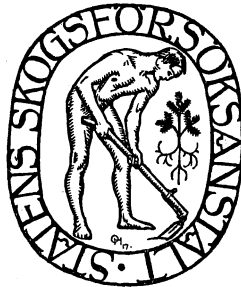


MARKSTUDIER I DET NORD- SVENSKA BARRSKOGS- OMRÅDET

BODENSTUDIEN IN DER NORDSCHWEDISCHEN NADELWALDREGION

AV

OLOF TAMM



MEDDELANDEN FRÅN STATENS SKOGSFÖRSÖKSANSTALT
HÄFT. 17 . Nr 3

MEDDELANDEN

FRÅN

STATENS
SKOGSFÖRSÖKSANSTALT

HÄFTE 17. 1920

MITTEILUNGEN AUS DER
FORSTLICHEN VERSUCHS-
ANSTALT SCHWEDENS

17. HEFT

REPORTS OF THE SWEDISH
INSTITUTE OF EXPERIMENTAL
FORESTRY

No 17

RAPPORTS DE LA STATION DE RECHERCHES
DES FORÊTS DE LA SUÈDE

No 17



REDAKTÖR
PROFESSOR GUNNAR SCHOTTE

RÄTTELSER.

Sid. 69 rad 18 uppifrån	<i>står</i> : pleokronism, <i>skall vara</i> : pleokroism.
» 69 » 30 »	<i>står</i> : metoder, <i>skall vara</i> : mineraldiagnoser.
» 88 » 5 »	<i>står</i> : det senares, <i>skall vara</i> : kaliums.
» 107 i tabell 2	<i>står</i> : Moderablagerung, <i>skall vara</i> : Mutterablagerung.
» 135 i figurförklaringen	<i>står</i> : århundraden, <i>skall vara</i> : årtusenden.
» » »	<i>står</i> : Jahrhundertern, <i>skall vara</i> : Jahrtausenden.
» 212 rad 4 uppifrån	<i>står</i> : torven, <i>skall vara</i> : ortstenen.
» 236 » 17 »	<i>står</i> : nuvarande ljungrik.; <i>skall vara</i> : nuvarande: ljungrik.
» 270 översta tabellraden	<i>står</i> : t, 50 cm, <i>skall vara</i> : g, 50 cm.

INNEHÅLL.

	Sid.
EDVARD WIBECK: Det norrländska tallfröets grobarhet	1
Die Keimfähigkeit des norrländischen Kiefersamens.....	17
GÖSTA MELLSTRÖM: Skogsträdens frösättning år 1919	21
Der Samenertrag der Waldbäume in Schweden im Jahre 1919	46
OLOF TAMM: Markstudier i det nordsvenska barrskogsområdet	49
Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion	277
IVAR TRÄGÅRDH: Undersökningar över nunnans uppträdande	
i Gualöv 1915—1917	301
Untersuchungen über das Auftreten der Nonne bei Gualöv 1915—1917.....	326
EDVARD WIBECK: Om olika skogsodlingsmetoders förhållande	
till uppfrysningssafaran i Norrland	329
Über die Gefahr des Auffrierens bei verschiedenen Forstkulturmethoden in Norrland	345
Redogörelse för verksamheten vid Statens Skogsförsöksanstalt	
under år 1919. (Bericht über die Tätigkeit der Kgl. Forstlichen Versuchsanstalt Schwedens im Jahre 1919; Report about the work of the Swedish Institute of Experimental Forestry).	
I. Skogsavdelningen (Forstliche Abteilung. Forestry division) av GUNNAR SCHOTTE	349
II. Naturvetenskapliga avdelningen (Naturwissenschaftliche Ab- teilung; Botanical-geological division) av HENRIK HESSELMAN	354
III. Entomologiska avdelningen (Forstentomologische Abteilung; entomological division) av IVAR TRÄGÅRDH	356
IV. Avdelningen för förnygringsförsök i Norrland (Abteilung für die Verjüngungsversuche in Norrland; Division for afforestation problems in Norrland) av EDVARD WIBECK	357



MARKSTUDIER I DET NORD- SVENSKA BARRSKOGSOMRÅDET.

FÖRORD.

Föreliggande arbete grundar sig huvudsakligen på förf:s egna undersökningar under åren 1912—1919, vartill dock komma några ej förut publicerade observationer, som gjorts å Statens skogsforsöksanstalt af olika iakttagare.

Under arbetets gång har jag fått röna välvilja och understöd på många sätt av ett stort antal personer.

Främst vill jag nämna professor H. H e s s e l m a n, som givit mig många råd och uppslag och med mig diskuterat observationer och resultat, samt överhuvud taget givit mig det mesta av min, låt mig säga, skogliga uppfostran, om ock i detta hänseende även beröringen med andra av mina förmän och kolleger vid Statens skogsforsöksanstalt och Skogshögskolan varit av betydelse för mig. Tack vare professor H e s s e l m a n har min undersökning till stor fördel för densamma fått inrymmas i skogsforsöksanstaltens arbetsprogram.

Min lärare professor G. D e G e e r, är jag skyldig särskild tacksamhet. Genom hans ständigt betonande af tidsfaktorns betydelse vid naturhistoriska studier erhöj jag det ursprungliga uppslaget till min undersökning. Han har sedan på allt sätt med intresse understött densamma.

Vår mest framstående kännare av Norrlands natur, professor A. G. H ö g b o m har med mig diskuterat åtskilliga problem och resultat och därvid meddelat värdefulla råd och vinkar. Han har liksom även professorerna H. B ä c k s t r ö m och P. Q u e n s e l låtit mig utföra betydande delar av materialets bearbetning på sina respektive institutioner. Professor R. S e r n a n d e r har med det vänligaste intresse i anslutning till min undersökning satt mig in i de växtfysiognomiska åskådningssätten.

Vid publicerandet av mitt arbete har jag rönt vänligt bistånd av professor G. S c h o t t e. Fil. lic. L. G. R o m e l l har biträtt vid korrekturläsningen.

Fil. kand. C. M a l m s t r ö m har dels ritat en kartsbild åt mig, dels genom diskussion av olika problem i fält och annorstädes varit mig till utom-

ordentligt bistånd. Värdefulla råd och upplysningar beträffande analytisk-kemiska, petrografiska, kolloidkemiska spörsmål har jag mottagit av resp. fil. dr R. Mauzelius, fil. dr N. Sundius och docenten S. Odén. Jägmästare E. Wibeck har ställt åtskilligt observationsmaterial till mitt förfogande samt med sin stora erfarenhet angående norrländska skogsförhållanden givit mig viktiga upplysningar.

Ett antal kemiska analyser för mitt arbete ha godhetsfullt utförts av fil dr N. Sahlbom, genom vars erkänt exakta arbete en viss kontroll på mina egna analyser erhållits. Enstaka analyser ha vidare på Stockholms högskolas analytisk-kemiska laboratorium utförts av herrar E. Norin och N. Lövgren samt fröken G. Brandting.

Under mina resor har jag rönt välvilja och bistånd av ett stort antal jägmästare och kronojägare. Även hos representanter för det enskilda skogsbruket har jag rönt det älskvärdaste mottagande och understöd, jag vill här med tacksamhet särskilt nämna ingenjör C. Norström, Merlo, Skönvik och skogschefen C. F. Löwenhielm, Mölnbacka.

Ett stort antal personer ha såsom hantlangare med träget arbete bisprungit mig vid de stundom besvärliga fältundersökningarna.

Till alla de personer, som på det ena eller andra sättet varit mig till bistånd, ber jag få på denna plats uttala min djupt kända tacksamhet.

INNEHÅLL.

INLEDNING	53
Kap. 1. Undersökningens planläggning och förlopp, terminologi och arbetsmetoder	60
A. Undersökningens planläggning och förlopp.....	60
B. Terminologi	63
C. Arbetsmetoder	65
Kap. 2. Om de kvartära mineraljordslagens kemiska egenskaper	71
A. Avlagringar. grövre än leror.....	72
1. Jordarternas beskaffenhet enligt iakttagelser och analyser	72
2. De finkornigaste jordartsbeståndsdelarnas kemiska egenskaper	76
3. Slutsatser.....	85
B. De kvartära lerornas kemiska sammansättning	86
Kap. 3. Mekaniska och fysikaliska processer, vilka äga betydelse för podsolprofilens utbildning	90
A. Mekanisk vittring och nedslamning.....	90
B. Rörelser i marken	92
1. Biologiskt orsakade rörelser.....	93
2. Rörelser, beroende på rent fysikaliska orsaker	94
Kap. 4. Podsoleringens kemi	98
A. Karbonatvittring	101
B. Silikatisk vittring	103
1. Humuslagrets roll.....	103
2. Blekjordsbildning	104
3. Rostjordsbildning	110
4. Översikt över olika ämnens förhållande vid podsoleringen	114
a. Kiselsyra. b. Titan. c. Aluminium. d. Järn. e. Mangan. f. Fosforsyra. g. Magnesium. h. Kalcium. i. Natrium. j. Kalium. k. Svavel-syra. l. Lösliga elektrolyter.	
5. Överblick över de kemiska processerna.....	125
6. Moderavlagringens roll vid podsoleringen.....	127
7. Topografiens betydelse för podsoleringsprocesserna	130
Kap. 5. Podsoleringens hastighet och utveckling i olika växtsamhällen... ..	133
A. Podsoleringen å mycket unga marktytor	134
1. Undersökningsmaterial	134
2. Slutsatser	147

B. På ej försumpad mark förekommande skogstyper och deras råhumusbildande förmåga.....	150
C. Markprofilens utveckling i olika skogstyper.....	154
D. Podsoleringen å gamla marker.....	166
1. Mossrika skogstyper	166
2. Tallhedar.....	169
E. Om skogseldars inverkan på podsoleringen.....	188
Kap. 6. Om ortstensbildning	190
A. Om ortstenarnas egenskaper.....	191
B. Ortstens allmänna uppträädande	194
C. Autokton ortsten	196
1. Ortstens samband med podsoleringsgrad och skogstyp	196
2. Ortsten i mossrika skogar	197
3. Exempel på ortstensförekomster i mossrika skogar	201
4. Ortsten i tallhedar	204
D. Allohton ortsten	210
1. Omgivningarna kring Brånet, Degerfors kyrkby och Rosinedal Västerbotten.....	211
2. Området omkring Svanamy, Skaite kronopark. Råneå socken, Norrbotten	213
3. Området invid en myr, närmast öster om Fagerheden, Norrbotten.....	215
4. Området invid Kvarntjärn, Fagerheden, Norrbotten	217
5. Lokal vid Kulbäcksliden, Degerfors.....	221
6. Slutsatser	221
Kap. 7. Podsoleringen i Nordsverige ur klimatologisk synpunkt	222
Kap. 8. Om podsolprofilens omvandling vid markens uppodling.....	227
Kap. 9. Återblick på podsolprofilen och försök till teori för densammans uppkomst	231
Kap. 10. Skogligt betydelsefulla slutsatser av de utförda undersökningarna	236
Kap. 11. Detaljundersökningar och tabeller	245
A. Kemiskt undersökta marktytor, nr 1—14.....	246
F. Diverse kemiska analyser.....	267
G. Kemiska ortstensundersökningar	269
Anförd litteratur.....	271

Inledning.

Under de senaste sextio åren har uppstått en självständig forskningsgren, pedologien, som har till föremål marken eller *det av atmosfären och nederbörden direkt påverkade översta lagret av jordskorpan, i vilket vegetationen har sitt fäste och ur vilket den till betydande del hämtar sina näringsämnen*. Marken eller jordmånen är för den moderne pedologen ett, man skulle nästan kunna säga, levande väsen, som utvecklas och förändras under inflytande av en serie olika agentier, såsom klimat, vegetation, djurliv, kultur, men vars egenskaper även i hög grad beror på primära faktorer, såsom geologisk-petrografiska och topografiska förhållanden. Pedologiens uppgift är att utreda alla dessa faktors roll vid jordmänsbildningen. Den måste därför hämta sina arbetsmetoder från många skilda naturvetenskaper såsom geologi, mineralogi och petrografi, kemi, fysik, biologiska discipliner, geografi och klimatologi. Först genom att allsidigt ta hänsyn till de sålunda mycket olikartade företeelser, som spela in vid jordmänsbildningen, kan en verklig kännedom om marken ernås.

I andra hand har pedologien rent praktiska syften. Dessa äro att så vitt möjligt utreda betingelserna för vegetationens liv i den mån som dessa basera sig på markens egenskaper. Ur denna synpunkt bör pedologien eller markläran kunna bli en av de för den mänskliga kulturen mest betydelsefulla vetenskaperna.

Inom jordbruksforskningens område dröjde det ganska länge, innan de rent pedologiska problemställningarna vunno beaktande. I stället nöjde man sig med att utreda vissa växtfysiologiska och agrikulturkemiska frågor, som voro av mera påtaglig betydelse för kulturväxterna. I många länder kan denna ståndpunkt ännu ej sägas vara övervunnen. Den stora förtjänsten av att inom detta område ha vidgat synpunkterna till att omfatta marken som ett självständigt helt tillkommer den skola av förtjänste markforskare, som uppstått i Ryssland.

Inom skogsmarksforskningen kom man mera oförmedlat in på de pedologiska frågorna. Måhända sammanhängde detta med att de växtfysiologiska och rent kemiska problem, som här mötte, voro svårare att utreda och i högre grad än i fråga om åkern förutsatte en allmän kännedom af marken i sin helhet. Den som på detta område utan tvivel varit banbrytande är den berömde danske forskaren P. E. Müller, vars arbeten, ehuru kanske ej började med rent pedologiska synpunkter för ögonen, kunna tjäna som mönster för forskningar inom denna vetenskapsgren.

Vetenskapliga undersökningar på den skogliga marklärans område togos under senare delen av adertonhundratalet upp på olika håll, främst i Tyskland. I allmänhet tillvunno de sig kanske det största intresset, där de naturliga markförhållandena förorsakade den praktiske skogsvårdaren svårigheter av ett eller annat slag, speciellt vid föryngringen. Det är då naturligt, att i vårt land med dess länge extensiva skogsbruk man relativt sent kom att ta upp frågor inom pedologiens område till behandling. I den mån, som vårt skogsbruk alltmera kommit från en mera primitiv ståndpunkt har emellertid även markforskningen kommit i ett annat läge. Vid Statens skogsförsöksanstalt har därför allt ifrån början av dess verksamhet ägnats stor uppmärksamhet åt markfrågorna. Arbeten, behandlande hithörande problem ha tid efter annan vid försöksanstalten fullbordats och offentliggjorts.

En ingående, enhetlig studie över någon bestämd skogsmarktyp har emellertid hittills ej utförts. I detta hänseende är den föreliggande undersökningen avsedd att utgöra en början. Emellertid ha på grund av forskningsföremålets natur ej enbart skogliga synpunkter betonats, utan även sådana av allmänt naturhistoriskt intresse.

Undersökningen har till en betydande del bestått i att söka utreda de vanliga nordsvenska skogstypernas inverkan på marken och markens betydelse för skogen. Emellertid har studiet egentligen inskränkt sig till mineraljorden och de processer, som i denna äro verksamma. Humustäckets och dess egenskaper ha endast behandlats i den mån de äga betydelse för processerna i mineraljorden. De stora problem, som representeras av skogens och humustäckets växelverkan med varandra, och vilka behandla praktiskt oerhört viktiga frågor, ha måst lämnas åsido, enär undersökningen eljest skulle blivit alltför vidlyftig. Undersökningar angående dessa frågor ha offentliggjorts av H e s s e l m a n (1917 b, 1917 c), och ytterligare omfattande studier i denna riktning pågå under hans ledning å Statens skogsförsöksanstalt.

Om jordmånen i Sveriges skogar har H e s s e l m a n (1911) offentliggjort en sammanställning. Han karakteriserar där de nordsvenska barrskogarnas normala humustäcke såsom en råhumus av växlande beskaffenhet, underlagrad av blekjord och rostjord. En sådan jordmånstyp benämnes numera internationellt en *podsol* (jfr H e s s e l m a n, 1917 a, sid. 397.) Enligt H e s s e l m a n såväl som tidigare författare t. ex. R a m a n n (1911, sid. 581—585), G l i n k a (1914, sid. 66—67), utgör podsoltypen den av klimatet betingade jordmånstypen i hela norra Sverige.

Det överskott av nederbörd, som söker sig väg genom jordytans översta lager utan att avdunsta, är överallt i vårt land betydande och framkallar oftast i markytan en urlakning, som kan föranleda en blekjordsbildning,

som underlagras av en anrikningszon, rostjorden. Som Hesselman (1917 a, sid. 397—408) framhåller, förefinnas emellertid också inom ett så genuint podsolområde som norra Sverige många lokala avvikelser från denna typ. H. beskriver sålunda marker, där humuslagret är mullartat och mer eller mindre intimt blandat med mineraljorden och övergår i denna utan skarp gräns. Mineraljorden är grå, brun eller gråbrun, vilken färgnyans stundom långsamt förtonar nedåt, i andra fall åter övergår i mörkare brunt, betecknande en på vissa beståndsdelar anrikad zon, vilken i sin tur utan skarp gräns övergår i underlaget.

Av Frosterus (1914) undersökningar i Finland känner man vidare avarter av podsolprofilen, vilka förekomma dels å lermarker, dels å terrängar med relativt högt grundvattenstånd.

Å terrängar med styva leror sker markprofilens utbildning sålunda på grund av lerans ogenomsläpplighet och möjligen även andra orsaker under olika förhållanden jämfört med övriga jordarter. Huruvida lerprofilerna, där de ej äro försumpade, stå närmare de mullartade eller de normalt podsolerade profilerna, är för närvarande ej möjligt att avgöra. Frosterus, (1914, sid. 53—64) fann dem avvika från normala podsolmarker, men har ännu ej slutgiltigt utrett deras egenskaper.

Å terrängar med mer eller mindre högt grundvattenstånd förekomma enligt Frosterus jordmånstyperna humuspodsol, gleypodsol och äkta grundvattensmark (echter Grundwasserboden). Humuspodsolen karakteriseras bäst därav, att den har ett på utfällda humusämnen rikt, svartbrunt anrikningsskikt under blekjorden. Gleypodsolen är en podsolprofil, som står under inflytande av uppåtstigande grundvatten, vilket ger sig tillkänna genom avsättning av karaktäristiska, vanligen vertikalt strimmiga, limonitiska partier på lägre eller högre nivå i marken. Profilen tillhör i övrigt vanligen humuspodsolens typ. Den äkta grundvattensprofilen träffas under mäktigare torvlager, där grundvattenståndet ständigt står högt. Den karakteriseras av ett mörkt, gråbrunt, humushaltigt övergångsskikt under torven, som småningom förtonar i det oförändrade underlaget.

Till skillnad från de ovan beskrivna marktyperna benämnes den normala podsoltypen, som härskar å ej försumpade terrängar, *skogspodsol* eller *järnpodsol* (Frosterus). Det är denna, de vanliga barrskogarnas jordmånstyp, som utgör det egentliga föremålet för denna avhandling, medan jag framdeles hoppas få framlägga detaljstudier angående flera av de ovan anförda typerna.

De naturliga jordmånstyper, som man påträffar i norra Sverige fördela sig ungefär på följande sätt: I näringsrika sluttningar, lunddälder, lövängar och där kalciumkarbonat rikligt ingår i markens ytlager eller tillföres genom vatten från annat håll, förefinnas de enligt Hesselman

(l. c.) av mull karaktäriserade jordmånerna utan tydlig blekjordsbildning. I sankmarker, där torvlagret dock ej är alltför mäktigt, förekomma humuspodsol och gleypodsol. I marker, där torven har större mäktighet och grundvattnet ständigt står mycket högt, träffas den äkta grundvattensprofilen. Å de väldiga arealer, där icke de ovan berörda förhållandena existera, råder *järn-* eller *skogspodsolen*, vars utbildning, egenskaper och variationer nedan skola beskrivas. Denna typ är sålunda för det mesta härskande å moränmarkerna, å rullstensgrus-, sand- och mjälmarker och å en del lättare leror, samt torde vara den allmännaste marktypen inom hela det nordsvenska barrskogsområdet.

Skogspodsolprofiler i norra Sverige ha beskrivits av åtskilliga författare. De, som först lagt märke till några hithörande företeelser torde vara H o l m e r z och Ö r t e n b l a d (1886, sid. 12). Dessa forskare lyckades emellertid ej på ett riktigt sätt tolka sina markobservationer. Några iakttagelser finner man vidare hos A l b. N i l s s o n (1895, sid. 3), samt mera ingående undersökningar hos H e s s e l m a n (1910, sid. 47—57, 1911, sid. 43—50, 1917 a, sid. 397, 1917 c, sid. 1234—1236).

Å Statens skogsförsöksanstalt föreligger nu ett ganska rikhaltigt observationsmaterial för bedömande av skogspodsolens egenskaper. Det försök, som här skall göras att beskriva ifrågavarande marktyps normala karaktär är huvudsakligen grundat på författarens personliga erfarenheter. Beskrivningen kommer naturligtvis att till en del utgöra en upprepning av äldre författares iakttagelser. Se även fig. 1 och 2.

Den vegetation, som är typisk för en normalt podsolerad mark i norra Sverige, är av en sådan karaktär, att ett råhumuslager uppkommer genom omvandling av densamma avfall. En barrskog med undervegetation av ris, mossor och i vissa fall lavar är därför mest betecknande för ifrågavarande podsolterränger. Under det levande mosskiktet finnes ett 0.5—3 cm mäktigt förnalager och under detta ett mer eller mindre tätt och hopfiltat råhumuskikt av en mäktighet, varierande mellan 1—2 cm och 10—15 cm. Bland risen är särskilt *Myrtillus nigra* enligt H e s s e l m a n en kraftig råhumusbildare och har därför en starkt podsolerande inverkan.

Under råhumustäcket finnes ett skikt av askvit färg, blekjorden. Gränsen mot humuslagret är ganska skarp, ävensom mot det underliggande lagret. Mäktigheten är, när man ser saken i detalj, mycket varierande, från 1—2 cm till 30 cm. Den genomsnittliga mäktigheten är olika å olika ytor och trakter, oftast är den mellan 5 och 15 cm. Mineralkornen i blekjorden te sig merendels starkt vittrade. Fältspatkornen synas vara överdragna med en pulverartad, vit skorpa och de mörka mineralen träda beträffande kvantiteten märkbart tillbaka vid jämförelse med det ovittrade underlaget (moderavlagringen).



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.
Efter Hesselman, 1917 b.

Foto av H. HESSELMAN o. T. LAGERBERG.

Fig. 1. Typisk gammal, genombläddad granskog av *Myrtillus*-typ å starkt podsolerad mark. Kulbäcksliden, Vb. — (Typischer, älterer, ausgleicheter Fichtenwald von *Myrtillus*-typus; Kulbäcksliden, Västerbotten.)

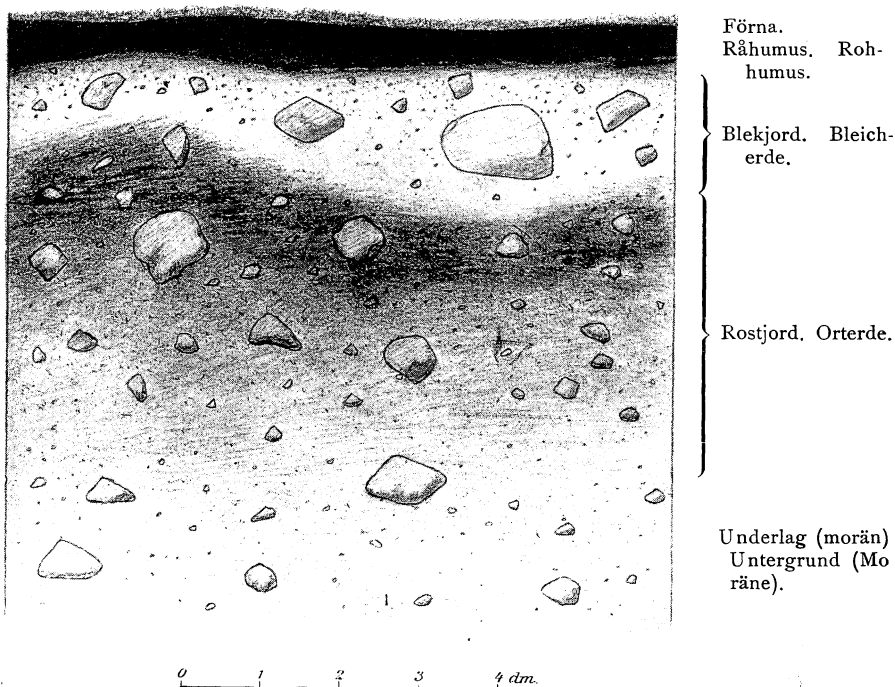


Fig. 2. Schematisk skogsodssolprofil från det nordsvenska barrskogsområdet. — (Schematisches Waldpodsolprofil aus der nordschwedischen Nadelwaldregion.)

Rostjorden är rostfärgad med en rödaktigt gulbrun färgton. Överst inom fem till tjugo cm från blekjordens undre gräns räknat är den starkt färgad, men börjar sedan att ljusna och förtonar småningom utan skarp gräns i underlaget, som vanligen är grågult till grått. Inom rostjordens nedre del och även inom underlaget förefinnas stundom här och var i förhållande till det omgivande materialet något starkare rostfärgade fläckar och strimmor, utsträckta i horisontalld. Även förekommer, att vissa stenar delvis äro överdragna med rostartade hinnor. Mot djupet avtaga alla dessa fenomen och försvinna slutligen nästan alldeles.

I rostjorden, särskilt dess övre, mest karaktäristiska del, äro mineralkornen allmänt omgivna av rostfärgade hinnor. Det är härigenom skiktets färg uppstår. Mot djupet bli dessa hinnor allt tunnare och kunna på större djup ej ens med lupp urskiljas. Bortskaffas de, synas mineralkornen vara ovittrade. I rostjordens översta del kan dock ofta en svag vittring iakttagas. På grund av de utfällda hinnorna omkring jordpartiklarna blir rostjorden något tätare än profilens övriga lager.

Stundom innehåller rostjorden fasta klumpar eller linser, ortsten.

Ibland är denna utbildad som större skikt eller lager på rostjordens plats och ersätter denna.

Underlaget eller moderavlagringen består av morän, rullstensgrus, sand eller mjåla, stundom lättare lera. Trots de förändringar, som moderavlagringen undergått i och med podsoleringen, har marken ända upp till humustäcket i hög grad sin karaktär bestämd av densamma. En blekjord bildad av morän har sålunda fysikaliskt sett i det stora hela sina moränegenskaper kvar.

Växtrötterna pläga i podsolmarken ej gå långt mot djupet. Ofta synas trädrötterna med förkärlek förgrena sig i humustäcket och rostjorden, vilka synas kunna erbjuda rikligast med näring. Redan å 0.5 meters djup försvinna i allmänhet rötterna, om man bortser från de närmaste omgivningarna omkring träden, där de kunna nå 1 meters djup och stundom mera. Särskilt i övre Norrland är rötternas tendens att hålla sig i markens övre lager som bekant framträdande.

Svampar och andra lägre växter spela en betydande roll i humuslagret, som ofta är i hög grad sammanvävt av svamphyfer och, delvis till följd härav, hopfiltat. Även i lagren närmast under humusen torde dylika organismer kunna förekomma, även om de ej spela så särdeles stor roll. Något lägre djurliv av betydelse torde saknas i mineraljorden; i varje fall har något sådant av mig ej observerats.

KAP. I.

Undersökningens planläggning och förlopp, terminologi och arbetsmetoder.**A. Undersökningens planläggning och förlopp.**

År 1912 började författaren en pedologisk undersökning å den gamla, år 1796 uttappade Ragundasjöns botten (Jämtland) för att utröna om marken härstädes företedde väsentligen andra egenskaper än utanför sjöområdet. I så fall borde man nämligen kunna få en föreställning om markprocessernas hastighet.

