»	6,11
20	3. » » »	»	»	»	210	3,72
21	3. » » »	»	»	»	»	3,88
22	3. » » »	»	»	»	230	4,98
23	3. » » »	»	»	»	»	2,96
24	3. » » »	2.8.24	»	»	250	4,94
25	3. » » »	»	»	»	»	4,14
26	3. » » »	6.8.24	»	»	250—260	5,90
27	3. » » »	»	»	»	»	5,29
28	3. » » »	»	»	»	»	6,25
29	3. » » »	»	»	»	»	8,00
30	3. » » »	»	»	»	»	7,25
31	4. Kb F (10 m fr. 3).....	18.8.24	Tallhed	Råhumus	250 (åder)	8,05
32	4. » » »	»	»	»	»	8,35
33	4. » » »	»	»	»	245	3,21
34	4. » » »	»	»	»	»	3,72
35	4. » » »	»	»	»	»	3,80
36	4. » » »	»	»	»	»	3,96
37	5. Kb F	7.8.24	Tallhed	Råhumus	315	5,28
38	5. » »	»	»	»	»	5,56
39	5. » »	»	»	»	»	5,82
40	6. Kb F	8.8.24	Tallhed	Råhumus	100	5,60
41	6. » »	»	»	»	»	5,49
42	6. » »	»	»	»	150	5,61
43	6. » »	»	»	»	»	5,70
44	6. » »	»	»	»	190	3,33
45	6. » »	»	»	»	»	4,08
46	6. » »	»	»	»	235	6,12
47	6. » »	»	»	»	»	6,45
48	6. » »	»	»	»	285	3,64
49	6. » »	»	»	»	»	3,64
50	7. Kb F	17.7.22	Mossrik granskog	Råhumus	80	3,50
51	8. Kb Stormyr tjälen	12.8.24	Mossrik granskog	Råhumus	100	5,66
52	8. » »	»	» »	»	»	6,11

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsambälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
53	9. Kb N om Strängmyren	12.8.24	Tallhed	Råhumus	100	2,74
54	9. » » » »	»	»	»	»	4,60
55	9. » » » »	»	»	»	260	6,29
56	9. » » » »	»	»	»	»	5,78
57	9. » » » »	»	»	»	»	6,92
58	10. Kb Ö. Kåtatjärnbäcken	5.7.24	Mossrik granskog	Råhumus	110	5,66
59	10. » » » »	»	» » » »	»	»	6,34
60	11. Kb Ö. Kåtatjärnbäcken	5.7.24	Mossrik granskog	Råhumus	30	1,61
61	11. » » » »	»	» » » »	»	»	0,28
62	11. » » » »	7.7.24	» » » »	»	105	2,53
63	11. » » » »	»	» » » »	»	»	2,78
64	12. Kb Ö. Kåtatjärnbäcken	5.8.24	Mossrik granskog	Råhumus	30	0,00
65	12. » » » »	»	» » » »	»	»	0,00
66	12. » » » »	»	» » » »	»	85	3,04
67	12. » » » »	»	» » » »	»	»	3,38
68	13. Kb Västra delen	17.8.24	<i>Dryopteris</i> -granskog	Råhumus	110	0,85
69	13. » » » »	»	» » » »	»	»	1,27
70	13. » » » »	»	» » » »	»	190	1,86
71	13. » » » »	»	» » » »	»	»	1,09
72	14. Kb Västra delen	17.8.24	<i>Dryopteris</i> -granskog	Råhumus	100	2,36
73	14. » » » »	»	» » » »	»	»	2,62
74	14. » » » »	»	» » » »	»	130	0,51
75	14. » » » »	»	» » » »	»	»	0,42

Tab. 7. Degerö Stormyrs kantzoner.
Die Randzonen von Degerö Stormyr.

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsambälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
76	15. Kb F Nära brunn III	14.7.22	Tallhed med vitm. tuv.	Råhumus 15	63	3,99
77	15. » » » 2 m från föreg.	»	» » » »	Torv 30	95	4,68
78	15. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	5,82
79	16. Kb F Nära brunn III	14.7.22	Tallmosse	Torv 35	66	0,00
80	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	85	1,98
81	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	2,22
82	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	95	0,65
83	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	1,34
84	15. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	3,35
85	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	3,45
86	16. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	3,50
87	16. » » » » »	15.7.22	» » » »	» 45	58	0,20
88	17. Kb F Nära brunn III	19.6.24	Tallmosse	Torv 30	45	3,58
89	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	4,22
90	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	86	2,54
91	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	2,54
92	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	160	0,67
93	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	1,02
94	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	1,02
95	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	170	5,48
96	17. » » » » »	»	» » » »	» » » »	»	4,86

An.	P l a t s Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
97	18. Kb F Nära 17, utåt myren.....	18.6.24	Tallmosse	Torv 90—100	120	0,00
98	18. » » » » » »	»	»	» »	»	0,04
99	18. » » » » » »	»	»	» »	160	0,00
100	18. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
101	18. » » » » » »	»	»	» »	95	0,00
102	19. Kb F Nära 18.....	8.8.24	Tallmosse	Torv 75—80	163	0,00
103	19. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
104	19. » » » » » »	»	»	» »	»	0,08
105	19. » » » » » »	»	»	» »	220	0,00
106	19. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
107	19. » » » » » »	»	»	» »	250	0,76
108	19. » » » » » »	»	»	» »	»	0,30
109	20. Kb F Sydöstra delen	18.7.22	Tallhed intill myren	Råhumus	85	4,67
110	20. » » Intill föreg.....	»	Tallmosse	Torv 25	70	2,21
111	20. » » » » » »	»	» »	» »	95	2,70
112	21. Kb SO om försöksfältet	26.6.24	Tallhed intill myren	Råhumus	80	2,28
113	21. » » » » » »	»	» »	» »	»	1,98
114	22. Kb 7 m från 21	27.6.24	Tallmosse	Torv 20	80	2,38
115	22. » » » » » »	»	»	» »	»	2,88
116	23. Kb vid Stormmyrtjälen	4.8.24	Gransumpskog	Torv 40	120	0,00
117	23. » » » » » »	»	»	» »	»	0,08
118	24. Kb vid Stormmyrtjälen	12.8.24	Gransumpskog	Torv 40	55	0,12
119	24. » » » » » »	»	»	» »	»	0,12
220	24. » » » » » »	»	»	» »	100	0,34
121	24. » » » » » »	»	»	» »	»	0,55
122	24. » » » » » »	»	»	» »	»	0,85
123	24. » » » » » »	»	»	» »	150	0,00
124	24. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
125	25. Kb vid Stormmyrtjälen	13.8.24	Gransumpskog	Torv 30	125	0,00
126	25. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
127	25. » » » » » »	»	»	» »	»	0,08
128	26. Kb vid Stormmyrtjälen	1.9.24	Gransumpskog	Torv 20	70	0,63
129	26. » » » » » »	»	»	» »	»	0,42
130	27. Kb vid Borstmyren	22.6.24	Gransumpskog	Torv 20—30	80	0,00
131	27. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
132	27. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
133	28. Kb vid Borstmyren	25.6.24	Gransumpskog	Torv 20	95	0,00
134	28. » » » » » »	»	»	» »	»	0,04
135	28. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
136	29. Kb vid Borstmyren	30.6.24	Gransumpskog	Torv 10—15	100	0,00
137	29. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
138	29. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
139	30. Kb vid Borstmyren	1.7.24	Granskog	Råhumus	50	1,31
140	30. » » » » » »	»	»	» »	»	1,01
141	30. » » » » » »	»	»	» »	160	0,00
142	30. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
143	31. Kb vid Borstmyren	30.6.24	Granskog	Råhumus	60	2,44
144	31. » » » » » »	»	»	» »	130	4,56
145	31. » » » » » »	»	»	» »	»	4,90
146	31. » » » » » »	»	»	» »	160	3,25
147	31. » » » » » »	»	»	» »	»	2,79
148	32. Kb vid Borstmyren	28.6.24	Granskog	Råhumus	95	3,38
149	32. » » » » » »	»	»	» »	»	3,63
150	33. Kb vid Borstmyren	1.7.24	Granskog	Råhumus	95	4,94
151	33. » » » » » »	»	»	» »	»	2,62

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
152	34. Kb F Stora avloppsdiket.....	20.6.24	Tallmosse	Torv 20	200	1,27
153	34. » » » »	»	»	» »	»	1,48
154	35. Kb F Stora avloppsdiket.....	20.6.24	Tallmosse	Torv 20	280	0,00
155	35. » » » »	»	»	» »	»	0,17

Tab. 8. Moränholmar inom Degerö Stormyr.
Moränen-»Inseln» in Degerö Stormyr.

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
156	36. Kb Holme vid Storlundsmynen...	19.7.22	Tallhed	Råhumus	70	4,38
157	36. » » » »	10.7.24	»	»	80	4,39
158	36. » » » »	»	»	»	»	4,81
159	36. » » » »	»	»	»	120	2,15
160	36. » » » »	»	»	»	»	3,72
161	36. » » » »	»	»	»	185	0,42
162	36. » » » »	»	»	»	»	0,17
163	37. Kb Samma holme, lägre än 36	10.7.24	Tallhed	Råhumus	155	0,51
164	37. » » » » » » 36	»	»	»	»	0,84
165	38. Kb Holmens norra sida	10.7.24	Tallhed	Råhumus	80	1,05
166	38. » » » »	»	»	»	40	1,73
167	38. » » » »	»	»	»	100	0,08
168	38. » » » »	»	»	»	»	0,08
169	38. » » » »	»	»	»	165	0,04
170	38. » » » »	»	»	»	»	0,00
171	38. » » » » nära föreg.	»	»	»	70	0,55
172	39. Kb Holmens södra sida	10.7.24	Tallhed	Råhumus	40	1,86
173	39. » » » »	»	»	»	»	1,86
174	39. » » » »	»	»	»	95	0,42
175	39. » » » »	»	»	»	»	0,34
176	39. » » » »	»	»	»	165	0,63
177	39. » » » »	»	»	»	»	0,72
178	40. Kb Laggzonen söder om Holmen	19.7.22	Starrkärr	Torv 35	80	0,00
179	40. » » » » » »	10.7.24	»	» 30	100	0,00
180	40. » » » » » »	»	»	» »	»	0,00
181	41. Kb Norr om Holmen (3 m) ...	19.7.22	Rismosse	Torv 50	80	0,00
182	41. » » » »	10.7.24	»	» 35	225	0,00
183	41. » » » » (8 m) ...	»	»	» »	»	0,00
184	41. » » » »	»	»	» 70	280	0,00
185	41. » » » »	»	»	» »	»	0,00
186	42. Kb Holmen i Kläppm. V-gräns	19.7.22	Tallhed	Råhumus	70	0,90
187	43. Kb Holmen NV om Kläppmyren	19.7.22	Mossrik barrskog	Råhumus	80	0,00
188	43. » » » »	»	» »	»	90	0,00
189	44. Kb Granåsen.....	4.7.24	Mossrik granskog	Råhumus	105	0,00
190	44. » » » »	»	»	»	»	0,00
191	45. Kb Granåsen, invid 44	4.7.24	Cyperacémosse	Torv 15	100	0,00
192	45. » » » » 44	»	»	» »	»	0,00
193	46. Kb Holme i Flakatjälsmynen ...	4.7.24	Rismossens gränsson	Torv 20	90	0,00
194	46. » » » »	»	»	» »	»	0,00
195	46. » » » »	»	»	» »	130	0,00
196	46. » » » »	»	»	» »	»	0,00