I samband härmed utfördes ganska omfattande analytisk-kemiska arbeten å Stockholms Högskolas mineralogiska laboratorium under läsåret 1912—1913, varefter ett preliminärt meddelande (T a m m, 1913) publicerades. Följande sommar ägnades till stor del att studera kalkens urläkning i marken inom Ragundaområdet, varjämte undersökningen på prof. H e s s e l m a n s förslag utvidgades att omfatta markytor av olika ålder vid Norrlandskusten. Som en början rekognoscerades området omkring Indalsälvens mynning av Medelpadskusten. Resultatet av kalkundersökningarna i Ragundatrakten offentliggjordes delvis i en uppsats (T a m m, 1914) men beträffande de övriga frågorna började det allt mera stå klart för mig, att en ingående kemisk-mineralogisk bearbetning av de processer, som givit upphov till den i Norrland förhärskande jordmånstypen samt en detaljerad undersökning av vegetationens betydelse för profilutvecklingen voro nödvändiga, innan några definitiva slutsatser angående markprocessernas hastighet kunde dragas. Sommaren 1914 igångsattes fältundersökningar i detta syfte, huvudsakligen lokaliserade till Medelpadskusten och Ragundaområdet. På vintern 1915 fortsattes den kemiska bearbetningen å geologiska institutets i Uppsala laboratorium, varefter åter ett preliminärt meddelande, behandlande kemisk-mineralogiska resultat offentliggjordes (T a m m, 1915).

Undersökningarna började nu alltmera komma in på skogliga problem. Det rörde sig nämligen om att studera olika skogstypers inverkan på marken och markprocessernas betydelse för skogen. Sedan förf. år 1915 blivit anställd vid Statens Skogsförsöksanstalt, fingo dessa undersökningar fortsättas där och blevo jämte andra pedologiska arbeten led i denna institutions arbetsprogram. De skogliga synpunkterna blevo naturligen nu

alltmer skjutna i förgrunden och bl. a. upptogs till behandling problemet om ortstensbildningen och dess förhållande till skogen.

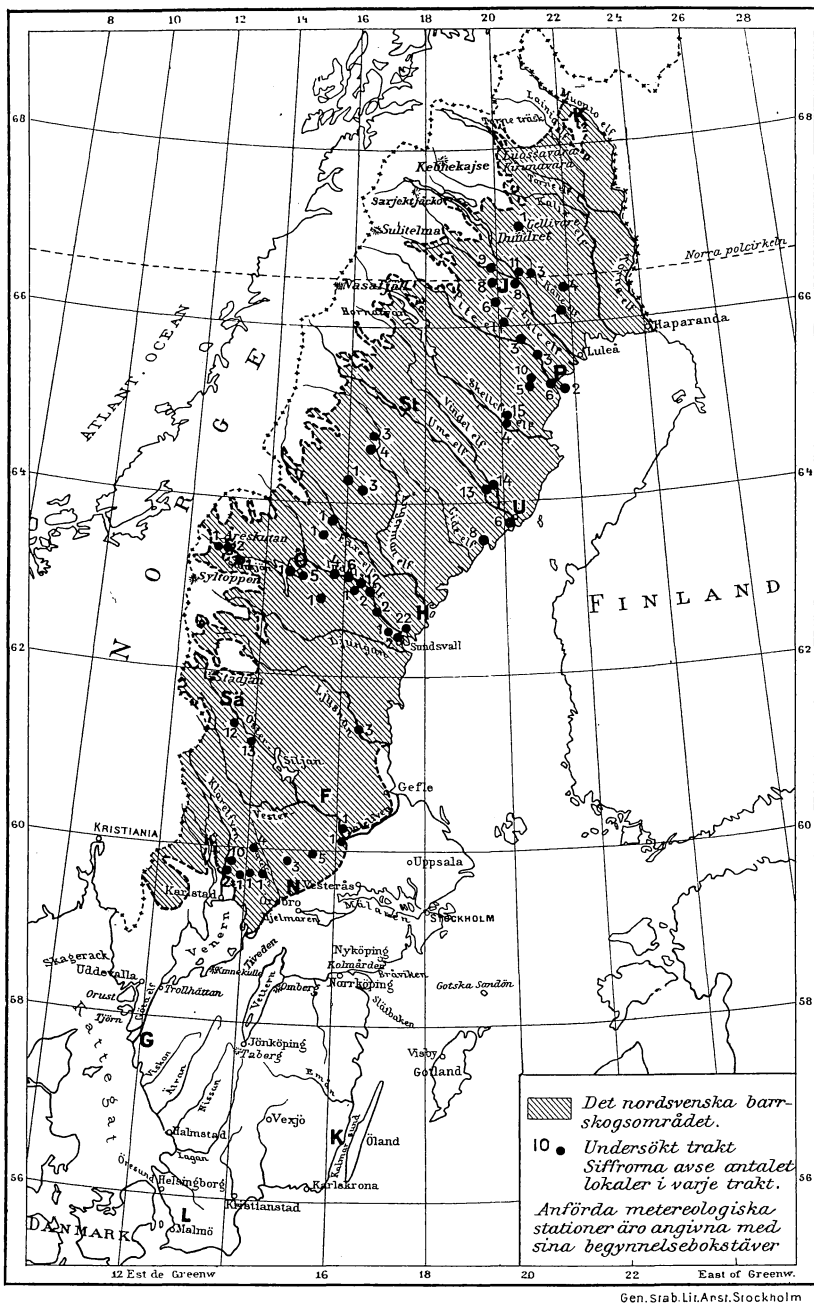
Efter denna tid (1915) företog jag ganska omfattande resor inom olika delar av vårt land. I Västerbotten besöktes sålunda trakten omkring Degerfors, Umeå—Hörnefors och Jörnområdet. I Norrbotten (den inom landskapet Västerbotten fallande delen av Norrbottens län) Fagerheden—Roklidentrakten (Piteå socken), Älvsbyn; Bredsel (Älvsby socken), Skaite kronopark (Råneå socken). I Lappland besöktes Gällivare—Porjus, olika delar av Jokkmokks socken, Vilhelminatrakten. I Jämtland Bräckeområdet, Brunflo—Östersundstrakten, Åreområdet. I Ångermanland Hoting- och Tåsjötrakten; i Hälsingland Bollnästrakten. I Dalarna Älvdalen, Garpenberg och Malingsbo. I Västmanland Bjurfors, trakten omkring Kopparberg och Hellefors; i Värmland Lesjöfors, Mölnbacka, Gammelkroppa och Brattfors.

Då jag i alla dessa trakter gjort observationer angående markprofilens utbildning samt i en stor del av dem utfört mera ingående undersökningar, har jag ansett mig berättigad att låta mitt arbete behandla hela det nordsvenska barrskogsområdet, helst som från en stor del trakter, som jag ej besökt, observationer gjorts av resp. skogs- och norrlandsavdelningarnas vid Statens skogsförsöksanstalt tjänstemän. Av allt att döma, äro förhållandena så pass ensartade över hela området, att det föreliggande materialet bör vara tillräckligt för att i viss mån belysa markprofilens utveckling därstädes.

Det nordsvenska barrskogsområdets läge och gränser framgår av fig. 3 (Efter H e s s e l m a n, 1906). Det omfattar i stort sett landet öster om fjällregionen och norr om ekens gräns, eller med andra ord området mellan fjällkedjan, finska gränsen, Bottniska viken och det mellansvenska låglandet. I fig. 3 äro även angivna de platser, där fältundersökningar utförts.

Bortsett från arbetet inom det nordsvenska barrskogsområdet har jag genom åtskilliga resor både före och efter tillträddandet av min befattning vid skogsförsöksanstalten sökt förvärva någon kännedom om markförhållandena i södra Sverige, såsom Östergötland, Öland och Kalmartrakten, Skåne, Halland och Västergötland. Erfarenheterna från dessa trakter äro i viss mån belysande för några av de problem, som möta i norra Sverige och skola i det följande något beröras.

Två uppsatser, omfattande delar av de pågående undersökningarna ha under senare tid publicerats (T a m m, 1917 a och b). Den förra innehåller bland annat en redogörelse för de kemiska analysmetoder, som kommit till användning, den senare är en kort beskrivning av kalkurlakningen i Ragundaområdet med hänsyn tagen till skogliga synpunkter.



Efter Hesselman, 1906.

Fig. 3. Det nordsvenska barrskogsområdet, — (Die nordschwedische Nadelwaldregion. Die untersuchten Gegenden sind mit ● angegeben. Die Zahlen geben untersuchte Lokale an. Die angeführten meteorologischen Stationen sind durch ihre Anfangsbuchstaben, S. 224, angegeben.)

B. Terminologi.

Den nomenklatur, som i det följande användes för olika skikt och företeelser i markprofilen, är avsedd att så mycket som möjligt passa för svenska förhållanden. Den moderna ryska nomenklaturen för markprofilundersökningar (jfr. t. ex. Glinka, 1914), anser jag av flera skäl ej vara fullt lämplig. Den sammanför exempelvis humustäcket med det översta mineraljordsskiktet till en horisont, den eluviala, som betecknas med bokstaven A och vid behov sönderdelas i A_1 , A_2 , A_3 o. s. v. Rostjorden benämnes den illuviala horisonten och betecknas med B. Vid behov uppdelas den i B_1 , B_2 , B_3 o. s. v. Underlaget slutligen benämnes C. Jag kan ej finna att det är naturligt att i våra trakter sammanföra två till sin uppkomst så vitt skilda skikt som humustäcket och blekjorden; någon överskådlighet vinnes i varje fall ej därmed. Bättre synes det mig att benämna skikten efter deras utseende; härmed bli även det praktiska skogsbrukets män mest betjänta.

Följande termer användas nedan för beskrivning av markprofiler:

Podsol, (Rysk terminologi.) En jordmånstyp, i vilken överst en urlakningshorisont och därunder en på humus- eller järnföreningar anrikad horisont kunna urskiljas. Av podsol härledes verbet **podsolera**, d. v. s. bilda en podsoljordmån, samt **podsoleringsgrad** eller den grad, till vilken nämnda jordmånsbildningsprocess hunnit ombilda sitt ursprungliga substrat.

Lavpodsol, lavpodsolering. En markprofiltyp med i medeltal 1—4 cm. tunn, något obestämt begränsad blekjord och en föga utpräglad rostjord. Typen ifråga uppkommer, som i kap. 5 skall visas, under inflytande av en lavrik markvegetation. Närmare beskrivning, se kap. 11: A, yta 7.

Humuspodsol, (Rysk terminologi.) En podsoltyp, vars anrikningsskikt är mörkfärgat på grund av utflockade humusämnen.

Järnpodsol eller **skogspodsol**, (Frösterus, 1914). En podsoltyp, vars anrikningsskikt är rostfärgat av utflockade järnföreningar.

Humus. Kollektiv benämning på alla olika humusformer.

Förna. Det allra översta skiktet i humuslagret, som består av alldeles oförmultnade rester av blad, barr, kvistar o. d. (Hesselman, 1911, sid. 38).

Råhumus. (P. E. Müller [1887] Torv, Ramann [1911] Rohhumus, rysk terminologi [Glinka, 1914] horisont A_1 , vilken benämning dock även innefattar andra humusformer.) En sur humusform, som består av multnande avfall från träden och undervegetationen, vari den ursprungliga

strukturen ännu kan urskiljas. Det hela är hopvävt till en matta, som delvis kan upplyftas i sammanhängande partier.

Mull. (P. E. Müller: Mull, Ramann: Mull, Glinka: Horisont A₁.) En lucker humusform med klumpstruktur, i vilken man ej kan urskilja och bestämma det ursprungliga organiska materialets (förnans) struktur. Innehåller ofta mineralbeståndsdelar i mycket intim blandning med organiska.

Blekjord. (P. E. Müller: Bleisand, Ramann: Bleicherde, Glinka: Horisont A₂.) Ett ljust, stundom genom humusinblandning grått till mörkgrått, eljest ljusgrått till askvitt skikt, som förekommer närmast under humuslagret. Detta skikt har ursprungligen givit anledning till namnet podsol (askjord).

Rostjord. (P. E. Müller: Rotherde, Ramann: Orterde, Glinka: Horisont B eller den illuviala horisonten.) Ett vanligen rost-rödgult, stundom gult, brunt eller svartbrunt skikt, som ehuru rikt på utfällda ämnen ej visar sammanhållning eller är hårt.

Gleybildningar, gleyfenomen. (Rysk terminologi.) Av grundvatten orsakade anrikningar av vissa ämnen, särskilt limonitiskt järn. Gleyhorisont benämnes ett skikt i markprofilen, där sådana utflockningar speciellt förekomma.

Moderavlagring: Den avlagring, ur vilken en jordmån eller ett annat, på något sätt förändrat skikt uppkommit.

Underlag: Det av jordmånsprocesserna praktiskt taget oberörda materialet under jordmåns horisonten. I de flesta fall identiskt med jordmånens i fråga moderavlagring.

Ortsten: (Efter P. E. Müller, Ramann, m. fl.) En av limonit, humus eller lera sammankittad massa, som bildar större klumpar, linser, skikt eller lager i marken. Efter bindemedlet benämnes ortstenen järn-, humus- eller lerortsten.

Av ortsten finnas tvänne huvudtyper. Den ena uppstår i en mark på samma sätt som normal rostjord i följd av vittringsprocesser, som försiggå under inflytande av i samma marks humuslager producerade agentier. Den andra uppkommer däremot i samband med tillförsel dels av urlakande agens dels av direkt sammankittande ämnen, vilka bådadera producerats på en annan lokal än den där ortstenen uppstår och vilka sålunda ha transporterats en avsevärd sträcka innan de ge anledning till ortstensbildning. Denna kan i detta fall dels uppstå på så sätt att en stark podsolering framkallas, dels oberoende av blekjordsbildning genom direkt sammankittning av vissa markskikt. I senare fallet kan ortstenen också betraktas som ett gleyfenomen.

För dessa båda ortstentyper, vilkas särskiljande är av praktiskt värde,

har prof. Hesselman föreslagit benämningarna **autokton**, resp. **allokton ortsten**. Även för rostjord kunna dessa benämningar finna användning; de rostjordsskikt, som vanligen förekomma äro dock av autokton karaktär.

Kalkgräns: Gränsen mellan det kalkhaltiga och det genom urlakning från kalk befriade övre lagret i en markprofil.

De kemiska analyserna äro framställda på det sätt, som är mest brukligt i den petrografiska och pedologiska litteraturen. Varje grundämne är sålunda angivet som sin oxid och vid diskussion av ett visst grundämne underförstås, även där detta ej direkt utsäges, alltid oxiden. De i analyserna återgivna ämnena äro följande: **Humus**, **vatten** H_2O , **kiselsyra** SiO_2 , **titansyra** TiO_2 , **aluminiumoxid** Al_2O_3 , **järnoxid** Fe_2O_3 , **manganoxidoxidul** Mn_3O_4 , **kalk** (kalciumoxid) CaO , **magnesia** MgO , **natron** Na_2O , **kali** K_2O , **fosforsyra** (fosforsyreanhydrid) P_2O_5 , **svavelsyra** (svavelsyreanhydrid) SO_3 , **kolsyra** CO_2 . Detta sätt att framställa analyserna torde vara mest överskådligt och tillåter dessutom utan omräkning användandet av tillgängliga petrografiska tabeller vid analysernas beräkning. Med förkortningarna **tot.**, **sil.**, **lim.**, **apat.** förstås resp. total, silikatisk, limonitisk, apatitisk mängd av olika ämnen.

Medelfel betecknas i texten av typografiska skäl med **mf.**

C. Arbetsmetoder.

Fältarbetet har ofta nog varit av mycket enkel beskaffenhet. En lämplig provyta i en väldefinierad skogstyp sökes ut på en så vitt möjligt plan eller helt svagt sluttande terräng. Höjden över havet bestämmes, när den är betydande, med ledning av generalstabskartans höjdsiffror och övriga beteckningar när så är möjligt med hjälp av barometeravläsningar. Därvid erhållas naturligtvis endast mycket ungefärliga värden, som dock i de flesta fall äro tillräckliga. Å lågt belägna ytor, nära havsstranden eller annan känd nivå, göres i sådana fall, där en noggrannare kännedom om höjden över havet är önskvärd, avvägning med spegel, dock aldrig på längre distanser. Även detta är en grov metod, men i betraktande av att en noggrannhet på 1 meter när vanligen är fullt tillräcklig, skulle en avvägning med tub i de flesta fall ej vara motiverad.

Sedan en provyta utsetts, göres en ståndortsanteckning. Härefter upptas ett antal markprofiler, åtminstone till ett par decimeters djup under rostjorden. Vanligen ha tio eller fem, ibland tjugo gropar upptagits för att få fram genomsnittliga förhållandena. Om profilerna ej äro mycket oregelbundna torde för detta ändamål fem eller tio gropar vara tillräckliga. I dessa ha de olika skiktens mäktighet och utseende granskats, eventuellt befintligt kalciumkarbonat igenkänts genom prövning med saltsyra och i övrigt iakttagelser över markens egenskaper, rötternas förhållande o. s. v. gjorts.

I allmänhet har medeltalet av de olika markskiktens mäktighet uträknats. I fall, då det varit av värde för möjligheten att jämföra olika ytor med varandra, har därjämte medelfelet i de erhållna medeltalen bestämts.

Proven ha i allmänhet tagits så att de äro representativa för ett visst skikt i en profil, som är karakteristisk för ytan. Sålunda ha i fråga om blekjorden alltid proven tagits på så sätt att lika mycket kommit med från skiktets övre och undre delar. Ur rostjorden är det betydligt svårare att få ett fullt representativt prov, enär den i regel förtonar nedåt utan någon skarp gräns. I allmänhet ha proven därför tagits inom den zon närmast under blekjorden, där rostjorden är mest karakteristisk, alltså inom 6—10—15 cm:s avstånd från blekjordens undre gräns. Ur underlaget möter det i regel inga svårigheter att insamla ett fullt tillfredsställande prov. Det tillsågs städse, att ej några lokala utfällningar eller dylikt, som stundom förekomma även å större djup under markytan, fingo medfölja.

I några fall ha generalprov ur ett flertal markprofiler insamlats. Där så är fallet, har det anmärkts i materialet. Oftast ha prov av ungefär 0.5 kg vikt tagits. Ibland möter det svårigheter att få så mycket, t. ex. när blekjorden blott är 1—2 cm mäktig. I dylika fall ha mindre prov insamlats, varvid dock tillsetts, att varje prov blivit i möjligaste mån representativt för det skikt, vars sammansättning det skulle angiva. I vissa fall ha tagits stickprov i glasrör av 12×100 mm:s storlek ur markskiktens olika nivåer. Överhuvud taget har det ej gått att vid provtagningen följa en viss schablon; man gör enligt min åsikt klokast i att i varje enskilt fall tänka ut lämpligaste sätt för att få ett gott och pålitligt analysmaterial. Där äldre skärningar undersökts, har före eventuell provtagning alltid profilen rensats och renskurits för att få av luften relativt opåverkat material. Där prov av ortstenar insamlats, har det stundom varit omöjligt att utan spett och dynamit tränga nämnvärt långt in i ortstenen, varför jag fått nöja mig med ett efter utseendet att döma karakteristiskt stycke.

I och för vidare undersökning ha proven behandlats på följande sätt: Först lufttorkas de vid vanlig rumstemperatur. Härefter få de passera ett mässings-trådnät med två millimeters maskor, varvid det s. k. grovmaterialet frångiljes. Detta väges och undersökes därefter med lupp för att konstatera de olika mineralens mer eller mindre vittrade utseende. Ortstenar och sammankittade skikt söndertryckas före siktningen varsamt med en agatpistill. Den andra delen av provet, finmaterialet, väges också samt blandas omsorgsfullt. Från denna del uttages en portion för analys. Då det endast är fråga om limonit- eller humusbestämning (se nedan) pulveriseras analysprovet grovt i agatmortel, vid Bauschanalys till större finhet. Alla procenttal beräknas på det lufttorkade och pulveriserade provet. I fråga om leror, mjälor och dylikt är vanligen all pulverisering onödig. I samband med pulveriseringen utplockas med en fin pincett alla iakttagbara organiska rester, rotfragment m. m. I allmänhet finnes tämligen rikligt med sådana i blekjorden, men ej i rostjorden och underlaget. Undantag härifrån förekomma dock.

Humushalten i proven bestämmas genom förbränning i vakuum enligt en av Vesterberg (1911) angiven, av mig (1917a) vidare utarbetad metod. Den funna kolsyremängden anses vara ett mått på humushalten, som fås ur den förra genom multiplikation med faktorn 0.471. (Se Wahnschaffe und Schucht 1914, sid. 80). Härvid är att märka, att i humushalten måste inräknas en del oförmultnade växtrester, som ej kunnat bortskaffas. Icke desto mindre anser jag denna metod lämpligare för föreliggande syfte än andra humusbestämningsmetoder, enär den ger verkligt jämförbara siffror

för halten organiska ämnen. Om det också i humushalten skulle ingå en del mindre multnade växtrester, så äro dessa i alla fall råmaterial för humusbildningen. Man får dock komma ihåg, att den s. k. humushalten i blekjorden till en del betingas av växtfragment med urskiljbar organisk struktur, medan den i rostjorden och underlaget uteslutande härrör från kemiskt utfälda humusämnen. Detta framgår av att om rostjorden först extraheras med en svag syra och sedan med ammoniak, allt återstående organiskt material plägar lösa sig, givande vätskan en svartbrun färg och vid filtrering kvarlämnande ett askvitt mineralpulver.

I Bausch-analyserna bestämmes dels glödförlusten, dels humushalten genom förbränning. Differensen anges, ehuru ej fullt riktigt, som vatten. I själva verket innefattar denna procentsiffra även okkluderade gaser och dessutom tillkommer ett litet fel på grund av att befintligt ferrojárn under glödnigen delvis oxideras till ferrijärn. Någon exakt bestämning av halten ferrojárn i jordprov är ej möjlig. För den nämnda felkällan kan därför ej någon korrektion erhållas; den är emellertid ej av någon större betydelse.

Vid den kemiska analysen av övriga beståndsdelar följas i allmänhet *Hillebrands* (1916) föreskrifter, utan att dock fullt samma stränga fordringar på alla analytals exakthet som de av denna författare förordade krävas. Analysens gång må i korta drag beskrivas: Provet uppslutes med soda i och för bestämning av kiselsyra, aluminium, totala järnhalten, titan, kalcium och magnesium. Kiselsyran bestämmes medelst två till tre gånger upprepade indunstningar, efterföljda av filtreringar, varefter den erhållna substansen glödgas, väges och behandlas med fluorväte. Avdunstningsresten efter denna sistnämnda process sammanföres med den sedermera erhållna ammoniakfällningen. Aluminium m. fl. ämnen fällas med kolsyrefri ammoniak. Den erhållna fällningen glödgas, väges och smältes med kaliumpyrosulfat. Smältan löses i vatten och svavelsyra, varefter den totala järnhalten bestämmes medelst titrering med kaliumpermanganat, sedan lösningen först reduceras med svavelväte. Titan bestämmes kolorimetriskt i samma lösning efter titreringen av järnet. Aluminium erhålles som rest, sedan järn, titan och fosforsyra frändragits ammoniakfällningens vikt. Kalcium bestämmes genom fällning med ammoniumoxalat i filtratet från ammoniakfällningen, magnesium fälles med fosfat i filtratet från kalciumoxalatet på vanligt sätt. Fosforsyran bestämmes genom extraktion av det ursprungliga provet med stark salpetersyra under tillsats av fluorväte, varefter fosforsyran fälles ut med molybdat och magnesiumklorid. Fluorvätet och humusämnen bortskaffas vid salpetersyrebehandlingen. Kalium och natrium bestämmas medels *Lawrence-Smith's* bekanta metod.

Halten av limonitiskt järn, inbegripet allt möjligen förekommande lättlösligare järn, bestämmes genom att extrahera provet med en mättad lösning av surt kaliumoxalat enligt en av mig (1917a) beskriven metod. Härvid löses allt limonitiskt järn, medan de övriga järnmineralen praktiskt taget förbli oangripna. Även de hårdaste och limonitrikaste ortstenar efterlämna vid extraktion med surt kaliumoxalat ett ljusst, askgrått pulver. Extraktionen sker vid vanlig temperatur under två timmars skakning i maskin. De filtrerade extrakten befrias från organisk substans genom kokning med koncentrerad svavelsyra, varefter reduceras med svavelväte och titreras med kaliumpermanganat på vanligt sätt. Den på detta sätt erhållna järnhalten har benämnts den limonitiska, i analystabellerna förkortat: lim. Genom subtraktion av den

limonitiska järnhalten från den totala erhålles den silikatiska, i analysstabellerna förkortat: sil. I den silikatiska järnhalten inbegripes då en kvantitet järn, som förefinnes i mineralen magnetit, titanjärn och möjligen vissa andra.

Halten av svavelsyra bestämmes på följande sätt: Tio gram jord extraheras med 200 gr. destillerat vatten under skakning i maskin vid rumstemperatur i sex timmar. Härefter filtreras, och återstoden på filtrum tvättas ut med kokhett vatten. Filtratet indunstas till lämplig volym och surgöres med något saltsyra, varefter svavelsyran utfälles med klorbarium på vanligt sätt. Då svavelsyran i marken måste förekomma såsom gips eller i ännu lösligare form, bör den vid den ovan beskrivna extraktionsmetoden fullständigt gå i lösning.

Att analysera humustäcket har jag ansett vara onödigt. Detsamma är nämligen av ständigt varierande beskaffenhet, beroende på ljusstillingen i de olika skogsbestånden m. fl. tillfälliga faktorer, medan de övriga skikten i markprofilen äro resultat av hundraåriga, ja tusenåriga processer (se kap. 5). Humustäcket består av organiskt material av växlande askhalt, blandat med en del mineralpartiklar, härstammande från blekjorden. Det är då tydligt, att en kemisk analys av detsamma ej skulle ge något för bedömande av podsoleringsprocesserna användbart resultat.

De utförda analyserna hänföra sig sålunda alltid till mineraljorden under humustäcket. De erhållna analysiffrorna ha omräknats till procent av den mineraliska substansen och på procentsumman 100. Med ledning av de sålunda omräknade analyserna ha i vissa fall mineralberäkningar utförts huvudsakligen i enlighet med det system, som använts av P. J. H o l m q u i s t (1906, sid. 89—93) för graniter. Givetvis måste härvid alla mineral beräknas såsom vattefria, även om de äro vattenhaltiga, såsom t. ex. limonit. Detta utgör dock ingen större olägenhet, om man blott har det i minnet. Kaliumhalten har beräknats som ortoklas, natriumhalten som albit och fosforsyra som apatit. Kalcium, minskat med den kalciummängd, som åtgår till apatiten, har beräknats som anortit. Sedan behövliga delar aluminium och kiselsyra tilldelats kalium, natrium och kalcium, har på grund av i det följande, kap. 2 anförda skäl, det städse uppkomna överskottet av aluminium beräknats som ett hypotetiskt kaolinkomplex med två molekyler kiselsyra på varje molekyl aluminiumoxid. Till magnesiahalten har adderats kiselsyra, på så sätt att på en molekyl magnesia kommer en molekyl kiselsyra, samt halten av silikatiskt järn jämte titansyra. Hela denna komplex har för enkelhetens skull rubricerats som mörka mineral. Sedan de i alla dessa mineralkombinationer ingående kiselsyremängderna adderats, erhålles kvartshalten genom subtraktion av summan från den i analysen funna kiselsyrehalten.

Den anförda beräkningsmetodens värde torde kunna diskuteras. I allmänhet anses den ge ett korrektare värde, ju fattigare en bergart är på mörka mineral. I detta avseende erbjuda de här undersökta jordproven en höggradig säkerhet, enär de vid jämförelse med eruptivbergarter äro fattiga på järn och magnesia. Då de av podsoleringen oförändrade jordarterna i stort sett torde kunna anses som pulveriserade graniter och granitgnejser, vilket framgår av analyserna, bör en dylik beräkning vara tillåten. En liknande beräkningsmetod för jordanalyser har nyligen tillämpats av F r o s t e r u s (1916, sid. 29).

I några fall har en mineralogisk undersökning av vissa typiska prov företagits. Härvid separerades 10 gram av provet medelst T h o u l e t s lösning.

Lösningar av sp. v. 2,50, 2,75 och 3,05 användes. I den lättaste vätskan sjunka alla mineraliska beståndsdelar. Genom upprepad separering uppdelas provet i olika fraktioner. Behandlingen med lösningen fortsattes så länge någon separering verkligen äger rum. På grund av att de finare kornstorlekarnas sedimentering i en vätska ej uteslutande är beroende av deras sp. vikt utan även av deras yta, kan en fullständig separering ej uppnås. Vid finkorniga jordslag kan metoden ej alls användas. De resultat, som kunna vinnas, sakna dock ej intresse. De olika fraktioner som utvinns ha dels sp. vikten 2,50—2,75 och innefatta huvudsakligen kvarts och fältspat, dels 2,75—3,05 innefattande huvudsakligen glimmerarterna. Fraktionen tyngre än 3,05 innehåller de övriga, tyngre mineralen. Korn av täta bergarter förorenade möjligen i någon mån de erhållna fraktionerna. Icke desto mindre ge dessas vikter ett visst uttryck för mineralsammansättningen i provet, vilket särskilt vid jämförelse med den kemiska analysen är av intresse.

Mikroskopiska mineralbestämningar ha utförts, särskilt i de med *Thoulet's* lösning separerade fraktionerna. Vissa mineral gå lätt och ögonblickligt att känna igen under mikroskopet. Hornblände kännes igen genom grön färg, stark pleokroism och form, biotit genom färg, pleokroism och form, kaliglimmer på sin genomskinlighet, form och interferensbild, magnetit och titanjärn genom ogenomskinlighet.

Även andra mineral, såsom fältspater, kvarts, granat, apatit m. fl. kunna i enskilda korn bestämmas med hjälp av olika optiska egenskaper. Försök att göra en kvantitativ uppskattning av de olika mineralens mängd strandar dock på omöjligheten av att säkert och snabbt kunna igenkänna varje korn i vilket läge som helst. I några fall har jag i samband med separeringar sökt räkna kornen i preparat av de olika fraktionerna, varvid i allmänhet 1,000—2,000 korn ha räknats, men jag har inskränkt mig till de mineral, som verkligen med säkerhet låta sig uppskattas. *Vogel v. Falckenstein* och *Schneiderhöhn* (1912) meddela noggranna kvantitativa uppskattningar av mineral i jordprov, men då de intet meddela om de metoder, de därvid använt, har man rätt att ställa sig något skeptisk till resultatets exakthet. Även *Nyholm* (1902, sid. 205—206) meddelar ingående mineralogiska undersökningar av jordprov. Enligt min erfarenhet äro emellertid de svårigheter, som möta på den mineralogiska jordanalysens område, så pass stora och de kvantitativa resultat, som kunna erhållas, så pass föga exakta, att de endast kunna äga berättigande som belysande komplement till den kemiska analysen.

I ett antal fall har jag försökt en mikrokemisk färgningsmetod, avseende att göra synliga de kolloidhinnor, som stundom omge mineralkornen i marken. En knivsudd av ett jordprov färgades under några minuter i enprocentig fuchsinlösning, försatt med ett spår ammoniak. Härefter uttvättades provet med vatten sex till sju gånger och fick så ligga ett dygn i glycerin. Denna borttvättades härefter med vatten, varefter något av provet inbäddades i ny glycerin och undersöktes med mikroskop. Härvid visade sig kolloidhinnorna omkring mineralkornen i rostjordsprov starkt färgade, medan korn, som ej ägde kolloidhinnor av samma natur, voro fullt klara. Alla humus- och rotfragment blevo även starkt färgade. Särskilt av betydelse var, att hinnor, som tycktes bestå av enbart limonit, ej färgades. Detta framträdde t. ex. i ett prov, som innehöll utfälld limonit, men enligt analysen troligen ej ut-

fälld aluminiumhydroxid. Se kap. 11: A yta 7, analys 93. Detta prov färgades nämligen nästan icke alls. Angående färgningsmetoder, jfr Rosenbusch (1914, sid. 409). Hundeshagen (1908).

Mekaniska analyser ha utförts å några prov. Härvid tillämpades den Beam-Atterbergska metoden (Atterberg 1912). Enligt denna behandlas provet, uttrört med något vatten, före analysen på mekanisk väg med en styv borstpensel, varvid de aggregat av mineralkorn och andra partiklar, som alltid finnas, bli sönderdelade. Samma förfaringssätt har jag använt för att ur grövre jordslag isolera lermaterial, som sedermera underkastades analys på vanligt sätt. Isoleringen tillgick på följande sätt:

En uppvägd mängd jord, 100—200 gr, uppslammades i destillerat vatten. Sedan det allra grövsta fått sjunka till botten och det övriga fått stå över natten, dekanterades vätskan. Bottensatsen fick långsamt torka i luften till lös degkonsistens, varefter den bearbetades med borstpensel enligt Atterbergs föreskrifter. Härefter uppslammades den i destillerat vatten och lämnades att sjunka. Enligt Atterbergs undersökningar sjunka korn av ungefärlig dimension av 0,002 mm 10 cm på 8 timmar. Som fallhöjd användes i stället 5 cm och som sedimenteringstid 4 timmar. Efter denna tid avsifonerades suspensionen, varefter operationen upprepades tills större delen av det befintliga lermaterialet separerats från provet. Den erhållna suspensionen, vars totala volym var ungefär 1,5 l, tillvaratogs. Att kvantitativt utslamma allt för handen varande lermaterial i proven hade visserligen varit önskvärt, men jag nödgades avstå härifrån, när det visade sig praktiskt taget utförbart med stora utgångskvantiteter. Dessa kunde å andra sidan ej tagas mindre, om tillräcklig mängd analysmaterial skulle kunna erhållas. Det var ursprungligen meningen att tillvarataga slammet genom att låta det avsätta sig till botten och därefter bortdekantera den överstående vätskan. Detta visade sig emellertid utförbart, när suspensionen ej på många veckor blev klar. I stället indunstades densamma, vilket givetvis medförde den olägenheten, att eventuellt i provet befintliga lösliga salter och humusämnen kunde anrikas tillsammans med slammet. Denna felkälla ansågs dock mindre betydande, när de norrländska podsolmarkerna äro ytterst fattiga på fria salter och humushalten ej inverkar då analysen beräknas på mineralisk substans. (Jfr härom kap. 4: B 1 och 4: B, 4 l.) Att någon sekundär anrikning av salter bland slammet ej förrycker de erhållna analysstalen visas bäst av analyserna själva. Den slutsats, som av dem kan dragas särskilt angående aluminiums förhållande influeras för övrigt på intet sätt av om någon del av alkalierna eller kalcium i analysprovet skulle till en mindre procent förefinnas i form av lösliga salter.

Analys av på ovan angivna sätt isolerade lermaterial finnas angivna i kap. 11: A under ytorna 1 och 13. För att emellertid undvika den felkälla, som representeras av lösta salter i suspensionen, följdes vid tvenne sedan företagna slamisoleringar (analyserna, se kap. 11: F.) en något avvikande metod: Jordprovet uppslammades först i destillerat vatten och fick under ett par dygn sedimentera. Härefter avsifonerades och bortkastades den föga slamhaltiga vätskan, medan bottensatsen efter lagom torkning behandlades med borstning o. s. v. på sätt, som ovan beskrivits. Härigenom bör det mesta av eventuellt befintliga salter ha bortskaffats före frigörandet av huvudmängden av det för analys avsedda slammet. Som en möjlig felkälla kvarstår dock en del

av de salter, som kunnat finnas i absorberat tillstånd i det ursprungliga provet. Att bortskaffa dessa förefaller omöjligt och knappast lämpligt, enär de väi till största delen äro absorberade av lermaterialet, och måhända uppkommit genom dettas beröring med vatten. Detta var ett viktigt skäl för mig att överhuvud taget tillgripa indunstningsmetoden, emedan man måhända eljest finge ett lermaterial, som vore befriat från vissa i naturen befintliga, karakteristiska beståndsdelar. De på de olika sätten isolerade lermaterialen visa fullt analoga egenskaper.

KAP. II.

Om de kvartära mineraljordslagens kemiska egenskaper.

Det är en fråga av stort skogligt intresse att lära känna den kemiska och mineralogiska sammansättningen hos de lösa jordlagren, enär man därigenom får en uppfattning om de samlade förråd av oorganiska näringsämnen, som stå de skogar till buds, vilka nu och framdeles växa på jordlagren ifråga.

De processer varigenom dessa ämnen småningom frigöras, med ett ord vittringen, är en av de företeelser av vilka skogens existens ytterst beror. Utom den utan tvivel viktigaste vittringen i själva jordmåns horisonten som närmare behandlas i kap. 4 kunna möjligen vittringsprocesser på något djupare nivåer tänkas äga betydelse för skogsträden, som med sina rötter stundom kunna nå ganska långt ned i marken. Det blir då även av vikt att studera om några sådana vittringsprocesser på större djup överhuvud äga rum.

För att lära känna de processer som försiggå i själva jordmåns horisonten är det slutligen nödvändigt att bilda sig en uppfattning om dennas ursprungliga sammansättning. För detta ändamål är det dessutom oundgängligt att lära känna de variationer i de lösa jordlagrens sammansättning, som bero på den ursprungliga blandningen av olika mineralbeståndsdelar.

Ur allmän geologisk synpunkt ha de ovan angivna frågorna även ett mycket stort intresse, vilket hittills i vårt land vunnit föga beaktande. Kännedomen om våra kvartärgeologiska avlagringars kemiska sammansättning är därför synnerligen bristfällig.

I samband med de direkta markvittringsundersökningar, som utgöra en av huvuddelarna i min undersökning, har jag därför nedlagt ett ganska ingående arbete på att söka lära känna de av markvittringen oberörda lösa jordlagrens sammansättning samt att utröna om denna ger anledning

förmoda, att någon vittring av betydelse har ägt rum i dem. Även har det gällt att undersöka, om några vittringsprodukter ovanifrån i större utsträckning kunnat nedtransporteras till större djup. De kemiska undersökningar, som utförts i de angivna syftena ha i allmänhet samtidigt varit led i bearbetningen av speciella markprofiler, och sålunda varit nödvändiga för undersökningens skogliga huvudändamål. De slutsatser, som sedan kunnat dragas, kunna delvis tyckas ligga på sidan om detta, men belysa indirekt vissa problem, som även ur skoglig synpunkt äro av stort intresse.

A. Avlagringar, grövre än leror.

1. Jordarternas beskaffenhet enligt iakttagelser och analyser.

De vittringsprocesser vilkas resultat skulle kunna tänkas ha gjort sig gällande under jordmånshorizonten i kvartära avlagringar äro dels mekaniska, dels kemiska. Den mekaniska vittringen torde väl endast beröra de delar av jordlagren, som befinna sig inom den nivå, där tjälbildningen försiggår. H e s s e l m a n (1910) har påvisat den mekaniska vittringens roll i tallhed å en sandterrass i Fagerheden, Norrbotten och även andra lokaler. Enligt hans undersökningar tyckes den mekaniska vittringen vara omärklig redan på 45 cm:s djup under markytan, däremot väl skönjbar i ytligare skikt.

H e s s e l m a n s undersökningar omfatta ett rikt analysmaterial och det finnes ingen anledning att ej anse hans resultat ungefärligen giltiga även för andra sandiga jordmåner. Sådana jordarter, som äro rikare på finkornigare beståndsdelar äro oftast bevuxna med en yppigare markvegetation och tätare skogsbestånd än sandiga jordmåner. I följd härav förefaller det sannolikt att moräner äro mindre utsatta för mekanisk vittring än de av H e s s e l m a n undersökta sandavlagringarna.

En viss tillförsel av mekaniska vittringsprodukter genom nedslamning till djupare lager torde nog stundom äga rum, särskilt i genomsläppliga sandlager. Denna process skall närmare diskuteras i kap. 3: A. Då de finkornigaste beståndsdelarna vanligen avtaga uppifrån och ned i en markprofil, synes det ej troligt, att nedslamningen kunnat medföra någon märkbar effekt i moderavlagringarnas djupare delar, särskilt ej i de täta jordslagen mjåla och bottenmorän. De mekaniska analyser av mjålprofiler, som utförts (se kap. 11: A, yta 13 och 14) synas ej heller antyda tillvaron av mera betydande nedslamningsprocesser.

Den kemiska vittringen bör ju sträcka sina verkningar så långt som vattnet tränger och bör alltså ha varit i stånd att angripa de kvartära jordlagren alltigenom. Det gäller då att undersöka, om dess resultat på

större djup under den relativt korta tidrymden efter istiden hunnit bli märkbart.

Vid undersökning med blotta ögat, lupp eller mikroskop förefalla jordarternas djupare lager vanligen ovittrade och fria från vittringsprodukter, om man undantager en tunn limonithinna, som stundom förekommer och som lätt och fullständigt bortlöses med en mättad lösning av surt kaliumoxalat. Vid färgning med fuchsin enligt den i kap. 1: C angivna metoden kan i regel ej heller närvaron av några kvantitativt betydande kolloida hinnor omkring mineralkornen påvisas på samma sätt som å material från rostjorden eller lagren nära under denna. Material, som visat sig innehålla sådana kolloidhinnor, vilka framträda först vid fuchsinfärgning, skilja sig ej nämnvärt beträffande den kemiska sammansättningen från material ur samma profils djupare skikt, som ej visar märkbar färgning. Exempel härpå visa analyserna under yta 1, kap. 11: A. Det vill härav synas, som om de utfällda kolloiderna spela en kvantitativt mycket underordnad roll i skikten under rostjorden. Särskilt bör detta vara fallet i sådana skikt, där de ej ens kunna påvisas med fuchsinfärgning. Det är dock att märka, att vid de mikroskopiska undersökningarna mineralkorn av storleken under 0,02 mm undandraga sig säkert bedömande. Man kan sålunda egentligen endast dra den slutsatsen att det grövre materialet i våra jordslag är till synes ovittrat och att avsevärdare mängder sekundärt tillförda vittringsprodukter saknas.

I kap. 11: A meddelas åtskilliga analyser från underlag, stundom såsom i fråga om ytorna 1, 13 och 14 från olika nivåer. Ibland, såsom vid de unga ytorna, 9, 10 och 11, äro de av podsoleringen omvandlade ytskikten så föga förändrade, att även analyserna av dessa kunna i viss mån användas för att belysa de oförändrade jordlagrens sammansättning i olika nivåer. Materialet kan vidare utökas med två analyser å sand från Jönåker och morän från Lesjöfors, som äro meddelade i detaljundersökningarna i kap. 11: F.

Av det angivna analysmaterialet kan man sluta, att avlagringar, grövre än leran, ha en synnerligen likartad kemisk sammansättning. Moräner, sand av olika grovlekar och mjåla ha alla ungefär samma kiselsyrehalt, omkring 75—80 %, och i huvudsak en om granit starkt påminnande sammansättning. Detta beror tydligen på att alla de undersökta avlagringarna på ett par undantag när förekomma i sådana trakter, där de lösa jordlagren i huvudsak bildats av granit- och gnejsmaterial. De flesta av de där förekommande gnejserna äro säkerligen ortognejser, om ock inblandningar av paragnejser ej få anses uteslutna.

Att de grövre lösa jordlagren i trakter med någorlunda ensartad granit- och gnejsberggrund äro så lika beträffande den kemiska sammansättningen i olika lokaler och på olika nivåer, är ett resultat av stort intresse. Det antyder nämligen att de variationer i sammansättning, vilka resulterat av rent primära orsaker vid avlagringarnas uppkomst, röra sig inom ganska trånga gränser.

Vid jämförelse med t. ex. de i norra Tyskland förekommande sandavlagringarna visa våra lösa jordlager en helt olika sammansättning. Genom

R a m a n n s och andras omfattande analysmaterial (R a m a n n, 1885, 1886 a. o. b.) framgår, att dessa sandavlagringar i allmänhet innehålla över 90 % kiselsyra, ofta omkring 95 % (Jfr T a m m, 1917 a). De norrländska skogsmarkerna äro sålunda genomgående betydligt mera rika på värdefulla mineralbeståndsdelar än de nordtyska, vilka dock ej sällan på grund av god skötsel förmå bära synnerligen högproduktiva bestånd. För möjligheten att bedöma jordmånsprocessernas resultat är våra jordarters relativt ovittrade beskaffenhet en ofantligt gynnsam faktor. Podsoleringens kemi måste på grund härav vara lättare att utreda i Sverige, särskilt Norrland, än t. ex. i Nordtyskland.

I trakter, där skifferar och kalkstenar (kap. 11: A, yta 4) eller sandstenar (yta 5) i större utsträckning ingå i moränen, får densamma naturligtvis en från den normala avvikande sammansättning. Även bortsett från dylika undantagsfall, kan man observera vissa tämligen regelbundna avvikelser från genomsnittlig granitsammansättning, nämligen en väl hög halt av kiselsyra, en något för låg procent av alkalier, samt ett ständigt återkommande aluminiumöverskott, varmed förstås att det finnes mera aluminium än vad som behöves för att med de förhandenvarande mängderna alkalier och kalk bilda fältspater. Påfallande är, att kornstorleken ej synes spela större roll för den kemiska sammansättningen. Med anledning härav har jag uträknat ett medeltal för 12 till kemisk sammansättning likartade jordarter från olika lokaler, hämtade från ytorna 1—14 utom nr 4 och 5, samt med tillägg av moränanalysen från Lesjöfors och sandanalysen från Jönåker (se kap. 11:F), alltså inalles 14 analyser, se tab. 1. Av det uträknade analysmedeltalet har på det i kap. 1: C beskrivna sättet utförts en mineralberäkning, som alltså ger till resultat den genomsnittliga halten av olika mineral i de undersökta avlagringarna.

Tab. 1. Genomsnittlig kemisk och mineralogisk sammansättning hos fjorton jordarter, grövre än lera, huvudsakligen bildade av gnejs- och granitmaterial.

Durchschnittliche chemische und mineralogische Zusammensetzung von vierzehn Ablagerungen, die gröber als Ton und hauptsächlich aus Graniten und Gnejsen, gebildet sind.

SiO ₂	76,71 %	Kvarts	43,4 %
TiO ₂	0,35 »	Kalifältspat, mikroklin	17,8 »
Al ₂ O ₃	11,92 »	Natronfältspat, albit	22,3 »
Sil. Fe ₂ O ₃	2,31 »	Kalkfältspat, anortit	8,1 »
Lim. Fe ₂ O ₃	0,29 »	Limonit	0,3 »
CaO	1,77 »	Mörka mineral	4,9 »
MgO	0,88 »	Apatit	0,3 »
Na ₂ O	2,64 »	Kaolinkomplex	2,9 »
K ₂ O	3,02 »		
P ₂ O ₅	0,11 »		

S:a 100,00 %

Al₂O₃ överskott

1,33 %

K₂O : Na₂O

1,15 »

Anm. Analyserna äro omräknade på mineralisk substans och procentsumman på 100. Fältspaterna bestå givetvis av olika blandkristaller av de i tabellen angivna komponenterna.

Utom de i tabell 1 anförda viktigare mineralen måste man antaga tillvaron av flere andra. Dessa äro dock kvantitativt av ringa betydelse; se vidare härom i kap. 4:B4. Beräkningen är, som i kap. 1:C nämnts, endast approximativ. Tabell 1 torde i alla fall ge en ganska god föreställning om våra vanliga urbergsmarkers kemiska och mineralogiska sammansättning.

Att de mineraliska jordarterna, bortsett från lerorna, visa sig vara så likformigt granitiskt sammansatta bevisar att de ej varit underkastade någon mera genomgripande vittringsprocess. Den vittring, som möjligen har försiggått i dem, måste ha rört sig inom ganska trånga gränser. *I varje fall kan den ej ha varit så stark, att den omöjliggör ett bedömande av jordmånshorisontens ursprungliga sammansättning.* Frågan i vilken grad de till synes ovittrade jordarterna innehålla vittringsprodukter skall här nedan ingående belysas.

Ett ämne, som är en vittringsprodukt och vars mängd direkt framgår av analyserna, är det limonitiska järnet. Limoniten förekommer vanligen i en mängd av 0,1—0,6 % och utgör ett pigment, som oftast färgar hela avlagringen något gulaktig. Grus- och sandavlagringar äro merendels på detta sätt limonitfärgade till stort djup, däremot bruka packade moräner i sina djupare lager vara rent grå till färgen. Limonitpigmenteringen i moränerna synes av allt att döma vara mindre framträdande i Norrland än i södra Sverige, vilket före mig iakttagits av H. H e s s e l m a n (muntligt meddelande). Möjligen beror detta faktum på den lägre temperaturen och klimatets större humiditet i Norrland. Marken är här en längre tid av året genomdränkt med vatten och det nedsipprande vattnet är merendels rikare på humusämnen, som kunna återupplösa limoniten. I sifforna för det limonitiska järnet ingå även möjligen befintliga mängder av andra, lättlösliga järnföreningar, såsom t. ex. ferrokarbonat; dessa äro naturligtvis också att betrakta som vittringsprodukter.

Den limonitiska järnhalten kan bero på två orsaker, som sannolikt båda samverka. Dels kan den ha uppkommit direkt genom vittring i de djupare lagren, dels kan den ha dittransporterats från annat håll. Järnets förmåga att vandra skall nedan, kap. 4: B 4 d, belysas. I varje fall synas limonitmängderna vara så små, att de ej nämnvärt inverka störande på den bild av de kvartära jordarternas ursprungliga sammansättning, som man erhåller genom en undersökning av deras nuvarande.

En annan vittringsprodukt, som kan förekomma i våra lösa jordlager är kalciumkarbonat, som i form av ett vitt pulver kan finnas utfällt i sprickor, rotkanaler och även på annat sätt. Ett vackert exempel härpå fann jag i en lövängsmark nära Bomsund vid södra stranden av sjön Gesunden i Jämtland. Marken var nästan plan och kalkutfällningarna

började på knappt en meters djup under markytan. Moränen innehöll rikligt med silurisk kalksten. I allmänhet torde dylika kalkutfällningar vara vanliga i mindre humida klimat än norra Sveriges. Sålunda har jag iakttagit rikligt med sådana på Öland och på Omberg, och av v. P o s t (1913, sid. 210) har beskrivits liknande fenomen från Alnarp i Skåne. I Europas arida trakter äro sådana kalkutfällningar mycket allmänna.

Det kemiskt utfällda kalciumkarbonatet, som ytterst lätt låter sig iakttagas, är emellertid strängt lokaliserat till sådana trakter, där kalksten finnes inblandad i de kvartära jordlagren, och är även inom Norrlands kalkområden en sällsynthet i skogsmarken. Man behöver därför ej i övriga trakter fästa något som helst avseende därvid.

Slutligen kunna i jordlagrens djupare skikt förekomma konkretioner av olika slag. Även inträffar att någon enstaka sten av någon mycket lättvittrad bergart visar tydliga vittringsphenomen. Dylika företeelser äro emellertid rent lokala och påverka ej jordartens kemiska egenskaper i stort sett; de äro i det stora hela rätt sällsynta undantagsfall och kunna lätt undvikas vid insamlandet av analysprov.

För att i övrigt få klarhet angående spörsmålet om de lösa jordlagren till någon mindre del bestå av vittringsprodukter gäller det att diskutera de små avvikelser från granitsammansättningen, som blivit konstaterade. Dessa kunna förklaras på olika sätt. Den ganska höga kiselsyrehalten torde väl huvudsakligen bero på att hårda mineral, såsom kvarts, bli något anrikade i grövre krossprodukter av urberget, mjukare mineral i de fin-kornigare (jfr W i d m a n, 1908). De övriga avvikelserna beträffande alkalierna och aluminiumöverskottet kunna mycket väl förklaras av att andra beståndsdelar än graniter och ortognejser såsom skifferar och paragnejser, ingå i våra lösa jordlager. Minskningen av alkalierna är kanske delvis skenbar och sammanhänger med kiselsyrans ökning. Emellertid skulle de anförda avvikelserna från granitsammansättningen också kunna bero på en vittringsprocess, genom vilken alkalierna något urlakats ur fältspaterna och varvid aluminium stannat kvar. Även skulle man, trots vad som ovan härom anförts, möjligen kunna tänka sig någon tillförsel av aluminiumhaltiga vittringsprodukter ovanifrån, varigenom den kemiska sammansättningen skulle bli likartad med den funna.

På grund av det stora intresse alla dessa frågor äga både ur skoglig och allmänt naturvetenskaplig synpunkt, ha de gjorts till föremål för en ingående kemisk-mineralogisk utredning, vars resultat här nedan meddelas.

2. De finkornigaste jordartsbeståndsdelarnas kemiska egenskaper.

Om vittringen i en jordart har medfört märkbart resultat, bör detta vara lättast att iakttaga å det finaste materialet. En undersökning från denna syn-

punkt har H e s s e l m a n (1917 c, sid. 1236.) företagit å en blekjord, utan att dock ernå ett fullt entydigt resultat. För att belysa frågan om vittring i våra lösa jordlagers djupare partier har jag därför i enlighet med H e s s e l m a n s idéer verkställt analys å enligt i kap. 1:C angiven metod isolerat lermaterial, d. v. s. korn av storlek under 0,002 mm, ur olika avlagringar. Inalles sex prov ha undersökts, nämligen: Morån från två m:s djup i Rokliden, Piteå s:n, Norrbotten, blekjord från samma profil, ur vilken moränprovet hämtats, morån från 2 m:s djup, Kulbäcksliden, Degerfors s:n, Västerbotten, morån från 2,5 m:s djup, Lesjöfors, Värmland, mjåla från 0,5 m:s djup, Pålgård, Ragunda, Jämtland, samt blekjord från samma profil, ur vilken mjålprovet hämtats. De tre moränproven härstammade ur typiska, hårt sammanpackade, grå bottenmoräner. Mjålan var fullt typisk för de norrländska ådalarna och föreföll liksom moränerna alldeles oberörd av markvittringen. Blekjordarna undersöktes huvudsakligen för att uttröna den egentliga markvittringens inflytande, och skola i kap. 4: B 2 ytterligare beröras. De sex analyserna finnas meddelade i kap. 11: A, resp. under yta 1 och 13 samt i kap. 11: F.

Det framgår av undersökningen, att lermaterialet har en helt annan sammansättning än moderavlagringen i dess helhet. Glödförlusten är mycket stor, dels på grund av hög vattenhalt dels beroende på förhandenvarande humusämnen, vilka på grund av den använda metoden (se kap. 1: C) anrikats vid isoleringen av lermaterialet i proven från Rokliden och Ragunda. Om humusens vandringar i marken, se närmare kap. 4: B 1.

Kiselsyrehalten i lermaterialen i de av markvittring oberörda proven är väsentligt lägre än i moderavlagringarna. Titan, aluminium, järn, magnesium och kali visa en högre halt i lermaterialen än i moderavlagringarna, kalk än högre, än lägre samt natrium städse lägre. En mindre ökning av ett visst ämne i ett lermaterial kan naturligtvis helt enkelt bero på att kvartsen i hög grad har minskats.

Tillskottet av järn i lermaterialet utgöres till en del av limonit, vilket bl. a. syntes på färgen. Limonithalten har bestämts i tvenne fall, se yta 1 och 13. Dessa bestämningar gävo 3—5 %, vilket således ej alls täcker hela ökningen av järnet. Det är sannolikt, att flera av de mörka mineralen, främst biotit, på grund av sin ringa hårdhet anrikas i det finaste slammet vid sönderkrossningen i isen (jfr A t t e r b e r g, 1912). Ökningen av magnesium förklaras enkelt på samma sätt. Anrikningen av titansyra och kali överensstämmer med förhållandena i många finkorniga sediment. (Jfr härom L i n c k, 1913). Särskilt förhållandet mellan kali- och natronhalten liknar motsvarande kvot hos många leror och lerskiffrar av olika geologisk ålder.

Märkligast är den högst avsevärda aluminiumhalten i lermaterialen. Det finnes här ett betydande aluminiumöverskott, som synes stiga i hög grad vid fallande kiselsyrehalt. Det måste tydligen finnas en aluminiumrik förening i det finaste slammet. Denna finnes antagligen i större procent än vad det beräknade aluminiumöverskottet antyder, ty antagligen är en betydande procent av kali och kalk bunden på annat sätt än i form av fältspatmolekyler, medan aluminiumöverskottet beräknats under förutsättning att hela mängden alkalier och kalk är fältspatbunden. Aluminiumöverskottet i de olika lermaterialen utgör cirka 0,5 procent av hela avlagringens massa utom i den på lermaterial ovanligt fattiga moränen från Kulbäcksliden, där det blott är en

tioneddel härav. Man vill även gärna sätta den högst betydande halten kemiskt bundet vatten i nära samband med ökningen av aluminium. Man får dock ihågkomma, att halten kemiskt bundet vatten är en tämligen osäkert bestämd procentsiffra, varför alltför vittgående slutsatser knappast torde kunna dragas endast av denna. Halten kemiskt bundet vatten varierar i de undersökta proven mellan 3,6 och 8,8 procent. Detta kan antyda, att aluminium delvis förekommer i form av kaolin eller annat därmed besläktat, vattenhaltigt komplex.

Man kan tänka sig flera olika förklaringsgrunder till den obestridliga anrikningen av aluminium i de undersökta jordarternas lermaterial.

Aluminiumanrikningen kan bero på transport av aluminiumföreningar medels vatten. En sådan transport bör givetvis ha skett i samband med den otvivelaktiga tillförsel av vattenlösliga humusämnen, som försiggår även till djupare delar av de lösa jordlagren. Denna transport kan tänkas äga rum endera uppifrån markytan med dagvatten eller från sidorna med grundvatten. I förra fallet måste man tänka sig, att tillförseln sker från blekjorden, där avsevärda mängder aluminium frigöres genom vittring.