Tab. 9. Gränzoner mellan fastmark och mindre torvmarker.
Grenzonen zwischen kleineren Torfböden und Moränenböden.

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
197	47. Kb F Moränåsen	12.7.22	Gransumpskog	Torv 30—45	10	0,54
198	47. » » »	»	»	» »	20	0,27
199	47. » » »	»	»	» »	35	0,81
200	47. » » »	»	»	» »	75	3,78
201	47. » » »	»	»	» »	»	3,57
202	47. » » »	21.7.22	»	» »	100	1,30
203	48. Kb F Moränåsen	13.7.22	Mossr. gr.sk. m vitm.tuv.	Torv 10—20	30	0,32
204	48. » » »	»	» » » »	» »	40	0,05
205	48. » » »	»	» » » »	» »	50	2,65
206	48. » » »	»	» » » »	» »	75	4,32
207	48. » » »	»	» » » »	» »	»	4,98
208	49. Kb F Moränåsen	13.7.22	Mossrik granskog	Råhumus	85	3,24
209	50. Kb F Moränåsen	17.7.22	Mossr. gr.sk. m. vitm.tuv.	Torv 15	45	0,15
210	50. » » »	»	» » » »	» »	»	0,62
211	50. » » »	»	» » » »	» »	65	0,65
213	51. Kb F Moränåsen	20.6.24	Mossr. gr.sk. m. vitm.tuv.	Torv 35	40	2,20
214	51. » » »	»	» » » »	» »	»	2,66
215	51. » » »	»	» » » »	» »	130	2,20
216	51. » » »	»	» » » »	» »	»	2,03
217	51. » » »	»	» » » »	» »	150	1,20
218	52. R F Nära kajan	27.7.22	Mossr. gr.sk. m. vitm.tuv.	Råhumus	70	3,32
219	52. » » »	»	» » » »	» »	»	3,65
220	53. R F Nedanför 52	27.7.22	Gransumpskog	Torv 15	80	0,53
221	53. » » » 52	»	»	» »	»	0,58
222	54. R F Nedanför 53	27.7.22	Tallmosse	Torv 25	75	0,35
223	54. » » » 53	»	»	» »	»	0,37
224	54. » » » 53	»	»	» »	90	0,28
225	55. R F 100 m V 54	28.7.22	Tallmosse	Torv 15	30	1,49
226	55. » » » »	»	»	» »	35	2,09
227	55. » » » »	»	»	» »	50	4,16
228	55. » » » »	»	»	» »	90	4,05
229	56. R F Ovanför lilla myren.....	29.7.22	Mossr. gr.sk. m. vitm.tuv.	Råhumus	75	3,69
230	57. R F Kanten på lilla myren.....	29.7.22	Rissosse	Torv 35	60	0,69

Tab. 10. Torvmarker m. m. i moränlider.
Torfböden etc. auf geeigneten Moränengeländen.

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
231	58. Kb F Nära brunn VI	17.7.22	Gransumpskog	Torv 25	70	0,16
231	59. Kb F 6 m från brunn VI	17.7.22	Gransumpskog	Torv 30	70	0,59
232	60. Kb F 5 m nedanför brunn VI	17.7.22	Gransumpskog	Torv 50	70	0,00
233	61. Kb F Nära holmen (fig. 3).....	1.7.24	Gransumpskog	Torv 90	230	0,00
234	61. » » » »	»	»	» »	»	0,00
235	61. » » » »	»	»	» »	»	0,00
236	61. » » » »	»	»	» »	»	0,00