För att belysa denna fråga har nedanstående beräkning utförts:

Blekjorden på moränen i Rokliden är i allmänhet 12 cm mäktig. Moränens såväl som blekjordens specifika vikt kan uppskattas till 1,5. Moderavlagringens aluminiumhalt är 13—14 % Al_2O_3 , av vilken mängd högst ungefär en fjärdedel vid vittringen i blekjorden gått i lösning. (Se kap. 4: B 2 samt kap. 11: A, yta 1.) Härav kan beräknas att ur blekjorden frigjorts cirka 0,38 gr Al_2O_3 per kvcm av markens yta. Aluminiumöverskottet i lermaterialet utgör omkring 0,5 procent av moränens massa. Från blekjordens undre gräns till två meters djup, den nivå från vilken det undersökta lermaterialet hämtades, motsvarar detta 1,33 gr per kvcm av markens yta. Härtill måste läggas en betydande mängd aluminium, som säkerligen finnes utfälld i ortstenen (se kap. 4: B 4 c och kap. 11: A, yta 1), och som antagligen utgör större delen av den i blekjorden lösliggjorda mängden. Även är det ytterst sannolikt att i den djupa moränen under tvåmetersnivån avsevärda kvantiteter lermaterial med hög aluminiumhalt finnas; det vore högst onaturligt om så ej vore fallet.

Det framgår tydligt, att *de befintliga mängderna överskotts aluminium i moränen äro så stora, att de omöjliga kunna förklaras såsom härrörande från markens vittrande ytlager*. Kalkyler med samma resultat kunna göras för ragundamjälän och även lesjöforsmoränen, i vilken senare blekjorden dock ej blivit analyserad, men vars sammansättning förmodligen överensstämmer med analoga blekjordars.

Om sålunda aluminiumöverskottet omöjligt kan förklaras såsom resultat av en transport från markens ytlager, skulle man i stället kunna tänka på en transport från sidorna med grundvatten. Vissa ämnen kunna faktiskt transporteras betydliga distanser i de djupare delarna av de lösa jordlagren och avsättas i form av gleybildningar och på annat sätt. Det aluminium, som på detta sätt skulle ha transporterats och utfällts måste tydligtvis ha befunnit sig i kolloidalt löst tillstånd och därefter utfällts i gel-form. Att aluminium vandrar och faller ut på detta sätt i marken är påpekat bl. a. av Aarnio (1915) och är numera en allmänt antagen uppfattning. Aluminium vandrar som positiv kolloid. Såsom uppvisats av Sahlbom (1910) är det av teore-

tiska grunder osannolikt att en dylik förmår vandra långa distanser i ett mycket tätt kapillärt medium. En hårt packad bottenmorän får väl, särskilt med hänsyn till en rörelse i horisontal riktning anses vara synnerligen tät och ogenomsläpplig, varför redan på grund härav en långväga aluminiumtransport måste anses mindre sannolik.

Flera andra skäl tala starkt emot möjligheten av att en transport i sidled kan medföra en aluminiumanrikning i jordlagrens djupare skikt. — En dylik anrikning förutsätter tydligen en tillförsel av grundvatten. I mjälprofilen i Ragunda, som är belägen på mäktiga, genomsläppliga älvavlagringar, är en sådan grundvattentransport oantaglig. Vidare är det att märka, att de undersökta blekjordsskiktens lermaterial äro fullt lika såväl på överskotts-aluminium som kemiskt bundet vatten som deras motsvarande underlag. I kap. 4: B 4 c skall visas, att aluminiumöverskottet städse sjunker i blekjorden, tagen i dess helhet, varför det är oantagligt, att aluminiumöverskottet i blekjordens lermaterial skulle ha uppkommit som resultat av humusvittringen, vilken speciellt har gett upphov till blekjordens karaktär. Man måste på grund av det anförda draga den slutsatsen, att en och samma orsak åstadkommit aluminiumöverskottet i blekjordens lermaterial och underlagets. I blekjordsskikten är det emellertid alldeles omöjligt att tänka sig en anrikning medels grundvattensströmmar.

Aarnio (1915, sid. 73) har nyligen med stor sannolikhet uppvisat, att de kolloidala aluminiumföreningarna äro betydligt mindre rörliga i marken än motsvarande järnföreningar. Järnet kan dessutom vandra i tvåvärdigt stadium, i form av äkta lösningar av ferroioner. Trots att sålunda järnet har ofantligt mycket större möjligheter att transporteras i markens djupare skikt än aluminium, är limonitanrikningen i lermaterialet ej så betydande som aluminiumanrikningen. De ofantligt små mängder löst aluminium, som med grundvattnet finna sin väg till floderna, vandra säkerligen i iontillstånd och komma därför ej till utfällning.

På grund av alla de anförda skälen förefaller det mig sålunda *omöjligt att aluminiumöverskottet i de undersökta jordlagrens lermaterial skulle kunna bero på tillförsel med vatten från annat håll*. Man måste i stället söka förklara detsamma såsom härrörande från en primär beståndsdel av resp. avlagring eller bildad genom omvandling av någon sådan beståndsdel.

Åtskilliga olika aluminiummineral kunna tänkas vara i små mängder primärt inblandade i de lösa jordlagren. Närmast till hands ligger antagandet av kaolin eller något likartat, härstammande från lerskiffrar, vilka förekomma här och var i vårt lands berggrund, särskilt i trakter med kambrisk-siluriska bildningar. Emellertid äro de lokaler, från vilka de undersökta proven hämtats, belägna långt från alla kända skifferområden. Möjligen skulle man kunna tänka sig att en inblandning av siluriskt skiffermaterial från de centrala delarna av Jämtland finnes i mjälan från Ragunda, men i de övriga avlagringarna torde däremot en analog inblandning vara högst osannolik.

Vidare skulle man kunna antaga att paragnejser med betydande halt av aluminiummineral ingå i de analyserade avlagringarna. Osannolikheten härav har redan förut påpekats. Emellertid finnas tämligen aluminiumrika graniter och granitgnejser. Det torde därför vara lämpligast att diskutera vilka mineral, som kunna komma ifråga, om man skall förklara den höga aluminiumhalten i lerslammet med hjälp av gnejs- eller granitmaterial överhuvudtaget.

De mineral, sam härvid främst ifrågakomma, äro de som ha ringa hårdhet och samtidigt äro rikare på aluminium i förhållande till alkalier och kalk än vad fältspaterna äro. Sådana mineral äro biotit, muskovit och klorit. Av dessa är utan jämförelse biotiten det vanligaste förekommande, och överträffar till kvantiteten vida de båda andra i våra vanliga urbergarter. För att söka klargöra i vilken mån aluminiumöverskottet kan finnas i dessa mineral, har jag utfört några överslagsberäkningar med de olika lermaterialen ur de av markvittringen oberörda lagren.

1. *Moränen från Rokliden, Norrbotten.* Natronhalten i lerslammet torde knappast kunna tänkas förekomma i annan form än albitmolekyler, åtminstone till allra största delen. Då alltså oförändrad fältspatssubstans måste tänkas ingå i lermaterialet, torde på goda grunder kunna antagas att åtminstone så mycket kali i lermaterialet finnes i form av kalifältspat, som motsvarar förhållandet kali: natron i den ursprungliga moränen, där fältspaterna äro de viktigaste alkaliförande mineralen. Man erhåller då ett överskott av icke fältspatbundet kali av 2,14 %. Detta överskott kan finnas i form av muskovitmolekyler, dels i kaliglimmer, dels som komponent i biotit. Om denna kalimängd beräknas som muskovit, av formeln $\text{KH}_2 \text{Al}_3 \text{Si}_3 \text{O}_{12}$ så motsvaras densamma av 6,87 % $\text{Al}_2 \text{O}_3$. Om vidare en fjärdedel av den befintliga magnesiämängden beräknas som aluminiumrik klorit med lika mycket $\text{Al}_2 \text{O}_3$ som MgO och vidare en anortitmängd lika med en fjärdedel av albitmängden, antages ingå i plagioklasen, så torde de maximalt tänkbara mängderna av dessa mineral snarats ha något överskridits. Den största delen av magnesiämängden förutsättes finnas i biotit, som säkerligen anrikas betydligt i lermaterialet. Om aluminiummängderna i alla de nu anförda mineralen hopsummeras, erhålles 15,65 % $\text{Al}_2 \text{O}_3$. Då den funna aluminiummängden är 24,77 %, så finnes ändå ett betydande överskott av aluminium, som ej kan förklaras som beståndsdel i de nämnda mineralen. Ej heller om man dessutom antager tillvaron av aluminiumhaltiga hornblendan och augiter, vilka i allmänhet pläga innehålla mindre aluminium i förhållande till magnesium än biotit, lyckas man förklara den stora aluminiummängden. Ja, även om man gör det ytterligt osannolika antagandet, att hela den förhanden varande kaliummängden finnes i form av muskovitmolekyler, samt en fjärdedel av magnesiämängden i form av aluminiumrika kloritmolekyler, så tar man blott i anspråk nära 20 % $\text{Al}_2 \text{O}_3$ av de befintliga 25 procenten.

2. *Moränen från Lesjöfors, Värmland.* En beräkning efter samma grunder som ovan ger vid handen, att den med stor sannolikhet maximalt tänkbara mängden aluminium, $\text{Al}_2 \text{O}_3$, i fältspater, biotit, muskovit och klorit är 13,24 %, medan den funna är 19,50 %.

3. *Moränen från Kulbäcksliden, Västerbotten.* Beräkningen ger som maximalt tänkbar aluminiumhalt i fältspater, muskovit, biotit och klorit 18,49 %, medan den funna är 17,90 %. Här kan alltså hela den funna mängden aluminium förklaras som beståndsdel i de nämnda mineralen.

4. *Mjålan från Ragunda.* Beräkningen ger en halt av 13,66 % $\text{Al}_2 \text{O}_3$ i de nämnda mineralen, medan den funna mängden är 26,03 %.

Dessa uppskattningar äro endast att betrakta som approximativa överslagsberäkningar. De äga emellertid förtjänsten att demonstrera huru stor den funna aluminiummängden i själva verket är i förhållande till övriga beståndsdelar. Det framgår tydligt, att aluminiumöverskottet i flere fall är så stort,

att det ej låter sig förklara som beståndsdel i glimmer, klorit eller augit-hornblende, utan måste förefinnas i ett specifikt aluminiummineral. Ej heller äro de nämnda mineralen så vattenrika, att de kunna förklara den höga halt av kemiskt bundet vatten, som funnits.

Bland övriga aluminiumrika mineral, som kunna ifrågakomma, äro granat, cordierit, sillimannit, andalusit, epidot och några andra, ej fullt så vanliga. De äro alla hårda till medelhårda. De hårde böra vid sönderkrossningen anrikas i de grövre fraktionerna liksom kvartsen. Analyserna visa, att magnesiajärnmineralen, bland vilka säkert den mjuka biotiten spelar en huvudroll, och till vilka bland andra höra de medelhårda mineralen hornblende och augit, visserligen anrikats i lermaterialet, men ej i så hög grad som i vissa fall överskottsaluminiumet. Då de förut nämnda mineralen med säkerhet spela en kvantitativt mycket mindre roll än de senare, är det osannolikt att de i nämnvärd mängd ingå i lermaterialet. Den höga vattenhalten i detta kan naturligtvis alls ej genom antagande av en viss halt av de anförda mineralen få sin förklaring.

Slutligen skulle det kunna tänkas, att i lermaterialet ingå aluminiumrika omvandlingsprodukter av fältspater, vilka sekundärt uppstått i våra vanliga graniter och gnejser. Fältspaterna i dessa synas ofta på grund av omvandlingar grumliga under mikroskopet. En stor del av dessa omvandlingsprodukter torde utgöras av sericit eller fint fördelad kaliglimmer (jfr *Benedicks*, 1906) och epidot. På grund av förekomst av dessa mineral, av vilka egentligen sericiten närmast ifrågakommer, kan aluminiumöverskottet av ovan redan angivna skäl ej helt förklaras. Det skulle då återstå några andra hypotetiska omvandlingsprodukter av fältspaterna. Någon säker uppfattning om huru dessa äro beskaffade äger man ej; förr troddes de allmänt vara kaolin, men denna hypotes torde ej längre vara så allmänt omfattad.

Belysande för denna fråga äro de av *Widman* (1908) företagna experimenten med granitpulver. Denne forskare sönderkrossade och pulveriserade två granitprov av känd sammansättning, en Ragundagranit och en Uppsala-granit. Fältspaterna i dessa äro liksom i de flesta andra av vårt lands graniter grumliga under mikroskopet, beroende på en viss grad av omvandling. Ur det krossade materialet isolerades genom slamning flere fraktioner, särskilt en av kornstorlek 0,007—0,002 mm och en 0,111—0,037 mm. (Jfr dock *Odeh* och *Reuterskiöld*, 1919, sid. 147.) De erhållna fraktionerna analyserades. Om graniternas fältspater hade innehållit några kvantitativt betydande mängder aluminiumrika omvandlingsprodukter, borde man ha funnit en större mängd aluminium i förhållande till de befintliga mängderna alkalier och kalk i den finaste fraktionen än i den grövre. Så är emellertid ej förhållandet, i varje fall ej i ragundagraniten. Det föreligger enligt mina beräkningar såväl i bergarterna som i de flesta fraktionerna ett aluminiumunderskott, d. v. s. aluminium räcker ej till för att bilda fältspater med alkalierna och kalken. I ragundagraniten är aluminiumunderskottet 1,87 %, i den finaste fraktionen är det 3,96 %, i den grövsta fraktionen däremot finnes ett litet överskott på 0,13 %. I Uppsala-graniten är underskottet 0,87 %, i den finaste fraktionen 1,03 % och i den grövsta 1,39 %. *Widmans* försök tala sålunda ej för att de primära omvandlingsprodukterna av fältspaten orsaka någon aluminiumanrikning i det finaste materialet. Å andra sidan har han vid pulveriseringen

uppenbarligen aldrig uppnått den finfördelning, som svarar mot verklig lera, varför hans experiment ej kunna anses fullt bevisande.

Under alla förhållanden blir en förklaring av aluminiumanrikningen i lermaterialet medels redan i den ovittrade berggrunden befintliga omvandlingsprodukter av fältspat, som äro aluminiumrikare än sericit, fullkomligt hypotetisk.

Som allmän slutsats torde kunna gälla, att det är ytterst osannolikt, att aluminiumöverskottet beror på någon i den ovittrade berggrunden ingående beståndsdel.

Man skulle då möjligen kunna föreställa sig, att det i våra lösa jordlager finnes inblandat material från den vittringsskorpa, som före den sista nedisningen täckte landet. En sådan inblandning skulle givetvis till en del vara tillfinnandes i de lösa jordlagrens finaste material och där kunna ge upphov till en hög aluminium- och vattenhalt. Om man vill förklara halva aluminiumhalten i lermaterialet ur Roklidsmoränen som pre- eller interglacialt vittringsmaterial, så följer därav att denna morän, belägen i det centrala nedisningsområdet, måste antagas innehålla över 1 % kaolin eller kaolinartat komplex samt dessutom väl en viss mängd järnhaltiga vittringsprodukter jämte något ovittrad kvarts, i allt säkerligen 2—3 procent av moränens massa. Detta torde vara ett alltför djärvt antagande, som knappast låter sig förena med den rådande uppfattningen av glacialerosionen.

Då det, som ovan uppvisats, stöter på stora svårigheter att förklara aluminiumöverskottet i moränernas lermaterial såsom sekundär anrikningsprodukt och som primär beståndsdel, återstår då den möjligheten, att det uppstått genom en omvandling av primära beståndsdelar, närmast av fältspater. Om en sönderdelning av det fint fördelade fältspatmaterialet försiggår vid beröring med vatten på så sätt att alkalierna utlakas och aluminium kvarstannar, så förklaras ju enkelt tillvaron av det stora aluminiumöverskottet och den höga vattenhalten i lermaterialet. Ökningen av kali, som för övrigt delvis är skenbar, beroende på väsentlig minskning av kiselsyran, skulle då bero på någon absorption av detta ämne (jfr Dittrich, 1905) eller möjligen en partiell sericitbildning (jfr Benedicks, 1906), medan natron och även den plagioklasbundna kalken utlakas. Även kan ökningen av kali bero på rent mekanisk anrikning av glimmermaterial, huvudsakligen biotit och även något muskovit. En sådan mekanisk anrikning kan också förklara ökningen av silikatiskt järn och magnesium ävensom limonitiskt järn. För dessa senare företeelser behöves alltså ej nödvändigtvis någon kemisk reaktion tillgripas som tänkbar orsak.

En omvandling av fältspaten på sätt, som angivits vore i viss mån liktydig med en kaolinisering av densamma, ehuru det naturligtvis ej alls är nödvändigt att antaga, att kaolin direkt uppstår som förvittringsprodukt. Det kan lika väl bildas ett aluminiumrikt, kolloidalt komplex av okänd sammansättning. Frågan är då närmast, om en dylik omvandling av fältspaterna i sådan omfattning och på så pass kort tid, som här måste ha varit fallet, är kemiskt tänkbar.

Som grundval för bedömande av detta spörsmål föreligger ett stort antal experimentella arbeten angående mineralens, speciellt fältspaternas, löslighet i vatten. Av dessa framgår det fullkomligt otvetydigt, att fältspater i beröring med vatten i någon mån sönderdelas, varvid vattnet erhåller alkalisk reaktion.

Stoklasa (1882) behandlade 100 gr ovittrad ortoklas under tre månader med 1 l kolsyrehaltigt vatten, varvid inalles 0,1068 gr gingo i lösning. Betydligt mer alkalier än aluminium förefanns i lösningen. J. R. Müller (1877) behandlade bl. a. adular och oligoklas med kolsyrehaltigt vatten och bragte därvid 0,3 resp. 0,5 procent, varav större delen kali, resp. natron och kalk i lösning. Dumont (1909) behandlade finpulveriserade mineral och bergarter med rent vatten och vissa andra reagens, varvid konstaterades en sönderdelning, som tilltog med materialets grad av finfördelning.

Daubrée (1879) lät tre kg. ortoklasstycken tillsammans med fem liter vatten rotera i en järncylinder under 192 timmar. Försöket var avsett att efterhärma transporten av stenar med rinnande vatten i naturen. Det ansågs att antalet varv under försöket motsvarade en väglängd av 460 km. Vid försöket erhöles 2,72 kg slam, varjämte 12,6 gram kali eller 0,42 % av hela ortoklas-mängden gick i lösning. Man kan räkna ut, att om den samtidigt frigjorda aluminiummängden stannat olöst, vilket med säkerhet till största delen var fallet, så skulle ett aluminiumöverskott av 0,46 % ha uppstått i den olösta återstoden. Om ett försök med Daubrée's anordning hade företagits med svenska graniter och gnejser, vilka innehålla i genomsnitt nära 50 % fältspater, dels kalifältspat, dels plagioklas, vilken senare städse plägar visa större löslighet än kalifältspat, så borde i den olösta återstoden ett aluminiumöverskott av cirka 0,28 % eller möjligen mer ha erhållits. Om sedan tre till fem procent av det finaste materialet hade isolerats ur den olösta återstoden efter samma metod som av mig använts för moränprov, skulle givetvis det i form av kolloidala föreningar befintliga aluminiumöverskottet ha åtföljt det utslammade materialet. Härigenom skulle detta kommit att innehålla ett aluminiumöverskott av ungefär sju till fem procent.

Daubrée's försök synes bevisa att ett betydande aluminiumöverskott kan uppstå genom kemisk sönderdelning av fältspater i vatten på helt kort tid. Cushman och Hubbard (1907) ha anställt synnerligen intressanta försök angående fältspaters löslighet i vatten. De konstaterade, att mineralkornen vid behandling med rent kolsyrefritt vatten avgävo betydande mängder lösligt alkali. Därvid betäcker sig fältspaten med en kolloidal, aluminiumrik hinna, som i viss mån skyddar för vidare inverkan av lösningsmedlet. Av hundra gr fältspat erhöles sålunda genom extraktion med en liter vatten 0,0811 gr lösliga alkaliämnen, vid nio därefter företagna extraktioner av samma material med vatten blott inalles 0,0680 gr. Vidare konstaterades, att mycket mera alkali går i lösning, om mineralet pulveriseras tillsammans med vatten (jfr Daubrée's försök) än om det pulveriseras torrt. Orsaken är tydligen den, att i förra fallet kolloidhinnorna förstöras efter hand som de bildas, varvid vattnet får tillfälle att inverka på nya, friska mineralytor. Cushman's försök förklara sålunda fullt tillfredsställande, varför upplösningsprocessen synes avstanna vid ett visst stadium, varför olika försök ge olika löslighet o. s. v. Med anledning av Cushman's rön är man berättigad att antaga, att fältspatmaterial av en viss finfördelningsgrad bör kunna fullständigt omvandlas av rent vatten utan närvaro av kolsyra. Detta inträffar, om mineralpartiklarnas yta är tillräckligt stor i förhållande till deras vikt. Fenomenet är att anse som en normal hydrolytisk spaltning under upptagande av vatten.

Funk (1909) har sedermera bekräftat Cushman's försök och ytterligare påvisat bildningen av kolloidala hinnor på fältspatkorn, som varit i beröring

med vatten. De anförda experimentella rönen torde vara tillräckliga. I övrigt må hänvisas till Niklas, 1912 och Clarke, 1916, hos vilka författare utförliga referat och litteratursammanställningar finnas.

Den av Cushman (1907) och Ramann (1911) utvecklade teorien om fältspaternas hydrolys i beröring med rent vatten har underkastats en kritik av Stremme (1912, sid. 112—116). Denne vill förneka att den direkta hydrolysen spelar större roll och menar att den i vattnet lösta kolsyran är det verksamma reagenset. Fältspaten skulle genom kolsyrans inverkan sönderdelas på så sätt att en rest av kaolinens sammansättning direkt uppstår. För det föreliggande spørsmålet spelar det ingen nämnvärd roll om processen tolkas på det ena eller det andra sättet, då kolsyra väl alltid finnes närvarande i de naturliga vattnen. Den primärt uppkomna fältspatresten enligt Stremme torde väl också få tänkas bilda ett skyddande omhölje kring de ursprungliga mineralkornen.

Daubrée's och Cushman's experiment ävensom de övriga anförda forskarnas rön kunna tillsammans anses utgöra ett mycket gott experimentellt bevis för den ovan anförda hypotesen angående aluminiumöverskottets tillkomst genom en relativt hastigt förlöpande kemisk process. Våra moräner ha väl hittills ansetts bestå uteslutande av mekaniska sönderdelningsprodukter av berggrunden. Krossningen i inlandsisens bottenlager under beröring med smältvatten bör emellertid ha varit lika effektiv som krossningen i Daubrée's försök. Samma upplösningsprocesser som i alla de ovan anförda forskarnas experiment måste ha ägt rum, och dessa processer kunna enligt Daubrée's rön mycket väl ha varit av den omfattning, att de fullständigt förklara uppkomsten av den höga aluminiumhalten i våra moräners lermaterial. Cushman's resultat belysa även det förhållandet, att fullständig omvandling av fältspaterna ej sker. Man skulle eljest väntat sig, att särskilt natronhalten skulle ha alldeles försvunnit ur det finaste materialet. Enligt C. stannar emellertid processen skenbart av genom uppkomsten av skyddande hinnor. Detta gör sig naturligtvis mer gällande ju större partiklarnas dimensioner äro. Graden av omvandling måste tydligtvis stå i intimt samband med resp. avlagrings genomsnittliga kornstorlek.

Medan man för varje annan tolkning av aluminiumöverskottets uppkomst i de undersökta lermaterialen måste tillgripa djärva och mer eller mindre osannolika hypoteser, stöder sig den förklaring, som antager en hastig kemisk omvandling av fältspaterna i beröring med vatten på klara fakta och torde därför få anses som den riktiga. Det får dock ej förbises, att andra faktorer kunna bidra till åstadkommande av aluminiumöverskottet; särskilt torde härvid den obestridliga anrikningen av glimmer i det finaste materialet vara av ej ringa betydelse.

Huruvida en påverkan av analog natur sker vid de andra bergartsmineralens beröring med vatten, är omöjligt att på grund av mina analyser säkert bedöma. Det är emellertid högst troligt att biotit, hornblende, augit och andra dylika mineral härvid också undergå en kemisk omvandling. Om emellertid denna, vilket är sannolikt, i det stora hela för till en upplösning av mineralet, möjligen med kvarlämnande av något kolloidal kiselsyra samt järnföreningar, kan processen ej med säkerhet spåras i analyserna. Möjligen talar den höga halten av limonitiskt järn i lermaterialet för tillvaron av en dylik omvandling.

Den mycket tydliga anrikningen av silikatiskt järn och magnesium i det

allra finaste materialet synes emellertid antyda, att de mörka mineralen äro något mer resistent mot vattnets inverkan än fältspaterna. Detta överensstämmer med de förhållanden, som mången gång råda i fall av verklig kaolinisering. Sålunda har jag i Ivö kaolinbrott iakttagit, att de mörka mineralen varit relativt oförstörda intill starkt kaoliniserade fältspater. Jfr härom Grönwall (1915, sid. 57).

Den berörda vittringsprocessen förklarar på ett enkelt sätt det oftast förekommande aluminiumöverskottet i våra minerala jordslag. En närmare granskning av det i kap. II meddelade analysmaterialet ger vid handen, att aluminiumöverskottet i allmänhet är större hos moräner och mjälör än hos sandslag, vilket är i full samklang med fenomenets beroende av kornstorleken. Emellertid synas i de undersökta fallen de funna aluminiumöverskotten i lerslammet ej fullt kunna täcka aluminiumöverskotten i moderavlagringarna. Det är också givet att andra orsaker kunna bidra att åstadkomma hög aluminiumhalt i t. ex. en morän, såsom primära, aluminiumrika mineral av olika hårdhet. Till en betydande del torde emellertid aluminiumöverskottet vara lokaliserat till det finaste materialet och där förefinnes det sannolikt i form av kolloidhinnor omkring mineralkornen, till sin sammansättning mer eller mindre besläktade med kaolin, varom även den avsevärda halten av kemiskt bundet vatten ger en antydning.

Det allra finaste mineralslammet synes sålunda vara kemiskt mycket instabilt i beröring med vatten och i detta hänseende skilja sig från grövre kornstorlekar. Den gräns, under vilken denna kemiska aktivitet börjar visa mera omfattande verkningar, förefaller av de gjorda undersökningarna att döma vara att söka någonstades under 0,002 mm. En del av lermaterialet har nämligen sannolikt samma sammansättning som vissa oförändrade mineral; särskilt vill man gärna antaga att den större delen av natronhalten finnes i form av albitmolekyler. Ur kemisk synpunkt torde det således förefinnas åtskilliga skillnader mellan verkligt lermaterial och grövre material, men gränsen mellan de båda materialen måste förläggas ett stycke under 0,002 mm. Gränsens närmare läge kan emellertid först genom ingående undersökningar närmare fastställas.

3. Slutsatser.

De i det föregående beskrivna undersökningarna ha visat, att en märkbar kemisk vittring försiggår överallt där fint fördelade fältspater äro i beröring med vatten, ett resultat, som även direkt följer av de omfattande experimentella arbeten angående mineralens löslighet i vatten, som föreligga. Denna process har en viss betydelse ur skoglig synpunkt, enär den visar, att *våra jordarters hela massa företer spår av en ganska genomgripande vittringsprocess*, vilken i den mån den fortgår, naturligtvis kan frigöra för vegetationen lämpliga näringsämnen. Emellertid ha undersökningarna även visat, att sannolikt den vittring, varom fråga är, försiggått redan på ett tidigt stadium vid avlagringarnas uppkomst, troligen till väsentlig del i samband med den krossningsprocess i beröring med vatten, som försiggått i den avsmältande inlandsisens undre delar. Om

så är förhållandet, reduceras givetvis processens betydelse för vegetationen, enär den blott långsamt fortlöper, sedan en avlagring uppkommit och blivit skogbärande mark.

Någon från markytan utgående och därför mot djupet avtagande vittringsprocess under den egentliga jordmåns horisonten har vid undersökningen ej givit sig tillkänna. Tvärt om visa analyser av lager från olika nivåer under jordmåns horisonten den mest fullständiga överensstämmelse i sammansättning. Tillvaron av mera omfattande sådana processer bortsett från karbonatupplösning, se kap. 4: A, torde därför kunna betvivlas. De långsamma utlösningssprocesser, som försiggå på djupet i våra jordarter, bero sannolikt nästan uteslutande på det kolsyrehaltiga vattnets inverkan, och försiggå troligen i ungefär samma omfattning överallt, där jordmaterialet är i beröring med detta vatten.

Av stor betydelse för studerandet av de vittringsprocesser som ha försiggått i jordmåns horisonten är att *de spår av kemisk vittring, som kunnat iakttagas i de djupare lagren av de undersökta jordlagen ej på något sätt försvåra en bedömning av jordmåns horisontens ursprungliga sammansättning.* En jämförelse mellan t. ex. en moränmarks vittrade ytskikt och dess djupare liggande, av podsoleringen oberörda lager bör sålunda vara fullt berättigad på grundvalen av det antagandet, att vid podsoleringens början markytan var av samma sammansättning som underlaget nu, naturligtvis med hänsyn tagen till de olikheter som kunna bero på primär inblandning av olika mineral, en olikhet, vilken som ovan visats i allmänhet ej är stor.

De utförda undersökningarna ha gjort sannolikt, att åtminstone en betydande del av aluminiumöverskottet i de ursprungliga jordlagen förefinnes i form av ett förvittringssilikat av mer eller mindre kaolinartad sammansättning. Av denna anledning har i de utförda mineralberäkningarna (se kap. 1: C) *aluminiumöverskottet beräknats som kaolinkomplex av formeln $Al_2O_3 + 2 SiO_2$, ehuru en del av detsamma nog torde föreligga i en annan form.*

B. De kvartära lerornas kemiska sammansättning.

I och med de ovan relaterade undersökningarna har en viss inblick vunnits i våra grövre lösa jordlagars kemiska förhållanden. Man bör emellertid kunna förutsätta att samma processer i mycket hög grad böra ha gjort sig gällande i lerorna. En granskning av våra kvartära lers sammansättning har därför ett stort intresse såsom en kontroll av de ovan framlagda teorierna. Samtidigt är det givetvis ett spørsmål av skoglig

betydelse att lära känna våra lerors kemiska egenskaper, om också ett studium av lerornas jordmånsbildning ej står närmast på dagordningen.

Den närmaste frågan gäller i vad mån man i de kvartära lerorna kan påvisa tillvaron av de vittringsprocesser, som ovan beskrivits. De leror, som för detta ändamål äro lämpligast, äro de, som på grund av sitt geografiska läge i förhållande till berggrunden och isrörelsen kunna antagas nästan uteslutande bestå av finfördelat urberg, särskilt gnejser och graniter. Hos dessa leror har man tidigare antagit en hög halt av glimmer, särskilt biotit (A t t e r b e r g, 1913) och även av fältspater (W i d m a n 1908). Den allmänna uppfattningen i Sverige torde ha varit att våra kvartära leror bestå av i det stora hela oförändrat, pulveriserat berggrundsmaterial, i vilket lättkrossade mineral anrikats. Våra kvartära leror ha därigenom ansetts stå i en viss motsats till icke nedisade länders leror, som huvudsakligen bestå av kemiska vittringsprodukter, vilka man i allmänhet anser ha uppkommit genom den atmosfäriska vittringen och sedan omlagrats i vatten eller i vissa fall kvarligga in situ.

I sina förkännedomer om våra lerors egenskaper grundläggande arbeten uttalar O d é n (1916, sid. 188—189) ungefär samma åsikt om våra kvartära leror, ehuru han ej bortser från den möjligheten, att sekundära kemiska processer i viss mån kunna ha omvandlat materialet i dem.

För att få en uppfattning angående svenska kvartära lerors kemiska förhållanden ha ett mindre antal leror, vilka kunde antagas huvudsakligen bestå av material från urberget, analyserats. Lerorna voro hämtade från sådana lokaler, som med hänsyn till berggrunden och inlandsisens rörelseriktning i möjligaste mån borde vara fria från inblandat skiffermaterial, en förutsättning som dock måhända aldrig är fullt uppfylld. Till dessa analyser har jag kunnat föga en av fil. dr R. M a u z e l i u s gjord analys av en lera från Värmland, vilken är publicerad i beskrivningen till geologiska kartbladet Kristinehamn. De undersökta lerorna voro:

1. Varvig, glacial lera från Bollnäs, Hälsingland. Något limonitfärgad, ytterst finskiktad med årsvarv av ungefär en millimeters tjocklek, av den typ, som anses karakteristisk för glacialleror inom våra urbergsområden, där siluriska skifferar ej nämnvärt äro inblandade i lerorna.

2. Varvig glacial lera från Färila, Hälsingland. Årsvarv 3—4 mm tjocka, grå färg. Provet, som tagits av statsgeologen H. H e d s t r ö m, har liksom det följande välvilligt ställts till mitt förfogande av Sveriges Geologiska Undersökning.

3. Varvig, glacial lera med 4—5 mm tjocka årsvarv, grå färg. Från Vännäs, Västerbotten. Provet är taget av professor H. M u n t h e.

4. Postglacial lera från Svensbyn i Piteåtrakten, Norrbotten. Något limonitfärgad i fina sprickor, eljes grå.

5. Glacial lera, Kristinehamnstrakten, Värmland.

De av mig insamlade lerproven (nr 1 och 4), voro tagna på 1 meters djup under markytan, alltså det djup, på vilket man plägar träffa praktiskt taget oförändrat underlag. De från Sveriges Geologiska Undersöknings samlingar härstammande lerorna voro i färg ytterst likformigt grå med väl bibehållna varv, varför de kunna anses utgöra ett för undersökningen i hög grad lämpligt material.

Analyserna äro meddelade i kap. II: F.

De visa, att samma företeelser, som förut påvisats i fråga om lermaterial ur moräner och mjåla, här kunna spåras. Den finkornigaste av alla de undersökta lerorna var utan tvivel den millimetervarviga Bollnäsleran. Här är kisel-syrehalten minst, aluminiumöverskottet störst, och förhållandet mellan kali och natron mest förskjutet till det senares förmån. En anrikning av järn och magnesium jämfört med grövre avlagringar kan även iakttagas hos lerorna. Detta beror antagligen på en anrikning av biotit och svarar mot A t t e r b e r g s ovan citerade föreställningar. I allmänhet synas de olika anrikningsprocesserna ej gått så långt i de naturliga lerorna som i det utslammade lermaterialet. Detta beror säkerligen på, att de förra innehålla betydande mängder sandmaterial, som i någon mån förrycka sammansättningen. Titan visar en svag men tydlig anrikning. Ämnet har ej bestämts i två av proven. I dessa får man därför antagligen minska det funna aluminiumöverskottet med högst en procent såsom korrektion för titanhalten. Aluminiumöverskottet varierar mellan 4,4 och 11 procent och är sålunda betydligt större än hos grövre avlagringar.

Någon transport uppifrån av vittringsprodukter som skulle ha kunnat förändra lerprovets sammansättning anser jag omöjlig. Undersökningar av F r o s t e r u s (1914) och A a r n i o (1915, sid. 74) ha visat att transport av kolloider i leror huvudsakligen håller sig till fina sprickor och kanaler och lämnar själva lermassan intakt.

Från olika delar av Finland föreligger ett omfattande analysmaterial av leror, offentliggjort av F r o s t e r u s (1909, sid. 16) och A a r n i o (1917, sid. 14). Oftast ha dock här alkalierna bestämts tillsammans såsom differens mellan övriga beståndsdelars procentsumma och 100 %. Ej heller har titan bestämts. Dessa finska leror, utom dem som härstamma från Åland och närliggande trakter, måste antagas huvudsakligen vara bildade av granit- och gnejsmaterial. Jag har beräknat aluminiumöverskottet på femton analyser av finska leror (utom åländska) och funnit det variera mellan 3 och 14 %. Vid beräkningen ha alkalierna, där de varit bestämda tillsammans, räknats som natrium; varigenom aluminiumöverskottet blir lägre än det i själva verket är. I stället har emellertid ej någon korrektion för titanhalten införts, vilket i viss mån torde motväga nämnda felkälla.

De finska lerorna äro i kemiskt avseende alldeles lika beskaffade som de svenska; samma anrikningsprocesser av aluminium och mörka mineral kunna där spåras.

Det torde vara av ett visst intresse att jämföra den kemiska sammansättningen hos leror, som till största delen bestå av urbergsmaterial, med sådana jordarter, som med säkerhet till betydande del innehålla siluriskt skiffermaterial. I detta avseende torde underlaget i yta 4, Sikås, Jämtland (kap. 11: A), vara lämpligt, enär det är en morän, som väsentligen består av ler- eller alunskiffer. Vidare har jag av fil. dr R. M a u z e l i u s godhetsfullt fått en opublicerad analys av en lera från södra delen av Västergötlands största silurområde. Från O d é n och R e u t e r s k i ö l d (1919) har hämtats en analys av ancylluslera från Uppsala samt slutligen har från F r o s t e r u s (l. c.) erhållits två analyser av åländska leror. Det visar sig att dessa jordarter (Se kap. 11: F) ha fullständigt samma kemiska skaplynne som de i det föregående nämnda. Aluminiumöverskottet varierar mellan 3 och 11 procent.

O d é n och R e u t e r s k i ö l d ha analyserat olika kernstorleksfraktioner av ancyllusleran från Uppsala och därvid funnit ett mycket tydligt avtagande av

kiselsyrehalten, tilltagande av aluminiumhalten och avtagande av natriumhalten i de fina kornstorleksgrupperna. Deras resultat är sålunda i det hela i full samklang med mina rön. De nämnda forskarna förklara sina analysiffror med antagandet av förekomsten av något aluminiumhaltigt vittringsmineral, men anse att detta troligtvis härrör från de nordbaltiska siluravlagringarna. Dessa resultat voro för mig obekanta, när jag började mina lerundersökningar.

Som alltid i såväl naturliga leror som utslammat lermaterial är tydligen aluminiumanrikningen betydligt större i de kiselsyrefattiga proven. Man har av allt det ovan anförda det bestämda intrycket, att den *kemiska sammansättningen i högsta grad är beroende på kornstorleken av materialet, mindre på detsammans ursprung.*

Det synes sålunda som om det kvartära lermaterialet i vårt land, städse företter en ganska typisk lersammansättning, som visar en mycket märkbar dragning åt utlandets aluminiumrika kaolinleror och äldre formationers lerskifferar. Det är delvis identiskt med S t r e m m e s (1910) fältspatrestlera. Naturligtvis är det ännu föreliggande materialet ej tillräckligt att draga alltför omfattande slutsatser, men å andra sidan torde det i det väsentliga vara beviskraftigt. Granskningen av lerornas sammansättning har givit ett mycket kraftigt stöd åt den ovan framställda hypotesen om en snabb kaolinisering av det allra finaste materialet, varhelst det förekommer. Mellan det rent mekaniskt pulveriserade granitmaterialet (se W i d m a n l. c.) och det kvartära lermaterialet föreligga så stora skillnader i kemisk sammansättning, att *man för deras förklaring måste antaga tillvaron av hastigt förlöpande, omfattande vittringsprocesser av det allra finaste urbergsmaterialet i riktning mot kaolin.*

Det är att märka, att om aluminiumöverskottet i lerorna har uppkommit genom vattnets inverkan på det finfördelade fältspatmaterialet, så måste denna inverkan ha försiggått före lermaterialets sedimentering. I annat fall måste nämligen våra leror visa en hög halt av fria alkalialter, särskilt natrium, som ej brukar visa stark absorption. Som bekant ha sådana leror, som avlagrats i ett relativt salthaltigt havsvatten, en märkbar men låg halt av koksalt, som även gör sig gällande i källvatten, som varit i beröring med dylika sediment. (Jfr H o f m a n - B a n g, 1905.) Om den vittring, som givit upphov till aluminiumöverskottet i våra leror skulle ha ägt rum efter lerornas avsättning, skulle en så betydande mängd alkalikarbonater alstrats, att den borde förlänat lerorna egenskaper, påminnande om vissa arida klimatområdets starkt sodahaltiga jordmåner. Det rör sig nämligen om en kemisk omvandling av åtminstone 5—10 % av lerans hela massa. Den obetydliga, från havet härrörande salthalten i många av våra leror visar också, att en befintlig halt av lättlösliga salter i lerorna ytterst långsamt tvättas ut med nederbördsvattnet.

Av allt att döma har den kemiska omvandlingen av lermaterialet såväl i moränerna som i lerorna sålunda skett på ett mycket tidigt stadium, troligen vid själva söndermalningen i isen i beröring med smältvatten. Det angående lerornas förhållande anförda stöder i varje fall just denna uppfattning och är sålunda indirekt av betydelse för förståelsen av under vilken tid den vittringsprocess vars resultat kan spåras hos moränernas lermaterial, verkligen har ägt rum.

Granskningen av de kvartära lerornas kemiska sammansättning gav alltså en fullständig bekräftelse på det antagandet, att *de ovan beskrivna*

vittringsprocesserna i hög grad satt sin prägel på dem. Den stöder och kompletterar på ett lyckligt sätt den uppfattning angående vittringsfenomen i grövre jordslag, som ovan framförts.

Medan de grövre jordslagen i allmänhet ha en likformig, granitisk sammansättning, ha lerorna en mer eller mindre utpräglad lersammansättning, som tydligen är beroende av deras halt av mycket finkornigt material. Det finns sålunda i detta hänseende en skillnad mellan jordslag av olika genomsnittlig kornstorlek. *Vid minskning av partiklarnas storlek i en av mekaniska krossprodukter av granit och gnejs bestående avlagring uppnås tydligen en gräns, under vilken sedimentets kemiska sammansättning förändras från granitisk till mera lerartad.* En mjåla (mekanisk analys se kap. II:A, yta 13 o. 14) har ännu granitsammansättning, varav följer att gränsen måste ligga under mjålans kornstorlek. *De kvartära jordslag, vilkas genomsnittliga kornstorlek ligger över gränsen äro med hänsyn till sin kemiska sammansättning nästan oberoende av kornstorleken. De under gränsen liggande finkornigare sedimenten äro däremot beträffande sammansättningen i hög grad beroende på kornstorleken.* Gränsens verkliga läge kan endast fastställas genom noggranna undersökningar. Av det ovan anförda är emellertid tydligt, att den måste ligga någonstädes mellan mjåla och lera.

Även ur skoglig synpunkt är den erhållna kännedomen om lerornas kemiska sammansättning av värde. Resultaten visa nämligen, att *våra leror äro mycket rika på sådana mineralbeståndsdelar, som skogen behöver, och de vittringsprocesser, som ha satt sin prägel på dem, ha ej förmått i någon ödesdiger grad bortföra de för växterna värdefullaste beståndsdelarna.* Slutligen har en grundval för eventuella framtida undersökningar av lerjordmåner vunnits.

KAP. III.

Mekaniska och fysikaliska processer, vilka äga betydelse för podsolprofilens utbildning.

A. Mekanisk vittring och nedslamning.

Den mekaniska vittringen försiggår i vårt land företrädesvis i form av frostvittring, varvid berg och stenar sprängas sönder genom det i springor inträngda vattnets utvidgning vid frysning. I något mindre utsträckning förekommer även insolationsvittring. Samma vittringsprocesser, som lätt kunna iakttagas å bergarter, försiggå även i marken, såsom talrika i ut-

landet företagna undersökningar sedan lång tid tillbaka givit vid handen. Man måste antaga, att i vårt land frostvittringen är den mekaniska vittringsform som ensam är av betydelse i marken, enär de temperaturändringar, som där försiggå, äro för små och för långsamma för att direkt kunna verka sönderprägnande på mineralpartiklarna. Den mekaniska vittringen i marken bör givetvis vara kraftigare i de marker, som mest äro utsatta för temperaturväxlingar omkring fryspunkten. Man kan förutsätta, att vegetationen och humustäcket skola ha ett avtrubbande inflytande på processen.

Angående den mekaniska vittringens roll i norrländska podsolmarker föreligga ingående undersökningar av H e s s e l m a n, å sand och morän från försöksfälten vid Fagerheden och Rokliden, Norrbotten, samt från några andra lokaler. Vidare har jag undersökt en typisk mjälprofil (se kap. 11:A, yta 13). Sålunda ha i kornstorlekshänseende mycket olika avlagringar granskats. Av utländska forskares undersökningar äro särskilt N y h o l m s av intresse, då de behandla förhållanden, som äro analoga med de norrländska. Vidare må anföras T u x e n s (1887) och R a m a n n s (1885, 1886) analyser från Nordtyskland och Danmark.

Av H e s s e l m a n s undersökningar på tallhedar framgår det tydligt, att i blekjorden en kraftig mekanisk vittring försiggår. Blekjorden är genomgående rikare på mo och lera än underlaget. Analoga förhållanden visa de av mig utförda analyserna å mjäla (yta 13). Denna undersökning är av stort intresse, då den gjordes på en mycket finkornig och likformig avlagring. I de av H e s s e l m a n (1910 a, sid. 49—50) undersökta tallhedsprofilerna visar sig även rostjorden genomgående rik på finkorniga beståndsdelar, stundom rikare än blekjorden. Det förefaller då mycket sannolikt, att utom vittringen även någon nedslamning från blekjorden varit verksam. I ett fall undersökte H e s s e l m a n en sand från kronoparken Bocken, Lycksele revir. Han fann här ett tämligen regelbundet avtagande nedåt av de finkornigaste beståndsdelarna med lägre halt för rostjorden än för blekjorden. Detta överensstämmer med resultaten från den av mig analyserade mjälprofilen i Ragunda och är sannolikt karakteristiskt för finare avlagringar, vilka väl ej äro så benägna för nedslamning.

I fråga om moräner visa H e s s e l m a n s (1910 c, sid. 35) siffror från Rokliden, Norrbotten, att det är mycket svårt att påvisa några bestämda skillnader i mekanisk sammansättning i podsolprofilens olika skikt. De ursprungliga kornstorleksförhållandena äro så varierande i motsats till hos de vattensorterade avlagringarna sand och mjäla, att man knappast torde kunna säkert skönja några skillnader, beroende på vittring och nedslamning. På goda grunder kan man antaga, att nedslamningsprocesserna

i normala moräner äro i hög grad avtrubbade jämfört med den genomsläppliga sanden, samt att en mekanisk vittring där sker i likhet med i sanden och mjälan. Måhända är även denna process något försvagad, enär moränmarkerna vanligen täckas av ett mäktigare humustäcke och en rikare markvegetation än sandmarkerna, varigenom villkoren för hastiga temperaturändringar i marken bli ogynnsammare.

Den mekaniska vittringens och nedslamningens roll i podsoleringen i norra Sverige är sålunda väl märkbar och spelar, såsom Hesselman framhållit, säkert en roll vid markens vattenhushållning. De ifrågakommande processerna äro emellertid ej nog starka för att ha hunnit förändra de ursprungliga avlagringarnas mekaniska karaktär och äro ej de som mest sätta sin prägel på profiltbildningen.

De av Nyholm utförda undersökningarna av finska morän- och sandmarker tyda på alldeles likartade förhållanden. Nyholms analyser visa merendels ett jämnt avtagande av det finaste materialet från blekjorden och nedåt. Att Nyholm ej i allmänhet kunnat påvisa någon anrikning av finare beståndsdelar i rostjordsskikten kan emellertid enligt Hesselman (1910) förklaras av att han ej före analysen på tillfredsställande sätt finfördelat partikelaggregaten, vilka i rostjorden förefinnas särskilt rikligt.

Vad slutligen Ramanns och Tuxens undersökningar beträffar, visa de oftast en rikligare halt av fina beståndsdelar i markens översta lager, särskilt i blekjorden. Även antyda deras analyser tillvaron av nedslamningsprocesser. Då förhållandena i Nordtyskland och Jylland äro mycket olika dem i norra Sverige, ha deras analyser för bedömning av nordsvenska förhållanden dock något mindre intresse.

B. Rörelser i marken.

Markprofilerna bära stundom vittne om att rörelser av olika slag påverkat dem. Att observera själva dessa processer är i de flesta fall omöjligt. Den olikformighet i smått, som utmärker podsolprofilen åtminstone i norra Sverige med dess i mäktighet ständigt varierande skikt, torde emellertid till någon del vara förorsakad av dem. Mäktighetsväxlingen är särskilt frapperande, då skiktens medelmäktighet i stort sett är densamma över stora trakter. Som regel kan man säga, att rörelserna i marken verka profildeformerande, d. v. s. de söka utplåna profilen eller åtminstone göra den oregelbunden. I det stora hela kunna de indelas i två grupper med hänsyn till om de förorsakas av biologiska eller rent fysikaliska faktorer.

1. Biologiskt orsakade markrörelser.

De biologiskt orsakade kunna hänföras endera till djurs eller växters inverkan. Angående djuren är redan nämnt, att en maskfauna i regel saknas. Där den finnes, är humuslagret mullartat och en annan typ av profilbildning försiggår i de flesta fall. Förhållandena i Nordsverige påminna i detta hänseende om de av P. E. Müller (1887) ingående beskrivna danska. Något lägre djurliv i övrigt med förmåga att inverka på podsolprofilen har av mig ej iakttagits.

Beträffande det högre djurlivet, är det givet att detta skall kunna åstadkomma talrika deformationer i markskikten. Sådana djur, som gräva gångar, t. ex. grävlingar, åtskilliga gnagare, måste naturligtvis förorsaka oregelbundenheter. Ävenså är det möjligt att renar genom skrapande kunna förstöra blekjordsskiktet på tallhedar. I vilken utsträckning markprofilen sålunda kan påverkas av det högre djurlivet, saknas för närvarande material att bedöma. Jag är emellertid böjd för att anse, att denna påverkan är mycket ringa. Några större oregelbundenheter i markprofilens utbildning på av renar betade tallhedar å lös sand jämfört med sådana, som ej besökas av renar, har ej kunnat förmärkas.

De högre växterna kunna åstadkomma rörelser i marken. Först och främst bilda rötterna vid sitt nedträngande kanaler, som samla det nedåtströmmande vattnet. Härigenom uppstå ofta säckliknande fördjupningar av rostjord med blekjord inuti. Sådana äro från Nordtyskland i detalj beskrivna av R a m a n n (1885) samt av v. P o s t från Skåne (1913). När växtroten dött bort och förmultnat, kvarbliver den säcklika fördjupningen förmodligen för mycket lång tid framåt. Exempel på detta fenomen träffas snart sagt överallt i de nordsvenska podsolterrängerna. Ovanligt vackert utbildade äro de i en profil från Bunkris, Dalarna, tavl. 1 a. I allmänhet bli fördjupningarna ej mer än två, högst tre gånger så djupa som blekjordens normala mäktighet. Oftast yttrar fenomenet sig blott som en oregelbundenhet i markskiktens utbildning och torde vara en vanlig orsak till blekjordens täta mäktighetsväxlingar. Så stora proportioner som i de av R a m a n n och v. P o s t beskrivna fallen, synes företeelsen i Nordsverige sällan ta. Det är emellertid sannolikt, att också andra orsaker än trädrötter, såsom skillnader i moränens genomsläpplighet, kunna förorsaka lokala variationer i vattnets nedåtströmning i marken och därmed oregelbundenheter i podsoleringen.

Även på ett annat sätt kunna skogsträden föranleda rörelser i marken. När träden blåsa omkull, draga rötterna med sig en massa jord, som delvis vältes ut över omgivningarna. Talrika fall av detta fenomenets inverkan på skogsmarken ha iakttagits. Särskilt visade en mjälmark nära

Gerilåns utlopp i Indalsälven, Jämtland, vackra exempel på detta. Det fanns å marken ifråga här och där små upphöjningar. En profil i dessa visade i regel överst normal blekjord av 3—5 cm:s mäktighet, därunder rostjord av 5—10 cm:s mäktighet, så multnade rester av en gammal råhumus, därunder blekjord av cirka 5 cm:s mäktighet, underlagrad av normal rostjord jämte underlag. Det hela är sålunda i smått en s. k. begraven mark. Det kan knappast råda något tvivel om att man här har spår efter gamla vindfällan, som på detta sätt registrerats i marken. Av intresse är att se, hur podsoleringen tydligen genast angriper det friska, nyuppkastade materialet, medan de redan bildade skikten synas vara rätt stabila och ej förändras så lätt. Särskilt är det av betydelse, att blekjorden under den nybildade rostjorden bibehåller sin karaktär alldeles oförändrad. Fenomenet liknar sålunda de av E m e i s (1876) och S a r a u w (1898) beskrivna begravnade podsolprofilerna från Slesvig och Jylland. Dylika begravnade profiler, uppkomna på det sätt, som ovan beskrivits, äro vanliga företeelser på sand och mjälmarker. I moränmarker möter man dem ej fullt så ofta, men även här har man i trädens omkullstörtande en faktor, som stundom påverkar markprofilens utbildning.

2. Rörelser, beroende på rent fysikaliska orsaker.

Huvudsakligen två fenomen av rent fysikalisk natur förmå åstadkomma rörelser i marken, nämligen jordflytning och uppfrysning. Dessa företeelsers natur har blivit föremål för ingående undersökningar och spekulationer av ett stort antal forskare. Bland dessa må nämnas H a m b e r g (1915), H e s s e l m a n (1915), F r ö d i n (1914), J. G. A n d e r s s o n (1906), S e r n a n d e r (1905), A. G. H ö g b o m (1905), v. P o s t (1915.) Här skall endast beröras den betydelse, som hithörande fenomen äga för podsolprofilens utbildning i norra Sverige.

Jordflytning tyckes försiggå på i huvudsak två olika sätt: Långsamt och kontinuerligt under längre tider eller katastrofalt under helt kort tid. (Se F r ö d i n, 1914, sid. 253). Den förra typen är vanligare ovan, den senare nedom skogsgränsen. Särskilt benägna för jordflytning äro starkt mo- och mjunahaltiga jordslag, så kallad jäslera (A. G. H ö g b o m, 1905).

Det är givet att båda dessa slag av jordflytning fullständigt måste utplåna podsolprofilens karaktär. Nedanför skogsgränsen äro emellertid jordflytningar i marker, som ej ständigt äro vattendränkta och därför framvisa en annan profiltyp än den normala skogsodsolen, mera sällsynta. Det är därför ej ofta som man kan spåra inverkan på denna markprofiltyp av jordflytning. I Degerfors socken, Västerbotten, vid vägen mellan Vindeln och byn Kulbäcksliden, särskilt vid Osttjärnsbäc-

ken, har jag iakttagit företeelser som möjligen tyda på jordflytningens inverkan på markprofilen. Marken bildas här av lätta leror, typiska jäsleror, som överallt i diken och vägsränningar visa utpräglade flytfenomen. Endast här och var kan man urskilja en ganska obetydligt utvecklad podsolprofil. Marken är täckt med en ganska tät, växtlig blandskog. Kanske får podsoleringens svaga och oregelbundna utbildning sättas i samband med markens rörlighet på grund av flytfenomen. Möjligen kan den emellertid också förklaras på annat sätt. Likartade observationer ha gjorts å de lätta mjäl- och leravlagringarna vid Stora Lule älv i närheten av Kuouka.

Inom området ovan skogsgränsen i fjällen är flytjorden en ytterst vanlig företeelse, se Frödin (1914, sid. 208—263). Den har därför här en genomgripande betydelse för markprofilen.

Detta torde vara förklaringen till att tydliga podsolprofiler ej äro vanliga å fjällhedarna. Enligt av mig gjorda iakttagelser på Mullfjället och Vällistafjället i Jämtland, finner man emellertid podsolprofiler i fjällhedarna, om man söker upp fläckar, som ej visa spår av jordflytning. Flytmarken är emellertid här regel, podsolprofilen undantag. Förekomsten av en podsolprofil torde kunna anses som ett gott kriterium på att marken ej har flutit, åtminstone sedan avsevärd tid tillbaka.

Uppfrysning enbart eller i förening med jordflytning är ett fenomen, som är ytterst vanligt i all från vegetation och humustäcke befriad mark. Däremot träffar man ingen märkbar inverkan av uppfrysningen i de mossrika barrskogarna med deras vanligen kraftigt utbildade humustäcke och av en tät matta bestående bottenvegetation. Möjligen kan man emellertid förutsätta att efter en mycket hård skogsbrand, dylika fenomen temporärt kunna spela en viss roll även i dessa skogstyper. — Annorlunda är förhållandet med de lavrika tallhedarna. Såsom redan i det föregående framhållits verkar tallhedarnas ofta mycket tunna humuslager ej på samma sätt skyddande för temperaturväxlingar och av dessa orsakade verkningar som de mossrika granskogarnas. Man finner också å vissa tallhedar talrika så kallade uppfrysningsfläckar, medan sådana fullständigt saknas å andra.