An.	Plats Lokalitet	Dato Datum	Växtsamhälle Pflanzenverein	Humus Humus	Djup Tiefe	Syre- halt Sauer- stoff- gehalt
292	82. R Ovanför F.....	2.8.22	Gransumpskog	Torv 10	70	0,00
293	83. R Källmark NV om F	2.8.22	—	Torv 65	160	0,00
294	83. » » » » »	»	»	» »	195	0,00
295	84. R Nedanför 83.....	3.8.22	Gransumpskog	Torv 50	90	0,00
296	85. R Källmark nära 83	3.8.22	Gransumpskog	Torv 50	155	0,00
297	86. R Källan, ytvatten	3.8.12	—	—	—	0,00
298	86. » » djupare ned.....	»	—	—	80	0,00
299	87. Kb F Holme, övre kantzonen...	18.7.22	Gransumpskog	Torv 30	90	0,00
300	88. Kb F Mitten på Holmen	18.7.22	Mossrik granskog	Råhumus	130	1,68
301	88. » » » » »	8.7.24	» »	»	170	0,59
302	88. » » » » »	»	» »	»	»	1,22
303	88. » » » » »	»	» »	»	240	0,59
304	88. » » » » »	»	» »	»	»	0,97
305	89. Kb F Holmens överkant.....	8.7.24	Mossrik granskog	Råhumus	30	3,80
306	89. » » » » »	»	» »	»	65	1,94
307	89. » » » » »	»	» »	»	95	4,40
308	89. » » » » »	»	» »	»	»	5,53
309	90. Kb F Holmens nederkant	18.7.22	Mossrik granskog	Råhumus	95	4,67
310	91. Kb F Nedanför Holmen	18.7.22	Gransumpskog	Torv 25	75	1,13
311	92. Kb Moränholme i myr Ö om Kåtatjärnbäcken.....	14.8.24	Mossrik skog	Råhumus	65	2,97
312	92. Kb Moränholme i myr Ö om Kåtatjärnbäcken.....	14.8.24	» »	»	»	3,42
313	93. Kb 15 m från 92	14.8.24	Mossrik skog	Råhumus	80	0,00
314	93. » 15 » » 92	»	» »	»	»	0,00
315	94. Kb Källan vid Flakatjälen	29.6.24	(vid botten)	—	—	8,50
316	94. » » » » »	»	» »	—	—	8,23
317	94. » Morän 3 m från källan ...	»	Hygge	Råhumus	80	1,43
318	94. » » 3 » » »	»	»	»	85	0,84
319	94. » » 3 » » »	»	»	»	»	0,89
320	95. Kb Nära 94, högre belägen ...	2.7.24	»	Råhumus	55	5,02
321	95. » » 94 » » »	»	»	»	»	4,73
322	95. » » 94 » » »	»	»	»	120	4,05
323	95. » » 94 » » »	»	»	»	»	4,22

Anförd litteratur.

- FROSTERUS, B. 1914. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nord-west-Europas Moränengebieten. Geol. Komm. i Finland, geotekn. medd. nr 14, Helsingfors.
- HESSELMAN, H. 1910. Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet. Medd. fr. Statens Skogs-försöksanstalt, 7, Stockholm.
- MALMSTRÖM, C. 1923. Degerö Stormyr. Medd. fr. Statens Skogs-försöksanstalt, 20, Stockholm.
- ROMELL, L.-G. 1922. Luftväxlingen i marken som ekologisk faktor. Medd. fr. Statens Skogs-försöksanstalt, 19, Stockholm.
- TAMM, O. 1920. Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet. Medd. fr. Statens Skogs-försöksanstalt, 17, Stockholm.

RESÜMEE.

Grundwasserbewegungen und Versumpfungsprozesse, durch Sauerstoffanalysen des Grundwassers nordschwedischer Moränen erläutert.

Die Forstliche Versuchsanstalt Schwedens hat sich seit mehreren Jahren mit Studien über die Versumpfung der Nadelwälder im nördlichen Schweden beschäftigt. Dem Verf. wurde vom Vorstand der naturwissenschaftlichen Abteilung, Professor HESSELMAN, die Bearbeitung gewisser sich an die Versumpfstudien anknüpfenden bodenkundlichen Probleme übergeben. Der vorliegende Aufsatz ist die erste Veröffentlichung über meine Studien.

Im nördlichen Norrland sind oft bedeutende Areale in den Moränengebieten versumpft und mit Torf bedeckt. Es kommen grosse und kleinere Moore und Sumpfwälder vor. Ein solches grosses Moor ist »Degerö Stormyr«, das von MALMSTRÖM (1923) in botanischer, hydrologischer und entwicklungsgeschichtlicher Hinsicht sehr eingehend untersucht wurde. Bei Degerö Stormyr, Kulbäcksliden, liegt eines der Versuchsfelder, die von der forstlichen Versuchsanstalt zwecks der Versumpfungsforschungen ausgelegt worden sind. Ein zweites liegt bei Rokliden, Norrbotten, in einem schwach geneigten Moränen-Terrain, grenzt nicht wie das vorige an ein grosses Moor, umfasst aber Sumpfwälder und kleine Moore. In den beiden genannten typischen Gebieten habe ich Untersuchungen über den Sauerstoffgehalt des Grundwassers in den Moränen, besonders an den Grenzen zwischen Torfböden und Moränenböden, gemacht.

HESSELMAN (1910) hat gezeigt, dass das Wasser der Torfböden fast immer frei von Sauerstoff ist. Diese Resultate wurden von MALMSTRÖM 1923 (S. 183) bestätigt. Indessen hatte ich gefunden, dass in vielen Fällen sogenannte Gleybildungen mit Limonitausscheidungen (FROSTERUS 1914 S. 70) in den Moränen unter ziemlich mächtigem Torf vorkommen, obwohl der Torf ganz undurchlässig für Sauerstoff ist. ROMELL (1922) hatte, von mir veranlasst, die Bodenluft in solchen Moränen untersucht und einen bedeutenden Gehalt an Sauerstoff gefunden. Es war indessen schwierig, an den betreffenden Stellen Luftproben zu erhalten, weil beim Saugen fast nur Wasser kam. Dies veranlasste mich, mit einem ähnlichen Bohrapparat Wasserproben aus den Moränenböden aufzusaugen, um sie verschiedentlich zu analysieren.

Untersuchungsmethoden.

Mein Bohrer besteht aus einem 150 cm langem Messingrohr mit einem Stahlkern, der etwas länger als das Rohr ist. Der Kern hat einen Griff und endet in einer Spitze. Es gelingt fast immer durch leichte Schläge mit einem Hammer den Bohrer in den Boden hineinzutreiben; das Rohr wird meistens durch die getroffenen Steine zur Seite gebogen und gleitet an ihnen vorbei. Wenn die gewünschte Tiefe erreicht ist, wird der Kern herausgezogen und das Rohr mit einer kleinen Quecksilberpumpe aus Glas verbunden.

Durch geeignetes Saugen gelingt es dann meistens, ziemlich schlammfreie Wasserproben zu gewinnen. Der Behälter der Hg-Pumpe fasst 50 ccm, die Probeflaschen etwa 32 ccm. In den Proben wurde der Sauerstoffgehalt nach WINKLER ermittelt. Zur Titrierung mit Thiosulfat wurden dabei 25 ccm Lösung der Probeflasche entnommen und mit einer in $\frac{1}{50}$ ccm geteilten Burette titriert. Tab. 1 zeigt, dass die Genauigkeit dabei befriedigend ist.

Tabelle 2 zeigt, dass ein Verweilen der Probe in der Pumpe unter Höchstvakuum während 20 Minuten sehr wenig Einfluss auf den Sauerstoffgehalt des Wassers hat.

Aus Tabelle 3 ist ersichtlich, dass die Anwesenheit von etwas Mineral Schlamm durch Jodadsorption die Resultate beeinflusst. Tabelle 4 und 5 zeigen jedoch, dass diese Fehlerquelle ohne Belang ist, wenn nur die Probeflasche vor dem Herausnehmen der 25-ccm-Probe zur Titrierung gut durchgeschüttelt wird. HESSELMAN (1910) hat schon gezeigt, dass ein etwaiger Humusgehalt im Wasser keinen Einfluss auf die Genauigkeit der Methode ausübt.

Der Sauerstoffgehalt in normalem Moränenboden. Hierzu Tab. 6.

Tab. 6 zeigt den Sauerstoffgehalt des Grundwassers in normalen Moränenböden. Der Gehalt an Sauerstoff ist bedeutend, aber das Wasser ist selten damit gesättigt. Dies kommt eigentlich nur in Aderwasser vor. In Adern und Quellen kann das Wasser sehr reich an Sauerstoff sein, während die Moräne, in der die Ader läuft, ein Grundwasser mit viel weniger Sauerstoff hat. Beispiele geben An. 31—36. Die An. 31 und 32 betreffen Aderwasser, 33—36 Wasser von der Moräne. Die Analysen, Tab. 6, zeigen, dass auch solche Moränenböden, die sich in der Nähe eines grossen Moors befinden, ein sauerstoffreiches Grundwasser sogar in tiefen Schichten haben, 1—2 m unter der Oberfläche des Moores bis zum Felsenboden. Vgl. Lokalität 3, 4, 5, 6, Fig. 3, An. 5—49. Die Niveauperhältnisse an derselben Lokalität zeigt Fig. 1. In Waldtypen mit mächtigerem Rohhumus und besonders mit zerstreuten Bülden von Sphagnazeen ist der Sauerstoffgehalt niedriger: einzelne Proben waren dort sauerstofffrei. (An. 58—75).

Der Sauerstoffgehalt des Grundwassers in den Randzonen und in kleinen Moränen-»Inseln» des Degerö Stormyr. Hierzu Tab. 7—8.

Fig. 1 und 2 sind Karten über Degerö Stormyr. Fig. 1 zeigt, dass der Moorkomplex sehr schwach nach NO geneigt ist. Bei der NO-Grenze des Moors gibt es sehr viele Lokalitäten, wo der Boden an der Grenze kaum geneigt ist, und wo die Topographie allein nicht zeigen kann, ob das Grundwasser vom Moor nach dem Moränenboden oder umgekehrt läuft. An. 76—115, Lokalität 15—22, Fig. 3 betreffen solche Randzonen des Moors. Es zeigt sich, dass das Wasser in den Moränen der Randzonen unter dem Torfe ziemlich sauerstoffreich ist (An. 76—96, 110—111, 114—115.). Wenn man weiter ins Moor geht, wird das Wasser sauerstoffarm. — Bei der Probenahme aus Moränen unter mächtigerem Torf muss man diesen immer zuerst durchgraben um Wasser aufzusaugen zu können.

Ein Randgebiet, das kaum geneigt ist, und wo eine ziemlich ausgedehnte Fläche mit dünnem Torf bedeckt ist, hatte immer ein sauerstoffarmes bis sauerstofffreies Wasser (Lokalität 23—26, Fig. 3, An. 116—129, Tab. 7).