Å den av Hesselman ytterst väl undersökta tallheden vid Fagerheden har jag detaljundersökt några dylika uppfrysningsfläckar och deras förhållande till markprofilen.

Markens allmänna karaktär är beskriven i kap. II:A, yta 6. Här och var finnas vegetationslösa fläckar i lav-ljungmattan, beroende på uppfrysning. Heden är på ett ställe genomdragen av en svagt utpräglad höjdsträckning. Det förefaller som om uppfrysningsfläckarna äro något talrikare på den ytterst flacka sluttningen än å alldeles plana lägen. De kala fläckarna äro av synnerligen varierande storlek. Ibland äro de helt små och ge intryck av att

just ha brutit upp. De större fläckarna ha en areal av fem—sex kvadratmeter, de medelstora två—tre kvadratmeter. Å fläckarna ligga ofta uppfusna döda rötter av ljung. Där marken är svagt sluttande hade vid den nedre randen av de medelstora och större fläckarna utbildat sig en flytvalk; det hela gav det intrycket att sanden flutit ut över de närmaste omgivningarna. En undersökning av markprofilen i de minsta fläckarna visade, att podsolprofilen var fullständigt förstörd, eller också lågo rester av blekjorden hopblandade med annat material. I de medelstora och större fläckarna kunde man särskilja ett område i fläckens högst belägna del, där profilen var förstörd, medan den var kvar i den övriga delen av fläcken, men täckt med 5 till 8 cm grågul sand av ett utseende, liknande underlagets. De iakttagna flytvalkarna bestodo av sådan sand. I allmänhet var inom en fläck området med begraven podsolprofil större än det med förstörd profil.

Av allt att döma, uppkommer en dylik fläck alltså på det sättet, att sanden liksom väller upp på en punkt och flyter ut över omgivningarna. Troligen försiggår det hela på våren i snösmältningen, då heden ovan tjälen är genomdränkt med vatten. Stundom finnes å de kala fläckarna en första antydning till rutmark, d. v. s. de små stenar och större gruskorn, som finnas inblandade i sanden äro i någon mån ordnade i ett system av ett par tre kvadratdecimeter stora rutor. (Jfr H e s s e l m a n, 1915.)

Markprofilen såväl i uppfrysningssfläckar som i heden däromkring undersöktes på ett mycket stort antal punkter, och långa, dikesartade rännor upptogos. Uppfrysningssfläckarna voro på sina ställen så pass talrika, att det var mycket svårt att upptaga en tio meter lång profil, som ej genomskar någon dylik fläck. I allmänhet voro profilerna utanför fläckarna fullt normala. Här och var hittades emellertid begravnade blekjordsskikt, betäckta av fem till tio cm mäktig sand. Denna sand företer ofta spår av ny blekjordsbildning å sin övre yta, en verkan av det nya humuslager, som numera täcker den. Av allt att döma har man här spår av gamla uppfrysningssfläckar, som upphört att röra sig. Visserligen kunna begravnade markprofiler som ovan framhållits också härröra av kullblåsta träd, men ibland kan man rent av urskilja »döda», lavklädda flytvalkar, vilka täcka en dylik begraven podsol. I dessa fall synes uppkomstsättet vara klart.

För att utröna, om de beskrivna fläckarna utvidga sig med märkbar hastighet eller i övrigt äro på något sätt rörliga, omgävos tre små och tre medelstora uppfrysningssfläckar vid mitt besök i augusti 1916 med trästickor av cirka 30—40 cm:s längd. Dessa fläckar observerades sedermera sommaren 1917, 1918 och 1919. De båda första åren efter utsättandet kunde ingen som helst förändring i stickornas läge upptäckas, och marken föreföll av allt att döma att ha varit i fullständig stillhet. Vid observation i juli 1919 voro fläckarna till synes fortfarande oförändrade, men av stickorna hade en god del frusit upp fullständigt och därefter ramlat ned. De övriga, som utgjorde flertalet, stodo kvar, men hade höjt sig ett par cm. Detta kunde iakttagas tydligt på grund av att de i jorden nedsänkta delarna av stickorna hade annan färg än de, som under flera år varit utsatta för luftens inverkan. — Av de hittills gjorda observationerna kan man sluta, att sannolikt blott under vissa, för uppfrysning gynnsamma år, rörelseprocesserna äro livligare. Allt talar för att de rörelser, troligen en blandning av uppfrysning och jordflytning, som ge upphov till fläckarna, utspelas mycket långsamt. Den omständigheten, att markprofilen i



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 4. Uppfrysningssmark, tagen uppifrån. Tallhed å fin, mjällig sand. Markprofilen är nästan överallt utplånad. Flere uppfrysna ljunplantor synas å bilden. Bredsel, Älvsby s:n, Nb. — (Aufgefrorener Boden in einer Kiefernheide auf Lehm-Sand. Die Podsolierung fast überall verwischt, *Calluna* Sträucher sind aufgefroren. Kirchspiel Älvsby, Norrbotten.)

heden nästan överallt är normal, talar starkt för, att rörelseprocesserna äro lokaliserade till uppkomna fläckar under långa tider, om det också inträffar, att nya fläckar bryta upp, medan gamla växa igen.

Uppfrysningssfläckar ha iakttagits i tallhedar såväl i morän, t. ex. tallhedarna å kronoparken Ö. Jörnsmarken omkring Skogsförsöksanstaltens försöksfält därstädes, som å sandhedar, t. ex. i Skaite kronopark, Råneå s:n Norrbotten. Fenomenet torde vara rätt vanligt i vårt lands nordliga delar.

Där mycket finsandiga och mjälliga marker täckas av tunn lavhedsvegetation, inträffar stundom att marken har ett knottrigt utseende, påmin-

nande om blottad åkerjord efter uppfrysningsperioden om vårarna. Ljung och andra markväxer ha uppfrysna rotsystem. En dylik yta iakttogs å fin mjällig älvsand nära Bredsel, Älvsby s:n, Norrbotten. (Se fig. 4.) Små fläckar av marken hade blivit blottade från all vegetation. Endast undantagsvis kunde en podsolprofil med omkring 3 cm:s blekjord uppletas; i allmänhet var podsoleringen förstörd. Likartade förhållanden har jag även observerat vid Kalakmele, Jokkmokk, Lappland å finsandiga marker av glacifluvialt ursprung. (Enligt H a m b e r g, 1906, sid. 14—16.)

Medan sålunda allehanda uppfrysningsfenomen kunna iakttagas å tallhedarna i övre Norrland, finnas samtidigt väldiga arealer därstädes av samma skogstyp, där uppfrysningen till synes ej spelar någon eller en högst obetydlig roll. *För utbildning av markprofilen i det stora hela, om man bortser från mjälliga marker, torde uppfrysningen liksom övriga rörelser i marken endast vara av helt underordnad betydelse.*

KAP. IV.

Podsoleringens kemi.

De kemiska processer i marken, som numera sammanfattas under benämningen podsolering, ha sedan lång tid tillbaka gjorts till föremål för iakttagelser och mer eller mindre ingående studier. Som bekant är Danmark härvid ett klassiskt land, vilket sammanhänger med de ovan nämnda företeelsernas stora utbredning och betydelse för vegetationen på de danska hedarna. Men även i Tyskland, Frankrike och Ryssland tilldrogo sig hit hörande fenomen tidigt intresse.

Den som först gav en någorlunda riktig tolkning av podsoleringsfenomenet torde ha varit den danske naturforskaren B r e d s d o r f f (se P. E. M ü l l e r, 1887, sid. 248). Han kom 1827 genom iakttagelser på de danska hedarna till den uppfattningen att ortstensbildningen beror på vegetationstäckets upplösande inverkan på mineraljorden, varvid järn- och manganföreningar frigöras och tillsammans med kolsubstanser sammankitta sanden till ortsten. C. D a l g a s, 1830 (se P. E. M ü l l e r, l. c.) hyste samma uppfattning. Han särskilde begreppen ortsten, järnortsten och ortsand, det senare motsvarande rostjord. G. F o r c h h a m m e r beskrev bleksands- och ortstensbildningar i ett flertal arbeten f. o. m. 1835. Han höll ortstenen för en självständig bildning, som sedermera blivit betäckt av sand.

F a y e (1870) har redan 1837 (enligt H e n r y, 1908, sid. 153) tydligt tolkat franska ortstenslager såsom uppkomna genom absorption av vissa beståndsdelar, som genom vegetationens verksamhet lösliggjorts i markens övre lager. Han ansåg, att ortstenen måste uppkomma i det tidvis ganska uttorkade lager, som ligger närmast ovan grundvattennivån. S e n f t lämnar i tvenne arbeten (1862 och 1867) en beskrivning av ortsten och blekjord (Bleisand). Han ansåg, att järnoxidulföreningar bliva lösliga i blekjorden på grund av kolsyrans och garvsyrors inverkan. Djupare ned bliva dessa föreningar oxiderade och ge upphov till ortsten. E. D a l g a s (1867) förklarar ortstenen såsom orsakad av hedvegetationens inverkan på sanden. E m e i s (1875) offentliggör ett rikhaltigt material av iakttagelser från Slesvig-Holsteinska ortstensmarker. Han ansåg, att det i blekjorden försiggår ett slags förkislning (Neuquarzbildung). Ehuru E m e i s' teori om förkvarstning sedermera blivit förkastad, kvarstår som en riktig iakttagelse, att blekjorden blir kvartsrik genom att andra mineral upplösas och försvinna. E m e i s skilde på olika arter ortsten och anser att såväl järnföreningar som humus kunna utgöra sammankittade beståndsdelar i dylika. P. E. M ü l l e r och T u x e n (1887) lämna en nästan uttömmande beskrivning av podsoleringen i danska skogar och hedar. M ü l l e r bevisar slutgiltigt, att uppkomsten av blekjord och ortsten, resp. rostjord närmast är en följd av humustäckets inverkan å marken. Härvid upplösas en mängd beståndsdelar, framförallt järn, vilket M ü l l e r liksom tidigare författare antager vandra såsom oxidulföreningar. M ü l l e r s arbete kan ännu sägas i nästan alla avseenden vara fullt modernt och ej av senare forskare överträffat. Hans arbeten ha därför mera än något annat varit en grundval för mina liksom för andras forskningar på hithörande område. R a m a n n (1886 a och b) meddelar ett stort antal mycket belysande analyser och iakttagelser från de nordtyska hedarna m. fl. lokaler, som vid sidan av P. E. M ü l l e r s arbete äro grundläggande för alla senare forskningar på detta område. R a m a n n betraktar avsättningen av humusämnen som det viktigaste i ortstensbildningen och anser att detta sker i markens »vittringszon», där relativt rikliga mängder lösliga ämnen produceras. Han anser att aluminium därvid spelar en roll och påvisar anrikningen av detta ämne i ortsten. Den nämnda uppfattningen har R a m a n n vidare utvecklat i flere senare arbeten, särskilt 1911 och 1918. Han anser att järnet transporteras i trevärdigt stadium i form av kolloidalt lösta föreningar.

Ungefär samtidigt med de senast nämnda forskarnas arbeten, ha i Ryssland åtskilliga iakttagelser angående analoga företeelser gjorts. (Se G l i n k a, 1914, sid 68.) Man införde här begreppet podsol som benämning på en jordmånstyp, som överst framvisade ett på de flesta minerala

beståndsdelar urlakat skikt och därunder ett på järnföreningar m. m. anrikat lager. De ryska forskarnas arbeten äro merendels offentliggjorda på ryska språket, men sammanställningar ha vid olika tillfällen tryckts på annat språk. Utom Glinkas ovan citerade arbete må hänvisas till Sibirtzew (1899). Den ryska skolan av markforskare har tidigast framhävt podsoljordmånens egenskaper av en klimatisk marktyp, liksom de i andra avseenden lagt grunden till studiet av jordmänstyper ur klimatologisk synpunkt.

Från tiden efter sekelskiftet finnes en omfattande litteratur angående podsolprofiler och de kemiska processer, som där utspelas. Särskilt viktiga arbeten föreligga av Helbig (1903, 1909 a och b), Mayer (1903), Albert (1910), Münst (1910), Rother (1912), Nyholm (1902, 1903), Frosterus (1912, 1914), Hesselman (se inledningen), Aarnio, (1915). En sammanställning av litteraturen har lämnats av Leinigen (1911). En senare mycket utförlig, av Ehrenberg (1918). Hos Ramann (1886, 1911 och 1918) samt Henry, (1908) förefinnas även litteratursammanställningar liksom beträffande den äldre litteraturen hos P. E. Müller (1887), till vilka här hänvisas.

Åsikterna angående det väsentliga i podsolprofilens uppkomst gå trots allt arbete på problemet ifråga ganska mycket åtskils. Blekjordszonen betraktas allmänt som en urlakningszon, uppkommen genom från humuslagret härstammande lösliga ämnens kraftiga inverkan på det mineraliska substratet. Angående rostjordsbildningens verkliga orsaker äro meningarna däremot mera delade. Beträffande järnets vandring råder sålunda ovisshet om det transporteras i form av verkligt lösta ferroioner eller möjligtvis även ferriioner eller som kolloidalt lösta ferriföreningar (jfr härom Aarnios sammanställning, 1915, sid. 27—41). Orsaken till rostjordsskiktets bildning anses av somliga författare vara att lösta kolloider bringas till utfällning i en vittringszon, där genom en särskilt livlig vittring relativt rikliga mängder elektrolyter lösliggöras, Ramann, (1911, sid. 201—202), Helbig (1909 a och b). Mayer (1903, sid. 168) anser ortstensbildningen bero på oxidation av ferroföreningar. Henry (1908, sid. 153—159) anser även att järnet vandrar som ferroioner och utfälles på grund av dessas oxidation i ett lager ovan grundvattensnivån, där en periodisk uttorkning under den varma årstiden sker. Albert (1910) förnekar på grund av sina undersökningar om markluftens sammansättning möjligheten av att järnet kan vandra i form av ferroföreningar, men synes i övrigt vara böjd att anse att djupet, på vilket ortstenslagren uppkomma sammanhänga med den nivå, dit sommarregnen nedtränga. En liknande uppfattning har gjorts gällande av Ehrenberg (1918, sid. 395—398).

R a m a n n betraktar humusens vandringar som det väsentliga vid ortstensbildningen. Andra forskare, såsom Helbig (1903), Frosterus (1914, sid. 39) vilja tillerkänna järnet och i vissa fall även aluminium en lika viktig roll. A r n i o (1915) anser på grund av experimentella rön att humusämnen å ena sidan, de kolloidala järn- och aluminiumföreningarna å andra sidan verka utfällande på varandra inom vissa koncentrationsområden och därigenom ge upphov till rostjords- respektive ortstensskikt.

Den mängd tolkningar av podsoleringsens natur, som möter vid genomläsande av hithörande litteratur, beror helt säkert dels på att processens förlopp i olika trakter är något olika och dels på att så många skilda fenomen samverka. Den ene fäster sig mera vid en sak, den andre vid en annan. I föreliggande arbete har jag därför försökt att förutsättningslöst utreda huru processerna arbeta under nordsvenska förhållanden. Härvid tjänar som grundval för slutsatserna utom mina egna undersökningar även de förut nämnda arbetena av Hesselman, Nyholm och Frosterus, vilka behandla lika eller nästan alldeles likartade jordmånstyper från Norrland och Finland.

De mer eller mindre viktiga slutsatser, som ur skoglig synpunkt kunna dragas ur de föreliggande undersökningarna, skola i ett särskilt kapitel (nr 10) beröras.

De kemiska processer, som utgöra det centrala i podsoleringen, sådan den försiggår i Nordsverige, kunna indelas i två huvudgrupper: *Karbonatvittring* och *silikatvittring*. Den förra orsakas av kolsyrehaltigt vatten och försiggår på olika djup. Förutsättningen för densamma är att de lösa jordlagren ha en primär halt av kalciumkarbonat. Silikatvittringen, i vilken må inbegripas apatitens, magnetitens och vissa andra icke silikatiska minerals vittring, består i humuslagrets mera direkta inverkan på mineraljorden, och försiggår i alla marker. I sin mest typiska form framträder den dock ej i starkt kalkhaltiga sådana; i dessa synas karbonatmineralen så att säga lägga beslag på vittringsagensen, varigenom silikatvittringens intensitet avtrubbas. I den mån som karbonaterna genom fortskridande vittring försvinna ur en jordmåns övre lager, börjar emellertid silikatvittringen på normalt sätt där göra sig gällande.

A. Karbonatvittring.

I fråga om karbonatvittringen må ett kort sammandrag av de i mina tidigare uppsatser angående detta ämne (T a m m 1914 och 1917 b) framförda slutsatserna här meddelas. Till den senare uppsatsen, som egent-

ligen utgör en tillökad och i vissa fall korrigerad sammanfattning av den förra ävensom till H e s s e l m a n (1917 a, sid 400—403) må i övrigt hänvisas.

H e s s e l m a n medelar en ganska utförlig framställning av kalkutlakningens förhållande till övriga podsolprocesser under norrländska förhållanden. Bland annat beskriver han en profil från Sikås, Jämtland (sid. 400), utvisande en från början kalkhaltig morän, som genom urlakning blivit kalkfri till cirka 1 m:s djup. Den innehåller dock ovan denna nivå block och stenar av silurisk kalksten, som på ytan visa typiska utlösningstrukturer. Själva ytzone i profilen är normalt podsolerad med blekjord och rostjord. Denna profil är densamma, som av mig undersökts kemiskt (kap. 11:A, yta 4).

Av denna profil framgår det med tydlighet, att kalkutlakningen är en mycket effektiv process. I allmänhet utbildar det sig någonstades en gräns, den s. k. *kalkgränsen*, ovan vilken en avlagring är kalkfri. Ligger denna gräns som i det beskrivna fallet på avsevärt djup, kunna alldeles normala silikatvittringsprocesser inträda i markytan och framkalla en podsolprofil, ligger den däremot ytligt, får oftast hela jordmånen en annan karaktär: den blir mullartad och saknar utpräglade vittringsskikt (se H e s s e l m a n 1917 a, 396—411). Jag har dock iakttagit en tydlig börjande blekjordsbildning å genomsläppliga sandmarker i Ragunda, Jämtland, där kalkgränsen endast legat 10 cm djupt under markytan.

Kalkgränsen betecknar den övre gränsen av en zon, inom vilket kalciumkarbonatet upplöses av det kolsyrehaltiga vattnet. Nedanför denna utlösningsson, vars mäktighet kan bestämmas med hjälp av analyser (T a m m 1914), är kalkhalten i regel lika hög som den ursprungligen har varit. Endast i yttersta undantagsfall ha utfällningar av pulverformigt karbonat i marken iakttagits (se härom kap. 2 A:1). Däremot av-sätter sig som bekant den upplösta kalken i form av bleke i stor skala i sjöar och myrar, medan en del av den avrinner med floderna till havet. Indalsälvens vatten, som delvis härstammar från Jämtlands kalktrakter, har också en betydligt högre kalkhalt än övriga norrländska floders vatten.

Kalkgränsen torde städse befinna sig i långsamt sjunkande nedåt mot grundvattennivån. Ett mått för hastigheten av denna process kunde erhållas genom iakttagelser i Ragunda. Vid den bekanta katastrofen där-städes år 1796, då Ragundasjön uttappades, uppstodo terrasser av kalkhaltig sand, som omedelbart torrlades. På dessa terrasser uppkommo snart skogar. Sandens ursprungliga kalkhalt torde ha varit omkring 0,5 %, och bör ha förefunnits tämligen likformigt fördelad i den vid katastroftillfället avlagrade sanden. Vid undersökning år 1914 låg kalkgränsen i en mossrik barrblandskog i medeltal å minst 50 cm:s djup och i en strax

intill belägen lavrik tallhed i medeltal å 26 cm djup. Detta djup representerar otvivelaktigt den vertikala sträcka som kalkgränsen förflyttats under cirka 120 år; processen har gått fortare i den mossrika granskogen med sitt starkare kolsyreproducerande humustäcke än i den lavrika tallskogen. Även i andra profiler kunde konstateras, att kalkutlakningen i marken är en process, som i Norrland förlöper med en betydande hastighet. Se även Kap. 5: A1.

Kalkutlakningen äger såsom redan framhållits av H e s s e l m a n (l. c.) en stor betydelse för skogsförhållandena. Den försämrar med ej alldeles omärklig hastighet skogsmarken. Å andra sidan bli myrar och lägre liggande skogsterränger genom tillförsel av kalkrikt grundvatten synnerligen näringsrika och produktionskraftiga. I sluttningar framkallar också sådan tillförsel lätt helt annan jordmånstyp, än vad som eljest skulle blivit fallet. Å dylika lokaler finner man sålunda ofta örtrika granskogar av hög bonitet. (Se H e s s e l m a n, l. c.)

B. Silikatisk vittring.

1. Humuslagrets roll.

Silikatvittringsprocesserna äro de viktigaste och mest intressanta företeelserna i podsoleringen. De bestå i stort sett av urlaknings- och anrikningsprocesser, som direkt eller indirekt förorsakas av humustäcket.

De nordsvenska podsolprofilerna stå med hänsyn till humusens betydelse och vandringar i överensstämmelse med av P. E. M ü l l e r och senare författare beskrivna markprofiler. Blekjorden innehåller sålunda en viss mängd humus, som dels består av inblandade fragment med organisk struktur, härrörande från råhumusen, dels en viss halt vattenlösliga humusämnen.

Närvaron av vattenlösliga humusämnen i blekjorden bevisas av de analyser av lermaterial (se kap. 11: A, ytorna 1 och 13), som utförts. I de isolerade lermaterialen hade de vattenlösliga humusämnena från en större kvantitet blekjord kunnat anrika sig. I lermaterialen ur blekjordar utgjorde sålunda den vattenlösliga humushalten 10—20 procent av provets vikt, motsvarande resp. 0,6 och 0,4 procent av blekjordens hela massa.

Humushalten i blekjorden i sin helhet är i allmänhet 2—3 procent. Humusen spelar ingen nämnvärd roll som färgande beståndsdel i blekjorden på samma sätt som t. ex. i ljunghedar, där blekjorden ofta är mörk till färgen. Enligt G l i n k a (1914, sid. 84) skall blekjordens färg bero på inblandade ljusa humusämnen. Detta är för nordsvenska podsoler med säkerhet ej förhållandet.

I rostjorden finnes städse en betydande halt av humusämnen, som i sin helhet vanligen äro utfällda på kemisk väg. Mina analyser visa sålunda i allmänhet en anrikning av 1—3 procent humus i rostjorden. I fuktiga lägen, ävensom i klimatiskt mycket karga trakter såsom fjällhedrar, tilltager humusanrikningen i rostjorden, som härvid antager en allt mörkare färg (humuspodsol).

I underlaget avtager humushalten snabbt under rostjorden till 0,2—0,5 procent. Man kan emellertid påvisa en visserligen föga betydande humushalt även på stora djup. Sålunda konstaterades i det på två meters djup tagna moränprovet från Rokliden (yta 1) en halt av 0,45 procent och i lermaterialet ur samma prov 3 procent. I lermaterialet hade vattenlöslig humus från en större mängd jord anrikat sig vid isoleringen (jfr kap. 1: C).

Humusens roll i övrigt för podsoleringens intensitet sammanhänger intimt med vegetationens betydelse för densamma och skall därför i samband härmed närmare belysas i kap. 5.

2. Blekjordsbildning.

Blekjordsbildningen är liktydig med humustäckets kemiska inverkan på det översta skiktet i mineraljorden. En ytlig granskning av de analyser av äldre, väl utvecklade blekjord, som i kap. 11:A finnas meddelade, ger omedelbart vid handen, att åtskilliga ämnen såsom exempelvis järn och magnesium finnas i lägre procent än hos underlaget, medan kisel syran visar en högre halt än i detta. Att vissa beståndsdelar lösts upp och försvunnit är sålunda faktiskt och har av gammalt ansetts vara blekjordens förnämsta karaktär. Vad som däremot ej är fullt så tydligt är om blekjordsbildningen medfört någon omvandling av de befintliga mineralen, eller om dessa rätt och slätt blivit upplösta. En mera ingående granskning av analysmaterialet jämte vissa andra undersökningar äro ägnade att belysa detta spörsmål.

Blekjordsanalyserna visa en allmän karaktär, som föga avviker från de oförändrade underlagens. Man tycker sig endast kunna spåra en kvantitativ minskning av vissa mineralbeståndsdelar, knappast däremot någon halt av kemiska vittringsprodukter. Limonit saknas exempelvis nästan fullständigt i blekjorden. Frånvaron av vittringsprodukter bestyrkes i hög grad av att det ej i något fall lyckats att påvisa en ökning av halten hygroskopiskt och kemiskt bundet vatten i blekjorden, jämfört med underlaget. På grund av svårigheten att exakt bestämma dessa procenthalter i humushaltiga jordprov har endast ett indirekt uttryck för den totala vattenhalten i lufttorkade prov eftersträfvats, men då såväl halten av hygroskopiskt som kemiskt bundet vatten bör vara betydligt större hos de vanliga markmineralens vittringsprodukter

än hos dem själva, torde de erhållna siffrorna för den totala vattenhalten få tillmätas ej ringa betydelse. *Vattenhalten är städse lägre i blekjorden än i underlaget.*

Att blekjorden ej innehåller vittringsprodukter utan att dessa måste ha bortförts ur densamma efter hand som de bildats, styrkes genom undersökning av vittrade stenar av t. ex. granit, som legat under råhumus. Kvartsen synes här alldeles ovittrad och bildar upphöjda partier å stenens yta. Biotiten har i vittringsytan vanligen lämnat tomrum efter sig. Fältspaterna slutligen äro betäckta med en vit pulverartad skorpa, som vid första påseende förefaller kaolinartad. I kap. 4 B4c skall emellertid visas, att denna vittringsskorpa har genuin fältspatsammansättning och sålunda ej är att betrakta som en kemisk omvandlingsprodukt. Denna uppfattning stödes även i hög grad av att aluminiumöverskottet städse minskas i blekjorden (se vidare kap. 4:B4c). Även Frosterus (1914, sid. 113—114) har genom undersökning av en granitvittringsskorpa kommit till en likartad uppfattning av fältspaternas vittring under råhumus.

Att blekjorden är ytterst fattig på utfällda kolloider och därav absorberade salter framgår av de många analyser, som utförts av olika forskare medels extraktion med saltsyra eller andra lösningsmedel. Sålunda föreliggande analyser av Hesselman (1917 c), Nyholm (1902 och 1903) och Frosterus (1914), vilka behandla profiler av samma karaktär som mina och vilka enstämigt tala för att blekjorden är fattigare på såväl lösliga som absorberande ämnen än underlaget. Viktigt ur vissa synpunkter är, om blekjorden kan innehålla någon mängd fri, amorf kiselsyra. En dylik borde i form av kolloidhinnor omge mineralkornen. Några dylika hinnor kunna emellertid ej vare sig mikroskopiskt eller makroskopiskt upptäckas. Den redan anförda undersökningen av vittrad granitfältspat visar, att vittringsskorpan ej var kiselryerikare än modermineralet. Frosterus (1914) och före honom Münster (1910) ha gjort analyser, som i viss mån äro ägnade att belysa denna fråga. De ha extraherat prov av blekjord, rostjord och underlag med saltsyra varefter återstoden behandlades med sodalösning. Eventuellt befintlig kolloidal kiselsyra går härvid i lösning och blir bestämd om ock ej fullt exakt. Båda de nämnda författarne funno mindre kiselsyra i blekjorden än i underlaget.

Som allmän slutsats av det anförda torde kunna gälla, att *blekjorden är ett skikt, i vilket åtskilliga mineralbeståndsdelar blivit upplösta, men som saknar genom kemisk vittring bildade omvandlingsprodukter av markmineralen*, för så vitt sådana ej tillkommit oberoende av blekjordsbildningen.

För att närmare studera de förändringar, som av den ursprungliga jordarten åstadkommit en blekjord, tagas lämpligen de på procent av mineralisk substans och på procentsumman 100 omräknade analyserna av blekjordar med deras motsvarande underlag till utgångspunkt.