Es ist ganz deutlich, dass Regenwasser, das eine Torfschicht durchsickert, fast ganz von Sauerstoff befreit wird. Eine trockene Rohhumusschicht dagegen lässt einen grossen Teil des Sauerstoffs hindurch. In ziemlich dicht gelagertem Moränenboden wird das Wasser nicht vermischt, auch scheint die Diffusion des gelösten Sauerstoffs sehr langsam vor sich zu gehen. Darum zeigt das Grundwasser grosse Variationen in dem Gehalt an Sauerstoff, und man kann einen verschiedenen Gehalt in zwei nach einander aufgenommenen Proben finden, wie es Tab. 6—8 so oft zeigen. An der Grenze zwischen einem Moorboden und einem Moränenboden zeigt ein vollständiger Sauerstoffmangel des Wassers, dass dieses eine Torfschicht passiert hat, während Sauerstoffreichtum einen Ursprung aus nicht versumpftem Moränenboden andeutet.

Eine kleine »Insel« von ganz normalem Moränenboden, mit Kiefernheide bewachsen (Lokalität 36—41, Fig. 3 An. 156—185, Tab. 7), hat ein sauerstoffreiches Grundwasser in den oberen Bodenschichten aber ein sauerstoffarmes Wasser in den tieferen. Die Insel überragt mit 0,38—0,79 m die Oberfläche des umgebenden Moors (NO bzw. SW von der Insel). Es gibt hier offenbar ein lokales Grundwasser, wahrscheinlich von dem auf die Insel fallenden Niederschlag stammend, während die tieferen Schichten des Moränenbodens einen sehr langsam fliessenden Grundwasserstrom aus dem umgebenden Moor empfangen.

MALMSTRÖM (1923) hat (vgl. Fig. 2) einige Lokalitäten angegeben, wo starke oder schwache Grundwasserströme von Degerö Stormyr in Moränenböden hineindringen.

1. *Die kleine Reihe von Moräneninseln im NW von Kläppmyren.* An. 187—188, (Lokalität 43, Fig. 3) zeigen vollständigen Sauerstoffmangel im Grundwasser. Dieses enthält Schwefelwasserstoff. Die Moräne ist reich an Steinen und verhältnismässig durchlässig für Wasser.

2. *Bei der Insel Grandäsen.* Nach MALMSTRÖM schwacher Grundwasserstrom. An. 189—192 zeigen vollständigen Sauerstoffmangel.

3. *Der Fichtensumpfwald bei Borstmyren.* MALMSTRÖM hat einen starken Grundwasserstrom angezeigt, der ein alter von Torf überwachsener Bach ist. Die Analysen 130—142 zeigen vollständigen Sauerstoffmangel im Gebiet von MALMSTRÖMS Grundwasserstrom (Fig. 2, östliche Ecke) ausser zwischen einigen sehr gutwüchsigen Fichten, wo der Boden durch die Bäume ausgetrocknet war (An. 139—142) und das Grundwasser darum in den obersten Schichten durch Absorption aus der Bodenluft oder durch Regenwasserzufuhr etwas sauerstoffhaltig war. Ausserhalb des Gebiets des alten Bachlaufs war das Grundwasser sauerstoffreich. Das kommt offenbar daher, dass der Torf hier sehr dünn ist und in trockenen Rohhumus übergeht. (An. 143—155). Die Sauerstoffbestimmungen im Grundwasser bestätigen offenbar sehr gut MALMSTRÖMS Auffassung.

Der Sauerstoffgehalt im Grundwasser der Moränen bei kleineren Moorbildungen. Hierzu Tab. 9—10.

1. Randzonen.

In den Randzonen von kleineren Moorbildungen, Zwergstrauchmooren oder Fichtensumpfwäldern, sind die Verhältnisse den in den normalen Randzonen

von Degerö Stormyr beobachteten sehr ähnlich. Das Grundwasser ist sauerstoffreich in den Moränen unter dem Torf. (An. 197—217, Tab. 9, Lokalität 47—51, Fig. 3). Das Grundwasser in den oberen Schichten des Moränenbodens kann sauerstoffarm (An. 203—204, 225) sein, während dasjenige der tieferen Schichten sauerstoffreich ist. Das kommt offenbar daher, dass ein lokales, durch den Torf hindurch gesickertes Wasser ein von dem unversumpften Boden herströmendes, sauerstoffreiches Wasser überlagert. Die Analysen 218—230 aus Rokliden bestätigen ganz die bei Kulbäcksliden gefundenen Tatsachen.

2. *Kleine Moorbildungen mit sauerstoffhaltigem Grundwasser in den Moränen unter dem Torfe.*

Tab. 10, An. 231—263 zeigen die Verhältnisse am Versuchsfeld Kulbäcksliden, Lokalität 58—70, Fig. 3. Das Grundwasser in den Moränen unter dem Torfe hat sehr oft einen bedeutenden Sauerstoffgehalt. Der Torf dürfte ganz undurchlässig für das Regenwasser sein, wenn seine Mächtigkeit mehr als 50 cm ist, und der Torf wie immer an den untersuchten Lokalitäten hochhumifiziert ist. Das Grundwasser muss darum teils aus den umgebenden Moränenböden, teils aus den Randzonen kommen. Die Moränenböden liefern sauerstoffreiches Wasser, dies wird in den Randzonen teilweise mit sauerstoffarmem, durch den dünnen Torf gesickertem Regenwasser vermischt. Da die Vermischung nie vollständig wird, findet man, wie die Analysen zeigen, sowohl sauerstoffhaltiges wie sauerstofffreies Wasser in den Moränen unter dem Torfe.

An. 264—271, 283—291 zeigen ähnliche Verhältnisse an anderen Lokalitäten. Eine kleine Moräneninsel auf dem Versuchsfeld Kulbäcksliden (Lokalität 87—91, Fig. 3) hat in den tieferen Schichten ein sauerstoffarmes Wasser, in den höheren lokales sauerstoffreiches (An. 299—310). Diese Insel liegt in einem Gebiet mit sauerstofffreiem Grundwasser (An. 233—236), wahrscheinlich einem sehr langsamen Grundwasserstrom aus höher liegenden, mit Torf bedeckten Flächen (Fig. 1).

3. *Moorbildungen mit sauerstofffreiem Grundwasser in den Moränen unter dem Torfe.*

Wo grössere Gebiete mit dünnem Torf auf geneigtem Moränen-Gelände vorkommen, findet man oft vollständigen Sauerstoffmangel in den Moränen unter dem Torfe. Ein solches Gebiet findet sich östlich vom Kåtatjärnbäcken, Kulbäcksliden (An. 272—282). Noch ein solches Gebiet habe ich im NW vom Versuchsfeld in Rokliden untersucht (An. 293—298). Die Proben wurden nahe dem unteren Rand eines ausgedehnten Gebiets, das mit Fichtensumpfwald bewachsen ist, gesammelt. Sogar eine Quelle hatte hier ganz sauerstofffreies Wasser, auch an der Oberfläche. Gley-Bildungen mit Limonit-ausscheidungen fehlen.

In keinem Fall ist es gelungen, Grundwasserströme von Torflagern nach den oberen, lockeren Schichten der Moränenböden festzustellen, obwohl die Topographie oft auf die Möglichkeit solcher Ströme hindeutet. Dagegen habe ich gefunden, dass an Lokalitäten, wo man solche Ströme erwarten sollte, es ziemlich ausgebreitete, schwerdurchlässige Ortsteine gibt. Ich habe vorher (TAMM 1920, S. 294) sogenannte allochtone Ortsteine beschrieben, die sich

an den Grenzen zwischen Torflagern und durchlässigen Sandböden bilden. Es ist in Norrland offenbar allgemein, dass Ortstein sich in solchen Fällen ausbildet. Wenn sich einmal ein Grundwasserstrom aus einem Moor in eine durchlässige Moräne hinein gefunden hat, so ist er von der Ortsteinbildung gehemmt worden. Das Grundwasser in den Torfböden dürfte darum bestimmte, von der Topographie angegebene Bahnen aufsuchen, wo der Wasserüberschuss ablaufen kann. Diese Bahnen werden mit Sumpflvegetation und ziemlich mächtigem Torf bedeckt. Unter diesen Bedingungen scheint Ortstein sich nicht bilden zu können (TAMM 1920, S. 293).

Einzelne Beobachtungen über andere Eigenschaften des Grundwassers.

Es ist auffallend, dass das in den Randzonen der Torfböden gesammelte Wasser, wenn es aus den Moränen unter dem Torfe stammt, sehr klar und trinkbar ist, wenn man es frei von Mineralschlamm erhält. Während alles Wasser, das *aus dem Torfe* stammt, sehr fade schmeckt, ist das Wasser *unter dem Torfe* ganz frisch, was auch den Ursprung aus unversumpftem Boden anzeigt.

Durch Prüfung mit Rhodankalium vor und nach Oxydation mit ein paar Tropfen Kaliumpermanganat liessen sich in aus normalen Podsolböden auf Moränen herrührendem Wasser leicht merkliche Mengen Ferrosalze, aber sehr wenig Ferriverbindungen feststellen. Dies war von Interesse, weil viele Bodenforscher behaupten, dass das Eisen in den Podsolböden nur als kolloide Ferriverbindungen wandert, während ich (TAMM 1920, s. 284) in Anschluss an die älteren Bodenforscher auf die Bedeutung der Wanderung auch als Ferroionen hingewiesen habe.

Diskussion der Resultate. Einige Schlüsse von Interesse für die Forstpraxis.

Eines der Resultate ist die Feststellung dass sauerstoffreiches Wasser unter mächtigen Torflagern vorkommt. Unter dünnen Torflagern, die über einer grossen Fläche verbreitet sind, pflegt dagegen das Grundwasser sauerstofffrei zu sein. Da Wasser, das eine Torfschicht durchströmt hat, sauerstofffrei ist (HESSELMAN l. c. S. 120, 100) zeigt der erste Befund, dass es hier eine hydrostatische Verbindung zwischen dem Wasser des Torfes und demjenigen des Moränenuntergrunds nicht gibt. Die dünnen Torflager lassen dagegen das Niederschlagswasser hindurch. (Der Torf der untersuchten Böden ist immer sehr hochhumifiziert [schwedisch: Torfdy]).