Ett huvudvillkor för att kunna bedöma de kemiska processernas resultat i blekjorden är, som ovan framhållits, att denna verkligen från början ägt underlagets sammansättning. I kap. 2: A har uppvisats, att de grövre minerala jordslagens undre lager praktiskt taget äro ovittrade, samt att de äga en

likformig, granitisk sammansättning. Det återstår då att diskutera, huruvida denna likformighet i de speciella fallen är tillräcklig för att anse en analys av underlaget vara ett gott uttryck för de podsolerade skiktens ursprungliga sammansättning. Den av provytorna, som bäst uppfyller detta villkor, är utan tvivel nr 13. Materialet utgöres här av en fin, ytterst likformig mjåla, av vilken två prov äro analyserade på olika djup under rostjorden. Mjålan å denna yta är av alldeles samma karaktär som mjålan i den strax intill belägna ytan nr 14, vilken är fullt oberörd av podsoleringen. Faktiskt kan man sålunda anse, att de med varandra nära överensstämmande analyserna å prov från 50 och 100 cm:s djup i ytorna 13 och 14 äro ett uttryck för mjålans ursprungliga sammansättning. Då samma mjåla visat sig vid undersökning medelst mekanisk analys vara relativt oberörd av nedslamning, är den i hög grad ägnad att åskådliggöra de rent kemiska processerna i podsoleringen utan störande inflytande av andra fenomen.

I fråga om yta 1, Rokliden, Norrbotten, är också underlagets likformighet ådagalagd av flera analyser å olika nivåer. Yta 9, Ragunda, yta 10, Malingsbo, och yta 11, Hörnefors, äro tre ytor av geologiskt mycket ung ålder. De översta skikten i marken ha där ännu ej hunnit bli i högre grad omvandlade av podsoleringsprocesserna. De under dessa ytor anförda analyserna äro därför ägnade att belysa de primära variationerna i olika, lokala avlagringars sammansättning. De primära avvikelserna äro så små, att *de av podsoleringen förorsakade förändringarna i blekjorden i äldre typiska profiler i de flesta fall väl framträda.*

Med ledning av de olika blekjordsanalyserna har på samma sätt som i fråga om underlagen (se kap. 1:C) beräknats den sannolika mineralsammansättningen. Blekjorden måste nämligen på grund av vad som ovan anförts angående halten av vittringsprodukter, innehålla samma mineral som underlaget. Vid mineralberäkningen har ett värde för kvartshalten erhållits. Kvartsen är ett ämne, som vid vittring under de förhållanden, som råda i den norrländska skogsmarken (sur reaktion), måste vara i det allra närmaste resistent. Man kan därför antaga, att vid blekjordsbildningen den ursprungliga kvartsmängden finnes kvar oförändrad. Detta ger en möjlighet att kvantitativt bedöma de övriga beståndsdelarnas förändring vid blekjordsbildningen.

Man kan exempelvis antaga, att 100 gr av underlaget genom vittring övergår till blekjord. Underlagets kvartshalt antages vara a, blekjordens b. Mängden uppkommen blekjord benämnes x. Man får: $x=100 a:b$. Sedan x uträknats, kan genom en enkel räkning fås huru denna mängd fördelar sig på de olika i blekjorden ingående ämnena. Man behöver blott multiplicera de olika talen i blekjordsanalysen med $x:100$. De omräknade analysen för blekjorden som på detta sätt fås, dragas sedan från motsvarande tal ur analysen för underlaget. De erhållna differenserna representera då de absoluta, genom vittringen upplösta och bortförda kvantiteterna av de olika ämnena i procent av det ursprungliga utgångsmaterialet. De kunna lämpligen också omräknas i procent av de ursprungliga mängderna av varje ämne. Dessa senare tal benämnas *vittringsgrader*, då de representera den grad, i vilken

Tab. 2. Beräkning av de utlösta mängderna av olika ämnen i blekjord från yta 13.
Berechnung der ausgelagten Mengen verschiedener Stoffe in der Bleicherde, Probefläche 13.

	Blekjord Bleicherde An. 66 1 b %	Underlag Untergrund An. 103 b %	Blekjord, % av moder- avlagringen Bleicherde, % von Moder- ablagierung	Genom vitt- ringen ur blek- jorden bort- förda ämnen Durch Ver- witterung aus der Bleicherde ausgelagte Mengen	Vittringsgrad Verwitterungs- grad
SiO ₂	80,83	75,54	65,00 (75,54)	10,54 —	14 —
TiO ₂	0,67	0,55	0,53 (0,63)	0,01 —	2 —
Al ₂ O ₃	10,20	12,06	8,20 (9,53)	3,86 (2,53)	32 (21)
Sil. Fe ₂ O ₃	1,40	3,27	1,13 (1,31)	2,14 (1,96)	65 (60)
Lim. Fe ₂ O ₃	0,09	0,08	0,07 (0,08)	0,01 —	— —
Mn ₂ O ₄	0,04	0,05	0,03 (0,03)	0,02 (0,02)	40 (40)
CaO	1,88	2,04	1,51 (1,76)	0,53 (0,28)	26 (14)
MgO	0,65	1,30	0,52 (0,61)	0,78 (0,67)	60 (52)
Na ₂ O	1,76	2,14	1,42 (1,64)	0,72 (0,50)	34 (28)
K ₂ O	2,50	2,84	2,01 (2,34)	0,83 (0,50)	29 (18)
P ₂ O ₅	0,02	0,12	0,02 (0,02)	0,10 (0,10)	83 (83)
S:a	100,00	99,99	79,76 93,49	19,55	
Sil. SiO ₂	34,16	32,08	21,1	10,54	33
» CaO	1,86	1,90	1,48	0,42	22
Apat. CaO	0,025	0,15	0,025	0,12	83
Kvarts	54,6	43,9	43,9	—	—

varje ämne gått i lösning. Beräkningsmetoden torde bäst klargöras genom följande exempel, hämtat från yta 13 (se tab. 2).

Mot beräkningsmetoden kan invändas, att den vilar på en uppskattning av kvartshalten, som i exakthet lämnar åtskilligt övrigt att önska, i det att den kan vara felaktig på flera procent när. Häremot kan emellertid anföras, att felen gå i samma riktning vid beräkningen av kvartshalten i blekjorden och underlaget. Vid beräkningen av x är det egentligen differensen mellan a och b som är avgörande, en absolut förändring av både a och b med några enheter i positiv eller negativ riktning förorsakar en mycket liten förändring i värdet på x. En nödvändig förutsättning för beräkningen är, att de i blekjorden ingående ämnena bilda samma mineral som i underlaget. Detta är visserligen i stort sett alldeles säkert fallet (se ovan), men i fråga om järn-magnesiummineralen och möjligen vissa andra kan man misstänka att de mera basiska, kisel-syrefattiga i första hand lösas upp, medan de något surare stanna kvar. Om så är, borde proportionsvis något mera kisel-syra inräknas i sådana mineral i blekjorden än i underlaget. Då detta ej kan genomföras, blir kvartsvärdet i blekjorden något för stort och därmed de urlakade kvantiteterna av olika ämnen något för högt beräknade. Då de ifrågakommande mineralen spela en kvantitativt mycket underordnad roll, torde dock nämnda felkälla vara av ringa betydelse.

För att emellertid få en viss kontroll på beräkningen har även utförts en annan sådan, vars resultat äro anförda i tabell 2 inom parentes. Om man antar att kisel-syran vid blekjordsbildningen håller sig konstant, kan man på samma sätt som med hjälp av kvartshalterna beräkna de utlösta mängderna av alla andra ämnen än kisel-syra. Då man med säkerhet kan förutsätta, att kisel-syran ej är konstant, utan att den silikatbundna kisel-syran i högre eller

lägre grad lösas upp vid silikatens sönderdelning, bli de beräknade utlösta mängderna av de andra ämnena rätt mycket för låga; de bli minimumvärden. Å andra sidan vilar beräkningen på en tillfredsställande exakt grundval, nämligen de analytiskt bestämda kiselsyrevärdena. Såsom framgår av de inom parentes anförda värdena, skilja sig de på de olika sätten beräknade värdena för de urlakade mängderna såväl som för vittringsgraderna i fråga om de flesta ämnena ej alltför mycket, varav man har rätt att sluta, att de på grundval av kvartshalterna beräknade värdena måste vara nära riktiga inom de felgränser, som bestämmas av materialets primära variationer i sammansättning och analysfelen.

På ovan beskrivna sätt ha beräkningar utförts för blekjordsanalyserna från ytorna 1, 3, 5, 7, 8, 12 och 13. Yta 4 har ett underlag, som ej tillåter mineralogisk beräkning, analyserna från yta 6 äro ej så fullständiga, att beräkning kunnat utföras på grundval av dem, ytorna 9, 10, 11 och 14 äro unga markytor, på vilka blekjorden ännu ej hunnit antaga sina karakteristiska egenskaper. De erhållna värdena från i mineralogiskt hänseende likvärdiga ytor visa en synnerligen god överensstämmelse, om man tager i betraktande de felkällor i form av primära variationer i det ursprungliga utgångsmaterialet för blekjorden i de olika fallen samt eventuella analysfel, som naturligtvis alltid äro oundvikliga. De särskilda beräkningarnas resultat äro meddelade i kap. 11 under varje särskild yta. Emellertid kan man på grund av den överensstämmelse som urlakningen i de olika profiler, som äro tagna å mineralogiskt likvärdiga marker faktiskt visar, vara berättigad att bilda ett medeltal av de urlakade mängderna av olika ämnen från sådana ytor. För detta ändamål lämpa sig ytorna 1, 3, 7, 8, 12 och 13, av den senare två blekjordar. Detta medeltal bör ge ganska säkra värden för de i genomsnitt vid podsoleringen frigjorda mängderna av olika ämnen. Tillfälliga fel i de olika bestämningarna beroende på ursprungliga variationer i materialet eller eventuella analysfel komma att i medeltalet spela en liten roll. Genom att uträkna medeltalets medelfel, får man en föreställning om dessa felkällor ävensom de variationer, som möjligen kunna vara betingade av olikheter i podsoleringens förlopp. I tab. 3 äro resultaten av de utförda beräkningarna angivna.

Dels ha angivits resultat beräknade på grundval av kvartshalterna, dels resultat, beräknade med ledning av kiselsyrehalterna. De på det senare sättet erhållna talen stå inom parentes.

Tabell 3 ger en betydligt klarare bild av den normala blekjordsvittringen än vad det primära analysmaterialet förmår. Tabellen anger de mått på vittringen, som med det förhanden varande analysmaterialet äro mest sannolika. Dessa skola i det följande användas vid diskussionen av de olika ämnenas förhållande vid vittringen.

Tab. 3. Medeltal av de urlakade mängderna av olika ämnen ur sju blekjordar.
Mittel der ausgelagten Mengen verschiedener Stoffe in sieben Bleicherden.

	Urlakade mängder i procent av utgångsmaterialet (moderavlagringen)		Vitringsgrad	
	Ausgelagte Mengen in Prozent der Mutterablagerung		Verwitterungsgrad	
SiO ₂	8,3	± 0,91	—	—
Al ₂ O ₃	3,5	± 0,25	(2,31 ± 0,20)	28 ± 2 (18 ± 2)
Sil. Fe ₂ O ₃	1,6	± 0,21	(1,48 ± 0,27)	56 ± 6 (50 ± 7)
CaO	0,6	± 0,09	(0,47 ± 0,10)	32 ± 4 (23 ± 4)
MgO	0,6	± 0,07	(0,55 ± 0,07)	56 ± 4 (51 ± 4)
Na ₂ O	0,6	± 0,10	(0,32 ± 0,08)	22 ± 3 (14 ± 5)
K ₂ O	0,5	± 0,11	(0,23 ± 0,07)	20 ± 3 (9 ± 2)
P ₂ O ₆	0,13	± 0,02	(0,13 ± 0,02)	90 ± 5 (90 ± 5)
	Sta 15,8 ± 1,09			
Sil. SiO ₂	8,3	± 0,91		25 ± 3
CaO	0,5	± 0,10		28 ± 5
Apat. CaO	0,16	± 0,026		90 ± 5

För att ytterligare lära känna förloppet vid blekjordsbildningen ha som redan i kap. 2:A2 nämnts, analyser verkstälts på tvenne typiska blekjordars finaste beståndsdelar (under 0,002 mm). Dessa analyser äro meddelade i kap. 11:A, yta 1 och 13. Det framgår av dem, att lermaterialet i blekjorden i stort sett har samma kemiska egenskaper som de lika finkorniga beståndsdelarna i underlaget, och ovan (kap. 2:A2) har framhållits, att särskilt dess höga halt av aluminium måste återföras på en omvandling av fältspaterna i beröring med vatten, troligen redan i samband med materialets sönderkrossning i den smältande inlandsisen. Emellertid visar lermaterialet ur blekjorden också oförtydbara spår av humusvittring. Man kan sålunda urskilja en betydande minskning av järn och magnesia gent emot underlagets lermaterial. Det kan synas egendomligt, att de lättvittrade beståndsdelarna järn och magnesia ej aldeles försvunnit ur blekjordens lermaterial. Antagligen finnas resterna av dessa ämnen i svårslösigare form än de ursprungliga, mörka mineralen.

Med hänsyn till blekjordens bildningsmekanik är det av intresse att lära känna, om den är starkare vittrad i sin övre del än längre ned. För belysande av det anförda spörsmålet ha i tvenne för ändamålet lämpade profiler (se kap. 11:A, yta 1 och 6) tagits små stickprov ur blekjordens olika nivåer. I dessa prov har sedan den totala järnhalten bestämts, enär järnet är en beståndsdel som är mycket känslig för humusvittringen och som låter sig relativt lätt bestämmas. Då titan mycket bekvämt kan bestämmas i den lösning, där järnet titrerats med permanganat, har i den ena provserien även titan bestämts. Man kan anse detta ämne vara betecknande för de svårast vittrande mineralen. Av analyserna framgår, att såväl järnhalten som titanhalten visa en betydande stegring mot blekjordens djupare nivåer, vilket bestyrker, att materialet närmast under humustäcket vittrat betydligt starkare än längre ned. Bauschanalyser skulle säkerligen visa samma fenomen beträffande de övriga ämnena.

En undersökning av sandig blekjord ur olika nivåer ger vid handen, att biotit och andra mörka mineral nästan saknas i skiktets övre del, medan de finnas i dess djupare. Fältspaterna visa tydligare vittringsskor-

por i den övre delen än längre ned. Kvartsen synes i hela blekjorden klar och förefaller oförändrad.

Man kan sålunda av det anförda sluta, att *blekjorden ej är ett genomvittrat skikt, utan att särskilt i dess djupare lager även åtskilliga ganska lättvittrade mineral finnas kvar oförstörda*. Därav följer givetvis, att blekjorden allt fortfarande är underkastad vittring: den är av allt att döma markens egentliga vittringszon. Som nedan skall visas, gäller detta däremot ej om rostjorden. Av många tidigare forskare har som ovan nämnts blekjorden betraktats som ett genomvittrat lager, medan rostjordens vore markens egentliga vittringszon. För nordsvenska podsoler är detta tydligen ej fallet.

3. Rostjordsbildning.

En granskning av analysmaterialet, kap. II:A, ger vid handen, att i rostjorden sannolikt försiggår en anrikning utom av humus även av limonitiskt järn, överskottsaluminium, hygroskopiskt och kemiskt bundet vatten och i vissa fall fosforsyra. Detta stämmer fullständigt med de flesta tidigare undersökningar såväl utom som inom Fennoskandia. Belysande för nordsvenska förhållanden äro särskilt H e s s e l m a n s, N y h o l m s och F r o s t e r u s' analyser, vilka alla visa analoga företeelser. Beträffande kiselsyran antyda F r o s t e r u s' undersökningar, att den anrikas i rostjorden, medan de övriga forskarna ej ägnat den större uppmärksamhet.

I fråga om magnesia, silikatiskt järn, kalk, natron och kali visa mina analyser, att skillnaden mellan halten av de respektive ämnena i rostjorden och underlaget är mycket obetydlig. En liten procentisk minskning av dessa ämnen uppstår naturligtvis enbart genom anrikningen av vissa andra beståndsdelar. Man kan sålunda av analyserna sluta, att rostjorden är ett i det närmaste ovittrat skikt. En granskning av mineralkornen i rostjorden med lupp efter bortlösning av kolloidhinnorna med utspädd saltsyra visar emellertid, att stundom en obetydlig etsning av mineralkornen kan iakttagas, särskilt i skiktets övre del.

Rostjorden kan sålunda betecknas som ett av vittringen blott i ringa grad berört skikt, som anrikats på vissa beståndsdelar, vilka tydligen bilda de för skiktet karakteristiska, rostfärgade kolloidhinnorna. De ämnen vilka i marken transporteras i form av kolloider äro humus, aluminium, kiselsyra, järn (och möjligen titan). Det är då helt naturligt, att det just är dessa ämnen, som företrädesvis blivit anrikade i rostjorden, och rostjordsbildningen är i huvudsak att uppfatta som en kolloidutflockningsprocess, vilket, som i det föregående nämnts, är den allmännast antagna åskådningen.

Att säkert analytiskt bestämma huruvida en anrikning av kiselsyra av viss storlek sker i rostjorden, är tyvärr ej utförbart. I stället för att nedlägga mycket arbete på dylika analyser, har jag försökt att medels beräkning få fram om de utförda rostjordsanalyserna antyda någon kiselsyreanrikning. Direkt framgår detta ej, enär förändringar i den procentiska kiselsyrehalten äro på grund av dennas betydande storlek i hög grad beroende på de tillskott av andra ämnen, som rostjorden mottagit. Fältspaterna i rostjorden äro praktiskt taget ovittrade. Detta styrkes av att de lättvittrade järnmagnesiamineralen ej synas ha minskats i rostjorden mer än de alldeles säkert mera svårslösliga fältspaterna. Man kan därför anse att de för fältspaterna betecknande ämnena kali, natron och kalk (med avdrag för den apatitbundna delen) ej undergått någon nämnvärd förändring vid moderavlagringens övergång till rostjord, helst som någon anrikning av dessa lösliga ämnen i rostjorden ej heller kunnat förmärkas. (Angående dessa förhållanden, se närmare under varje ämne i avd. 4).

Om summan av kali, natron och silikatiskt bunden kalk i en rostjord benämnes a, samma summa i motsvarande underlag b, samt den mängd rostjord som uppstår, då 100 gr moderavlagring övergår till rostjord x, erhålles följande relation $x=100b:a$, varav lätt x kan uträknas. Genom multiplikation av rostjordens kiselsyrevärde med x och subtraktion av underlagets kiselsyreprocent från den erhållna produkten erhålles ett mått på den ändring, som kiselsyran undergått vid rostjordsbildningen.

Beräkningar ha efter denna metod utförts för rostjordarna från yta 1, 3, 7, 8, 12 och 13. Beträffande yta 7 har ett medeltal av de båda utförda rostjordsanalyserna använts. De båda rostjordsanalyserna, yta 13, ha beräknats var för sig, den förra jämförd med sitt underlag, analys 103, den senare jämförd med ett medeltal av fyra underlagsanalyser från ytorna 13 och 14 på alldeles analogt sätt som i fråga om blekjordsberäkningarna från samma yta (se kap. 11). I alla de undersökta fallen kunde konstateras att kiselsyran, om den som utgångspunkt vid beräkningen antagna förutsättningen är riktig, måste vara anrikad i rostjorden. Det råder emellertid mycket stora skillnader mellan storleken av de anrikade kvantiteterna i olika fall. Detta är även helt naturligt, då de av podsoleringen orsakade förändringar, som överhuvud kunna spåras i rostjorden, äro ej så stora bredvid det ursprungliga materialets variationer i sammansättning, att de klart framtråda. Varje partialberäkning är därför mycket osäker. Ett medeltal av de erhållna värdena för anrikad kiselsyra har däremot ett större intresse, enär i detta de fel, som bero på materialets ursprungliga variationer måste vara i möjligaste mån utjämnade. En beräkning av samma medeltals medelfel på grundval av de sju partialbestämningarnas medelfel ger ett mått på inflytandet av såväl olikformigheter i podsoleringen som olika felkällor.

Som resultat av beräkningarna erhöles att i de undersökta rostjordarna i medeltal en kiselsyremängd av 1,89 % (mf 0,60), räknat i procent av utgångsmaterialet (moderavlagringen), tillförts. De teoretiska förutsättningarna för denna beräkning äro visserligen ej säkra men högst sannolika. Om verkligen någon liten mängd av kali, natron eller silikatbunden kalk skulle ha genom urlakning försvunnit ur rostjorden blir värdet för

kiselsyrans ökning något för högt. Om däremot någon liten kvantitet av de anförda ämnena genom absorption tillförts rostjorden, blir värdet för kiselsyrans ökning något för lågt. Dessa båda teoretiskt möjliga felkällor motverka sålunda varandra.

Man kan på grundval av det ovan anförda påstå, att det förhanden varande analysmaterialet med en hög grad av sannolikhet antyder, att *en genomsnittlig anrikning av 1—2 % kiselsyra skett i rostjordarna.*

De övriga ämnena som anrikats i rostjorden äro lättare att åtminstone approximativt uppskatta. Järnet och humusen framgår direkt ur analys-talen för limonit och humus. Dessa äro i medeltal för 11 resp. 10 utförda analyser av sådana rostjordar, som ej på grund av för ung ålder ännu ej hunnit bli karakteristiska 1,63, resp. 2,30 %. Aluminiumanrikningen mätes bäst genom differensen mellan aluminiumöverskottet i rostjorden och i underlaget. I medeltal av åtta rostjordsanalyser, där aluminium bestämts, erhöles 1,0 %. Ökningen av hygroskopiskt och kemiskt bundet vatten i rostjorden, vilken otvivelaktigt står i samband med anrikningen av de kolloidala vittringsprodukterna, mätes bäst genom differensen mellan procenttalen för dessa ämnen i rostjorden och underlaget. I medeltal av åtta analyser är denna ökning 1,37 %. Titan visar en liten ökning av i medeltal 0,03 % (medeltal av differensen mellan titanhalten i rostjorden och underlag i åtta profiler). Vad fosforsyran beträffar, är det svårt att av mina analyser draga säkra slutsatser. Bättre hållpunkter synas H e s s e l m a n s analyser från Fagerheden erbjuda (se nedan under Fosforsyra). Alla de olika procenttalen äro angivna i förhållande till utgångsmaterialet vid rostjordsbildningen, d. v. s. moderavlagringen, i sin tur beräknad på humus- och vattenfri substans. Härigenom bliva de olika siffrorna direkt jämförbara och illustrera bäst den tillförsel av olika ämnen, som ha försiggått under rostjordsbildningen.

Med utgångspunkt från ett typiskt underlag, vartill valts den alldeles säkert ovittrade moränen å 1 m djup i yta 1, Rokliden, vilken sedan beräknats på humus- och limonitfritt material, enär dessa ämnen äro två sekundära beståndsdelar, har sedan uträknats en normalrostjorden, avsedd att illustrera rostjordsbildningen, sådan den i allmänhet förlöper, fritt från de störande inflytanden på analysbilden, som orsakas av ursprungsmaterialets primära variationer i sammansättning. Beräkningens resultat föreligger i tab. 4. Först har till moderavlagringen adderats de mängder, av olika ämnen, som enligt det ovan angivna i medeltal anrikats i rostjorden. Procenterna för dessa ämnen äro något korrigerade med hänsyn till att de böra räknas i förhållande till den en viss mängd vatten innehållande moderavlagringen. Den på detta sätt erhållna rostjordssammansättningen har sedan omräknats på

100 % och uppfyller nu kraven på en normalrostjord, som endast genom de av podsoleringen orsakade förändringarna skiljer sig från sitt underlag, och vars procenttal alla äro de med hänsyn till det föreliggande analysmaterialet mest antagliga.

Tab. 4. Bildning av en rostjord enligt analysmaterialet.

Bildung von Orterde nach dem Analysenmaterial.

	Moderavlagring, morän (An. 72, yta) Muttergestein Morän	Vid podsoleringen anrikade mängder Bei den Podsolierung anreicherte Stoffe	Rostjord i % av utgångsmaterialet Orterde in % des Muttergesteins	Rostjord, omräknad på 100 % Orterde, auf 100 % umgerechnet
Humus	—	+ 2,30	2,30	2,12
H ₂ O	1,33	+ 1,36	2,69	2,49
SiO ₂	73,53	+ 1,89	75,42	69,70
TiO ₂	0,39	+ 0,03	0,42	0,39
Al ₂ O ₃	13,62	+ 1,00	14,62	13,52
Sil. Fe ₂ O ₃	2,21	—	2,21	2,04
Lim. Fe ₂ O ₃	—	+ 1,63	1,63	1,50
CaO	2,03	—	2,03	1,88
MgO	0,84	—	0,84	0,78
Na ₂ O	2,88	—	2,88	2,66
K ₂ O	3,11	—	3,11	2,87
P ₂ O ₅	0,07	—	0,07	0,06
S:a	100,01	8,21	108,22	100,00

Som tabell 4 visar, undandraga sig åtskilliga av de förändringar, som skett i en rostjord i och med podsoleringen, uppmärksamheten vid en ytlig granskning av en analys, medan samtidigt en liten procentisk minskning av åtskilliga ämnen ingalunda behöver vara ett tecken på att dessa ämnen urlakats. Ehuru tab. 4 ej innehåller något egentligt nytt utöver de redan angivna medeltalen för de anrikade kvantiteterna av vissa ämnen, är den i hög grad ägnad att belysa, huru rostjordsbildningen med stor sannolikhet försiggår och på vad sätt detta tager sig uttryck i analysiffrorna.

Som huvudresultat av den gjorda utredningen av rostjordsbildningen framgår, att med all sannolikhet till storleksordningen likvärdiga mängder av de ämnen: humus, kiselsyra, aluminium och järn, vilka i marken transporteras som kolloider, utflockas i rostjorden.

Då hela den vid blekjordsbildningen frigjorda mängden mineralbeståndsdelar ej åter utfälles i rostjorden och ej heller i underlaget, måste den föras vidare med grundvattnet ut i floderna och havet. Flodernas halt av lösta salter blir då ett visst mått på vittringen. Särskilt äro sådana floder av intresse, som hämta sitt vatten från ett likformigt, helst ej alltför starkt kuperat skogsområde. En sådan älv är Byskeälven, vars vatten analyserats av Hofman-Bang (1905) samt av Hydrografiska Byrån. Särskilt är det av intresse att undersöka proportionen mellan de i denna älvs vatten lösta olika ämnena och sammanställa resultatet härav

med de vid podsoleringen frigjorda ämnena. En betydande del av de i floderna transporterade saltmängderna härröra naturligtvis från myrmarker och andra terränger, vilkas jordmånstyp ej är skogsodsol, men sannolikt sker själva vittringen även i dessa marker på ett ganska likartat sätt, och de ämnen, som i dessa jordmånstyper ej fällas ut i själva markprofilen, komma antagligen till större delen på annat håll till avsättning. I det följande kommer därför de olika ämnenas transport ut till floderna något att beröras.

4. Översikt över olika ämnens förhållande vid podsoleringen.

a. Kiselsyra.

Kiselsyra är en huvudbeståndsdel i de flesta markmineralen, främst kvarts. I det föregående har betonats, att detta mineral är i det närmaste resistent mot humusvittringen, varför de betydande mängder kiselsyra, som i blekjorden gå i lösning, härstamma ur olika silikat. Kiselsyrans vittringsgrad bör därför lämpligen anges i procent av den silikatbundna kiselsyran och uppnår då ett ej obetydligt värde, i medeltal (tab. 3) 25 %, en siffra som dock är osäkrare än motsvarande för andra ämnen.

De stora mängder kiselsyra, som transporteras ur blekjorden kunna vandra tre olika vägar. Dels kunna de avsättas i rostjorden, dels i underlaget och längre bort liggande lokaler, dels med grundvattnet tillföras floderna och havet. Den kiselsyra, som utfälles i rostjorden resp. underlaget, måste finnas i form av en s. k. gel, ingående i de amorfa gelhinnor, som där omge mineralkornen. Det framgår med sannolikhet av mitt analysmaterial samt av Frosterus redan citerade arbete (1914 analys 140 o. 169), och Münsters analyser, Münst (1910) att en ej obetydlig avsättning av kiselsyra i rostjorden sker. Det vore f. ö. ur teoretisk synpunkt underligt, om vid den utflockning av olika förhanden varande kolloider, som sker i rostjorden, en, nämligen kiselsyra, skulle förbli alldeles intakt i lösning. Experimentella rön av B. Aarnio (1915, sid. 63, 70) ha visat att kiselsyra kan utfällas av såväl järn- som aluminiumhydroxidsol inom vissa koncentrationsområden som i marken äro tänkbara.

Att direkt iakttaga, om någon kiselsyreavsättning i underlaget sker, är ej möjligt. Frånvaron av några mera betydande kolloidhinnor överhuvud taget därstädes häntyder dock på att endast ringa kiselsyremängder där avsättas.