Die theoretische Erklärung der Undurchlässigkeit der Torfdy ist einfach. (Von Diffusionsprozessen wird hier abgesehen.) In der Torfdy ist fast alles Wasser kolloidchemisch gebunden. Torfdy ist eine fast homogene Gel-Masse, die leicht undurchlässige Schichten bilden kann. Dünne Schichten davon, die auf Moräne ruhen, und die oberflächlichen Schichten eines mächtigeren Lagers sind jedoch immer von Wurzelrissen und dergleichen durchzogen. In diesen Rissen kann ein freies Wasser vorkommen, das in hydrostatischer Verbindung mit dem Grundwasser der Moränen stehen kann, wenn das Torfdylager dünn ist.

Die Theorie der Undurchlässigkeit der Torfdy für Wasser sowie für Luft wird kräftig getützt durch die Tatsache, dass es mir nie gelungen ist, Wasser

aus Moräne unter Torfdy von mehr als 50 cm Dicke aufzusaugen, auch bei Verwendung von grösster Druckdifferenz. Wenn die Torfdy weggegraben ist, gelingt jedoch das Saugen gut.

Meine Sauerstoffuntersuchungen führen also zur Annahme, dass das freie Wasser, das sich in einem Torfdylager finden kann, nur wo dieses Lager dünn ist (z. B. weniger als 50 cm) in hydrostatischer Verbindung mit dem Grundwasser des Untergrunds stehen kann. Wo die Torfdy mächtiger ist, müssen sich zwei getrennte Grundwassersysteme vorfinden, eines in dem Torf und eines in der Moräne. Wo mehrere undurchlässige Torfdylager mit durchlässigen Torflagern wechseln, muss man theoretisch die Möglichkeit der Existenz von mehr als zwei Grundwassersystemen zugeben.

Die Existenz von getrennten Grundwassersystemen in solchen Torfböden, wo mächtigere Torfdylager vorkommen, ist auch wahrscheinlich gemacht durch MALMSTRÖMS Untersuchungen über die Durchlässigkeit der verschiedenen Torftypen (l. c. S. 112—113). Bei einigen weiteren Versuchen, die Dr. MALMSTRÖM ausgeführt hat, hat es sich gezeigt, dass von Torfdyproben, die aus mit Wasser völlig gesättigten Lagern herausgenommen wurden, kein Wasser abtropfte. Es ist allgemein bekannt, dass wenn Torfdy mit den Fingern gepresst wird, kein Wasser abtropft. Alle diese verschiedenen Beobachtungen stützen die Auffassung, dass alles Wasser in der Torfdy kolloidchemisch gebunden ist, und dass sie darum in homogenen Schichten undurchlässig für Wasser sein muss.

Die Annahme von zwei getrennten Grundwassersystemen in einigen Torfböden ist also gut begründet. Die Sache ist von Interesse beim Auslegen von Drainierungsgraben in den Torfböden. Da diese Fragen bald von MALMSTRÖM behandelt werden sollen, brauche ich hier nicht darauf einzugehen.

Noch ein wichtiges Resultat meiner Untersuchungen ist das Feststellen des häufigen Vorkommens von sauerstoffreichem Grundwasser in den Moränen der Randzonen der Torfböden. Dies muss durch eine Strömung von dem unversumpften Moränenboden her erklärt werden, wo das Grundwasser fast immer normalen Sauerstoffgehalt hat, auch nahe an den Torfböden. Dieser Befund ist von grosser Bedeutung für MALMSTRÖM gewesen (l. c. S. 194) bei seinen Studien über den Zuwachs von Degerö Stormyr. Er ist dabei zu einer Auffassung gelangt, die er Theorie der Randversumpfung nennt. Er nimmt an, dass das Wasser in den oberen Schichten der Moränen nach den Torfböden hinströmt und dort einen hohen Grundwasserstand bewirkt. Indem die Torfbildung sich erweitert, wird das Grundwasser immer höher aufgestaut, wodurch die Sumpfvegetation sich entsprechend mehr verbreitet. Der Torf klettert gleichsam den Moränenboden, von wo das Wasser strömt, hinauf. Meine Grundwasseruntersuchungen haben also etwas zur Kenntnis der Versumpfungsmechanik der Waldböden beigetragen.

Auch vom biologischem Standpunkt aus sind meine Sauerstoffbestimmungen im Grundwasser von einigem Interesse. Man begegnet nämlich in der Literatur und in der allgemeinen Diskussion ziemlich oft der Auffassung, dass der meistens schlechte Zustand des Waldes nahe an den Torfböden aus Sauerstoffmangel in dem an solchen Lokalitäten oft hoch im Boden stehenden Grundwasser herrührt. Eine Stütze fand diese Auffassung in den Sauerstoffbestimmungen HESSELMANS (l. c.) im Wasser einiger Brunnen, die zur Messung des Grundwasserstandes im Versuchsfeld Rokliden, Norrbotten, angelegt waren,

Meine auf ein grösseres Analysenmaterial gegründeten Untersuchungen zeigen, dass die Resultate der Untersuchungen von den oben angeführten Brunnen nicht generalisiert werden dürfen. Meistens habe ich nämlich einen bedeutenden Sauerstoffgehalt in dem Grundwasser der Moränen gefunden, auch ganz nahe an den Torfböden.