Till floderna och havet föras betydande mängder kiselsyra. Hofmann-Bang (1905) fann i tio liter av Byskeälvens vatten 0,0153 gr SiO_2 , vilket utgjorde 12 % av samtliga mineralämnena. Ljusnans vatten innehöll på samma volym 0,0346 gr eller 19 % av samtliga mineralämnena. Kiselsyran synes med hänsyn till möjligheten att i löst tillstånd transporteras långa distanser utan att avsättas, i viss mån intaga en mellanställning mellan de positiva kolloiderna aluminiumhydroxid och ferrihydroxid å ena sidan och de i allmänhet molekylära lösningar bildande ämnena kalk, magnesia, kali och natron å andra sidan. Detta sammanhänger sannolikt med kiselsyrans natur av negativ kolloid.

b. Titan.

Titan förekommer i marken huvudsakligen i mineralen titanit, titanjärn och rutil. Blekjordsanalyserna synas antyda en mycket ringa urlakning av den till 0,3—0,5 % halt förekommande titansyran, TiO_2 . Tillvaron av denna urlakningsprocess bevisas av de titanbestämningar å blekjord från olika nivåer, som meddelas i kap. 11:A, yta 6. Intressant är en mycket tydlig anrikning av titan i det allra finaste materialet i blekjorden, se yta 1 och 13. I detta uppnår titansyran en procenthalt av nära 5 % mot ungefär 1 % i underlagets lermaterial. Möjligen beror olikheten i titansyrans förhållande i blekjorden i dess helhet jämfört med det allra finaste materialet på att vissa titanmineral förhålla sig annorlunda än andra, och måhända finnes titanhalten i det finaste slammet i form av rutil, som torde vara ett mot vittring mycket resistent mineral.

Det är sannolikt att en liten anrikning av titan i rostjorden (se av. 3) sker, vilket bestyrkes av att de oxalatextrakt (se kap. 1:C) i vilka det limonitiska järnet bestämts, stundom visat sig innehålla små titanmängder.

c. Aluminium.

Aluminium förekommer i marken först och främst som beståndsdel i fältspaterna. Vid de utförda mineralberäkningarna har antagits att det allra mesta av aluminiummängden förefinnes i dessa mineral, vilket också bestyrkes av utförda mineralsepareringar. Dessutom ingår dock aluminium otvivelaktigt i ett mycket stort antal andra mineral. Av dessa må först nämnas kaliglimmer (muskovit). Vid de försök som gjordes att mikroskopiskt taxera vissa bestämda mineral (se yta 3, 8, 12) konstaterades närvaron av muskovit, som dock föreföll finnas i så små mängder, att den praktiskt taget ej spelar stor roll vid den anförda mineralberäkningen, där eljest muskovithalten skulle representera en felkälla. De mikroskopiska undersökningarna antyde också, såsom väntat var, att muskoviten tycktes vara relativt resistent mot humusvittringen.

I biotit, hornblende och augit finnas små mängder aluminium. Av analysernas halt av järn och magnesium följer emellertid, att halten av dessa mineral överhuvud taget endast uppgår till i allmänhet 5 % (se tab. 1). Den aluminiumhalt, som här förefinnes, måste då vara kvantitativt obetydlig. Sannolikt är den emellertid lätt upplösbar i likhet med järn och magnesia (se nedan).

I granat, epidot och cordierit ingår aluminium. Vad de två förra mineralen beträffar, så kan man av de utförda mineralsepareringarna (yta 3, 8 och 12) sluta att dessa relativt tunga mineral endast förekomma i mycket små mängder. Detsamma vågar man också säga om cordierit; alla dessa mineral bilda en kvantitativt mycket obetydlig del av de ursprungliga bergarterna. Att cordierit genom humusvittring kan lösas upp, har jag iakttagit på stycken av s. k. fläckskiffer härrörande från grythytteformationen. I denna skiffer finnas cordierit-aggregat, som bilda ett slags fläckar i bergarten. Å vittrade stycken efterlämna cordieritfläckarna hålrum. Att i övrigt bedöma de nämnda mineralens förhållande vid markvittringen har ej varit möjligt.

Slutligen finnas åtskilliga genuina aluminiummineral, staurolit, silliman-

nit, disten och kaolin. De tre förstnämnda kunna ej spela kvantitativt stor roll annat än möjligen i trakter med paragnejs (jämför härom kap. 2:A2 och 2:A3). Troligast är såsom i kap. 2 har visats, att aluminiumöverskottet i analyserna till stor del består av ett kaolinartat komplex, som uppkommit genom fältspaternas sönderdelning. Aluminiumöverskottet är emellertid en kvantitet, vars bestämmande tyvärr är behäftat med stora felkällor. Vid beräkningen influera nämligen först alla de fel, som vidlåda värdet för aluminiumhalten. I detta ingår zirkon, mangan m. fl. i små mängder förekommande ämnen. Dessutom inverka eventuella analysfel i kali-, natron- och kalkbestämningarna. Aluminiumöverskottet i en enstaka analys får därför ej anses vara så betydelsefullt, men när det, såsom i föreliggande analysmaterial är fallet, återkommer med likartade belopp i serier av analoga analyser, torde det få användas som grundval för slutsatser.

Aluminiumöverskottet är städse mindre i blekjorden än i underlaget. Denna skillnad är givetvis betydligt säkrare bestämd än aluminiumöverskottet självt i en enstaka analys, enär de fel, som vidlåda detta i blekjorden, ungefärligen motsvaras av lika beskaffade fel i samma riktning i underlaget. Dessa båda fel ta därför delvis ut varandra vid subtraktionen. *Det anförda synes mig bevisa, att fältspaterna vid blekjordsbildningen ej ge upphov till kaolin eller något aluminiumrikt komplex, som kvarstannar i form av ett residuum.* Detta bestyrkes också av det allra finaste slammets sammansättning (se yta 1 och 13). Om nämligen kaolin eller något liknande hade uppkommit i blekjorden, borde givetvis det finaste slammets där varit aluminiumrikare än slammets i underlaget. Speciellt skulle detta varit fallet i yta 13, där praktiskt taget ingen nedslamning ägt rum. I stället förefinnes ungefär lika mycket överskotts-aluminium i blekjordsslammets som i underlagsslammets, vilket tydligen sammanhänger med att aluminiumanrikningen såväl i blekjordsslammets som i underlagsslammets bero på en gemensam orsak (se kap. 2:A2). Naturligtvis förblir en redan befintlig vittringsprodukt i blekjorden intakt vid råhumusvittringen, och där nedslamning ej försiggått, förblir då det aluminiumrika slammets kvar i markens ytskikt.

Att kaolin ej uppkommer vid råhumusvittringen bestyrkes ytterligare av följande undersökning, som också utvisar, att den vita, pulveraktiga skorpa, som ofta synes betäcka fältspaterna i blekjorden ej har kaolinsammansättning. Vittringsskorpan på råhumusvittrad fältspat ur ett stycke mycket sur granit (Vängegranit) lösgjordes genom skrapning med en platinaspade, slammades i något vatten för att befrias från grövre fältspatfragment, varefter den erhållna suspensionen koagulerades med ett spår ammoniumsolt och analyserades. Endast 0,35 gr substans kunde erhållas, vilket analyserades medels 'Janna s ch' (1904) borsyreometod under uteslutande användande av platinakärl i stället för glashägare och porslinsskålar. Analysen är meddelad i tab. 5.

Av kali-, natron- och kalkhalten kan beräknas följande mineralsammansättning om magnesian och glödförlusten uteslutes: Ortoklas = 40,8 %, albit = 52,4 %, anortit = 7,6 %. För att denna mineralkombination verkligen skali kunna existera, fordras en Al_2O_3 -halt av 20,4 % och en SiO_2 -halt av 65,6 %. Som tab. 5 visar, uppfylla de funna aluminium- och kiselsyrevärdena noga detta villkor, varför analysen torde få anses bevisa, att vittringsskorpan äger verklig fältspatsammansättning. Man måste antaga, att *vittringsskorpan endast utgöres av uppluckrad fältspatsubstans*, som måhända uppstått på grund av att

Tab. 5. Den kemiska sammansättningen hos vittringsskorpa på fältspater i ett stycke råhumusvittrad Vängegranit.

Die chemische Zusammensetzung einer Verwitterungskruste auf Feldspäte aus einem Stückchen durch Rohhumus verwittertem Vängegranit.

Glödförlust.....	1,9 %
SiO ₂	65,0 »
Al ₂ O ₃	20,0 »
CaO	1,5 »
MgO	0,4 »
Na ₂ O	6,2 »
K ₂ O	6,9 »
	S:a 101,9 %

Anm. Summan utföll något för högt. Glödförlusten bestod dels av humus, dels av hyroskopiskt och möjligen även kemiskt bundet vatten.

mikroklin-, albit- och anortitkomponenter i de ursprungliga fältspaterna äga olika löslighet.

Jag har vidare utfört mineralberäkningar på de av Nyholm (1902, 1903) och Aarnio (1918) publicerade Bausch-analyserna av finska blekjordar jämte deras underlag. Städe finner man härvid liksom i fråga om mina egna analyser att mängden aluminium i förhållande till kalium, natrium och kalcium är mindre i blekjorden än i motsvarande underlag. Detsamma gäller Ramanns (1885) omfattande analysmaterial från de nordtyska hedarna vidare Helbigs (1909 a, b) och Alberts (1910) analyser från Tyskland. I fråga om de tre sistnämnda författarnas analysmaterial kan man dock ej med samma rättighet som i fråga om svenska och finska jordmåner utföra mineralberäkningar, när hela jordartsmaterialet i Tyskland torde vara mycket mera förändrat genom vittring, oavsett podsoleringen än i de centralare delarna av det nordeuropeiska nedisningsområdet.

Av allt att döma för sålunda råhumusvittringen i markytan till en fullständig upplösning även av aluminiumhalten i fältspaterna, i motsats mot den i kap. 2 berörda, förmodligen hydrolytiska spaltningprocess, som gör sig märkbar alltigenom hela avlagringarna men blott på det allra finaste materialet.

Den ständiga minskningen av aluminiumöverskottet i blekjorden fordrar emellertid sin förklaring. I sandiga jordmåner torde nedslamningen kunna spela in. Men då minskningen synes vara en allmän företeelse, måste man nog antaga, att den sammanhänger med den aluminiumhalt, som alltid finnes i flere av de mörka mineralen, särskilt biotit, som är mycket lättvittrat. Att denna aluminiumförlust rent av skulle kunna kompensera en aluminiumanrikning i blekjorden, som därför skulle undandraga sig uppmärksamhet, är emellertid ytterst osannolikt, när alla möjligen ifrågakommande aluminiumhaltiga mineral spela en kvantitativt liten roll gent emot fältspaterna, som givetvis sätta huvudprägeln på aluminiumhaltens förhållande.

Den i blekjorden lösliggjorda aluminiummängden uppgår i medeltal enligt tab. 3 till cirka 3,5 % av moderavlagringen med en vittringsgrad av 28.

Beträffande aluminiums vandringar i marken finner man av Hofmann-Bangs undersökningar att en mycket liten del av de lösta aluminiumsalterna nå havet. Medan enligt tab. 2 cirka en femtedel av de vid vittringen i skogsmarken lösliggjorda ämnena utgöras av Al₂O₃ är endast cirka 2 % av de lösta mineralbeståndsdelarna i Byskeälvens vatten, aluminium- och järnoxid,

räknade tillsammans. Det är då givet att de största mängderna av järn och aluminium måste fällas ut någonstades på vägen, först och främst i rostjorden.

Huru man skall föreställa sig utfällningen av aluminium- och järnföreningar i rostjorden har belysts experimentellt av Aarnio (1915). Denne forskare betraktar fenomenet som en ömsesidig inverkan av positiva kolloider (aluminium- och ferrihydroxid) och negativa kolloider (humussyror, kisel-syra), vilka utfälla varandra inom vissa koncentrationsområden. Enligt Odén (1919, sid. 242) gäller emellertid sannolikt ej en av förutsättningarna för giltigheten av Aarnios experiment, nämligen att järn (och väl även aluminium) vandra som kolloidalt lösta hydroxider. Enligt Odén vandra de troligen som humater, blandade med fria humussyror, som i vissa fall verka som skyddskolloider. Om själva utflockningsprocessen i rostjorden är betingad av kolloidernas inverkan på varandra eller av elektrolyters inflytande är ännu en öppen fråga. En bidragande orsak till utfällningen är antagligen de rent kapillära krafterna vid lösningarnas nedsippande i jordarterna (jfr Sahlbom, 1910). Måhända bidra även nedslammingsprocesser att transportera aluminium från blekjorden till rostjorden.

Enligt mina beräkningar (se B3) är en anrikning av i medeltal 1,0 % Al_2O_3 i rostjorden sannolik. Hesselman (1917c) har låtit analysera ej mindre än 8 likartade podsolprofiler från en och samma tallhed. Medeltal av dessa analyser äro meddelade i kap. 11, yta 6. Om man i Hesselmans 8 profiler drager Al_2O_3 -värdet i vart och ett av underlagsanalyserna från motsvarande värde i rostjordsanalyserna, så torde man ha eliminerat den betydande felkälla, som representeras av de vanliga markmineralens mycket märkbara löslighet i saltsyra. Medeltalet av de uppkomna differenserna blir 1,42 %, som torde vara den genomsnittliga halten utfälld aluminium i rostjorden å den av H. undersökta sandheden. Detta värde överensstämmer till storleksordningen med det av mig funna medeltalet för sju rostjordar, 1,0 %.

Vad de finländska undersökningarna beträffar, så visa de av Frosterus (1914) undersökta fallen alltid en tydlig anrikning av aluminium i rostjorden. Detsamma gäller även i allmänhet om Nyholms analyser.

Att aluminium ej i större mängder utfaller i markens djupare lager har uppvisats i kap. 2:A. Då man ej känner några utfällningar av aluminium i större skala på något annat ställe såsom i sjöar (t. ex. tillsammans med järn i sjömalm), måste den stora huvudmassan av den lösliggjorda aluminiummängden kvarstanna i rostjorden (och lagren närmast under denna), vilket även framhållits av Aarnio (1915). De små aluminiummängder, som vandra vidare och småningom nå floderna och havet befinna sig sannolikt ej i kolloidalt löst form, varigenom de undgå utfällning.

d. Järn.

Järn förekommer i marken som beståndsdel i en hel mängd mineral. Bland dessa må nämnas biotit, klorit, hornblende, augit, olivin och serpentin, magnetit, limonit (i blandning eller möjligen i kemisk förening med humusämnen), titanjärn, svavelkis, vidare granat och epidot.

Järnrikast äro magnetit, limonit, titanjärn och svavelkis. Det senast av dessa mineral kan säkerligen förutsättas spela ofantligt liten roll, dels på grund av sin ringa kvantitativa betydelse i berggrunden, dels på grund av att

det fort försvinner ur oxiderade jordlager. Några svavelbestämningar ha ej utförts. Under mikroskopet har ej observerats någon svavelkis.

Magnetit- och titanjärn framträda under mikroskopet som svarta, ogenomskinliga korn. Att skilja de båda mineralen i ett jordprov torde ej vara möjligt. Av de mineraltaxeringar att döma, som meddelas i kap. 11:A under ytorna 3, 8 och 12, torde magnetit och titanjärn vara relativt resistent i blekjorden. Detta stödes i viss mån av att järnet i allmänhet visar nära samma vittringsgrad som magnesium, vilket tyder på att de lösliggjorda järnkvantiteterna härstamma från mineral, vilka utom järn även innehålla magnesia. Titanet visar låg vittringsgrad, vilket anger, att titanjärnet ej så lätt löses upp.

Limoniten tyckes däremot mycket fort lösas och försvinna. Detta mineral bidrar mera än något annat att framkalla markens vanliga gulbrunaktiga färg; utblekningen beror till stor del på att detta pigment saknas. Den askvita färg, som den typiskt utvecklade blekjorden i Norrland äger, härrör sålunda av två orsaker: frånvaro av limonit samt den vita färgen av fältspaternas vittringsskorpor. Dessas ljusa färg beror närmast på rent fysikaliska orsaker, nämligen att mineralet i själva vittringsskorpan är pulverartat finfördelat. Limonitens bortförande ur blekjorden illustreras av analysernas värden å det limonitiska järnet. I äldre, typisk blekjord är detta i allmänhet under 0,1 %, medan i underlaget det ofta når 0,3—0,5 %.

De vanliga silikatiska järnmineralens snabba upplösning är kanske den mest karaktäristiska processen vid blekjordsbildningen. Det föreliggande analysmaterialet belyser på ett vackert sätt detta kända faktum. Det silikatiska järnet visar i medeltal en vittringsgrad av 56 %. Även det finaste materialet ur blekjorden visar sig vara utlakat i avseende på järn (jfr yta 1 o. 13). Direkt medels mikroskopiska eller makroskopiska undersökningar är det lätt att övertyga sig om att järn-magnesiummineralen till stor del försvunnit ur blekjorden (jfr yta 3, 8, 12). De kvarvarande resterna se också synnerligen korroderade ut. Vid undersökning av stenars vittringsskorpor under mikroskopet synas flere av de mörka mineralen ofta delvis omgivna av små limonitkorn. Särskilt biotiten synes vara föga resistent mot råhumusvittringen; detta mineral saknas nämligen ofta nästan fullständigt i blekjorden. Då biotiten redan i de bergarter, som givit upphov till jordlagren ofta delvis är omvandlad till klorit, är det tydligt, att även detta mineral fullständigt löses upp vid råhumusvittringen. Hornblendekorn ur blekjorden bruka förete en yttre, korroderad, något urblekt zon, varav det vill synas som om järnet möjligen löses ut något snabbare än mineralet i sin helhet sönderdelas. Att blekjorden är fattigare på biotit och hornblende i sina övre lager än i de undre kan lätt iakttagas med lupp och mikroskop. Det motsvaras av en stark stegring av järnhalten från ytan mot djupet (se ytorna 1 och 6).

Huru mineralen augit, olivin och serpentin förhålla sig i blekjorden saknas material att säkert bedöma. Man är böjd för att antaga, att de båda förstnämnda upplöses i likhet med biotit och hornblende. Ej heller angående granat och epidot har jag kunnat göra några säkra iakttagelser, om ock vissa fenomen antyda, att dessa mineral höra till de mera resistent.

En betydande del av järnet i de lättvittrade silikatiska järnmineralen förekommer i ferro-form. Särskilt är detta fallet i det kanske viktigaste av dem alla, biotit. Detta är av intresse för bedömande av järnets möjligheter att

vandra i marken. Enligt min uppfattning måste man antaga, att järnet vandrar såväl i form av ferroioner som i form av kolloidala föreningar. Den senare uppfattningen torde f. n. vara den härskande (se bl. a. Aarnios l. c.) och Odéns (1919) arbeten. Emellertid är det mycket antagligt, att ferroioner kunna frigöras ur ferromagnesiumsilikat på aldeles samma sätt som magnesiumioner. Det är sålunda alls ej nödvändigt att antaga någon reduktionsprocess för att förklara ferroionernas existens, såsom av flere forskare gjorts gällande (Albert, 1910, sid. 333). För att påstå, att hela järnmängden transporteras i form av ferriföreningar måste man göra det mycket onaturligare antagandet, att *hela den lösta mängden ferrojärn kvantitativt oxideras*, för vilket varje stöd saknas. Enligt Odén kan man t. o. m. misstänka en reduktion av befintliga ferriföreningar.

Enligt Hofman-Bangs förut citerade flodvattenanalyser synes järnet i likhet med aluminium blott i mycket små kvantiteter föras ut i flodvattnet. Härvid kommer då i betraktande dels den kolloidala järnhydroxidens resp. järnhumatets benägenhet för att falla ut i likhet med motsvarande aluminiumföreningar, dels de tvåvärdiga ferroionernas förmåga att genom oxidation övergå till olösliga ferriföreningar. Därjämte kunna enligt Odén (l. c.) andra komplicerade oxidationsfenomen, som inverka på humusämnenas förmåga att verka som skyddskolloider spela in. Alla dessa processer äro sannolikt verksamma vid många olika järnutfällningsprocesser i naturen, exempelvis sjömalmsbildningen. Aarnio (1915, sid. 73—75, 1918, sid. 53—56) vill förklara dessa endast med tillhjälp av de kolloidala järnsolernas koagulation. Fullt tydligt är, såsom Aarnio framhåller, att järnet vandrar inom ett mycket större område än aluminium. En bidragande orsak till detta synes mig dock just vara, att järnet dels vandrar som sol, dels i ionform. I förra fallet åtföljer det delvis aluminium, i det senare ej, och kan åstadkomma järnavsättningar, praktiskt taget fria från aluminium.

I normala rostjordsskikt sker en järnavsättning, som mer än något annat förlänar skikten sin karaktär. De i rostjorden befintliga kolloidhinnorna bestå till en väsentlig del av limonit. Det kvantitativa tillskottet av järn framgår av siffrorna för det limonitiska järnet. Det är i medeltal för 11 profiler, se avd. 3, 1,60 % och når ofta 2—3 %, se yta 2, 4, 5. Av Hesselmans analyser från sandheden i Fagerheden (yta 6) låter sig på samma sätt som förut i fråga om aluminium härleda den i rostjorden utfällda järnkvantiteten. Den blir i medeltal för 8 profiler 0,91 %. Denna siffra motsvarar närmast skillnaden i limonit mellan rostjorden och underlaget och bör för att bli jämförbar med min ovan angivna siffra ökas med omkring 0,3 % eller den genomsnittliga limonithalten i normalt underlag. Överensstämmelsen i storleksordning är god.

I underlaget förefinnes, som i kap. 2:A nämnts, alltid små kvantiteter limonit, som måhända till en del härröra från uppfifrån kommande transport. Ofta träffar man, särskilt i genomsläppliga gruslager, som bekant koncretioner och avsättningar, som utvisa järnets stora förmåga att vandra. En annan betydande del av det i marken lösliggjorda järnet åstadkommer sjömalmsbildningen. Enligt nyaste undersökningar av Aarnio (1918) skulle råvaran för denna huvudsakligen vara att söka i de försumpade markerna, medan däremot i de torrare järnet sannolikt ej i större utsträckning skulle kunna vandra alltför långt utan att till största delen utfällas.

e. Mangan.

Mangans förhållande vid podsoleringen har endast undersökts å yta 13. Mangan finnes som synes av analyserna i ytterst små kvantiteter. Det ingår antagligen som beståndsdel i vissa av de mörka mineralen. I blekjorden kan spåras en urlakning av mangan, medan däremot någon märkbar anrikning i rostjorden ej kan ses. Fullkomligt samma slutsatser kunna dragas av R a m a n n s (1886 a) omfattande analysmaterial.

f. Fosforsyra.

Fosforsyra torde från början förekomma som apatit, det vanliga fosformineralet i våra urbergarter. I marken synes apatit förekomma i städse små, men växlande mängder. Medan närvaron av fosforsyra stundom blott med svårighet kan påvisas, uppnår den i andra fall 0,3 till 0,4 %. Apatiten hör till de mineral, som vid blekjordsbildningen allra lättast gå i lösning. Alla författare, som undersökt podsolprofiler, ha också konstaterat fosforsyrans intensiva urlakning ur de övre skikten. Mina analyser bekräfta detta fullständigt. Fosforsyran har i mina profiler i medeltal en vittringsgrad av 90 %, d. v. s. högre än något annat ämne.

Beträffande fosforsyrans vandringar visa H o f m a n - B a n g s undersökningar, att de norrländska flodernas vatten nästan äro fria från fosforsyra. Den måste alltså utfällas någonstädes innan vattnet når floderna. Sedan gammalt har man konstaterat, att fosforsyran delvis utfaller tillsammans med järn och aluminium i rostjorden. Somliga av mina analyser bestyrka detta, jfr yta 2, 3, 8, medan andra uppvisa en lägre fosforsyrehalt i rostjorden än i underlaget. Måhända antyder detta, att den lättvittrade apatiten i rostjorden börjar lösa upp sig parallellt med tillförseln av fosforsyra uppifrån.

En vacker bild av fosforsyrans urlaknings- och anrikningsförhållanden ge H e s s e l m a n s ovan citerade analyser från sandheden i Fagerheden. Ett medeltal av fosforsyrehalten i 8 profiler ger för blekjorden 0,018 % P_2O_5 , för rostjorden 0,103 % och för underlaget 0,069 %. De olika bestämningar som sammansätta medeltalet stämma synnerligen väl överens. Att fosforsyran, ehuru förekommande i små mängder, kan vandra vida omkring, bevisas av den ständigt återkommande fosforsyrehalten i sjömalmer (jfr härom A a r n i o, 1918).

g. Magnesium.

Magnesium utgör liksom järn en huvudbeståndsdel i de mörka mineralen biotit, hornblende, augit och olivin, samt deras omvandlingsprodukter klorit, serpentin m. fl. Utom i de nämnda mineralen torde magnesium endast förekomma i ytterst små mängder. Det som ovan under järn angivits angående dessa minerals vittring gäller därför i stort sett även magnesium. Detta ämne visar också en lika hög vittringsgrad som järn: 56 %. Det hör sålunda till de lättast upplösbara beståndsdelarna i marken. Detsamma framgår även av de flesta tidigare arbeten angående podsolprofiler, och bestyrkes även av de utförda undersökningarna av det finaste materialets sammansättning, yta 1 och 13.

Beträffande magnesiums vandringar, visa Hofman-Bangs undersökningar, att ganska obetydliga mängder föras med de norrländska floderna till havet. Byskeälvens vatten innehåller sålunda 0,0022 gram MgO på 10 liter. Möjligen antyder denna låga siffra, att magnesium utfälles någonstades i marken. Frosterus (1914) anser sig ha påvisat en anrikning av magnesium i rostjorden. Varken ur mina, Hesselmans eller Nyholms analyser kan emellertid någon sådan utläsas. Jfr kap. 9.

h. Kalcium.

Kalcium har i mineralberäkningarna betraktats som anortit med avdrag för den kalkmängd, som åtgår för att med fosforsyran bilda apatit. Anortiten ingår tillsammans med albit i plagioklaser av varierande sammansättning. Dessutom förefinnas med säkerhet små mängder kalcium dels i vissa av de mörka mineralen, dels i granat, epidot, titanit m. fl. mineral. Beräkningen av anortiten är sålunda behäftad med åtskilliga felkällor. För att dessa dock ej torde bli ödesdigra för beräkningarnas värde borgar i viss mån den ringa mängden mörka och tunga mineral över huvud taget. De mineralseparationer, som utförts, antyda mycket låg halt mineral av sp. vikt över 3,05, till vilken kategori alla de ifrågasatta kalciummineralen utom fältspaterna höra. Beträffande mineralen granat etc. kan, som nämnts, av materialet ej utrönas någonting säkert angående deras vittringsförhållanden. I fråga om de mörka mineralen torde det väl vara antagligt, att deras kalciumhalt uppvisar samma vittringsgrad, som magnesium och järn. Den kalciummängd, som förefinnes i apatit, torde visa samma vittringsgrad som fosforsyran, d. v. s. ungefär 90 %.

Den vittringsgrad, 28 %, som befunnits i medeltal vara ett uttryck för utlösningen av silikatiskt kalcium (tab. 3), gäller sålunda i huvudsak för fältspatbundet kalcium. Då emellertid alla de i denna beräkning medtagna avlagringarna äro till största delen bildade av bergarter med ganska natronrik plagioklas, kan man ej tillerkänna den funna siffran någon betydelse för de mera kalkrika leden av albit-anortitserien. I stället är det antagligt att en mera basisk plagioklas skulle uppvisa en större vittringsgrad.

Beträffande kalkens vandringar kan man av Hofman-Bangs analyser sluta sig till, att en relativt stor mängd av den lösliggjorda kalken medels floderna transporteras ut i havet. Icke mindre än 16 till 17 % av totala saltmängden i Byskeälvsvattnet utgöres av CaO, medan vid blekjordsbildningen endast 4,5 % av de friggjorda mineralämnena utgöras av kalcium. Detta sammanhänger givetvis med att kalcium uteslutande vandrar i jontillstånd och därför ej har så stor benägenhet att övergå till olösliga föreningar.

Beträffande kalciums förhållande i rostjorden framgår varken någon minskning eller ökning därstädes ur mitt analysmaterial. Möjligt är, att någon anrikning förefinnes, men samtidigt någon upplösning av kalkmineral. Differenserna äro för små för att tillåta något säkert bedömande. I Hesselmans analyser från Fagerheden (yta 6) är kalkhalten i rostjorden i regel något lägre än i underlaget, vilket möjligen tyder på utlösning. Enligt Frosterus (1914) förefinnes ej någon anrikning av kalk i rostjorden och slutligen låter någon sådan ej säkert påvisa sig i Nyholms analyser. Man torde därför på goda grunder kunna sluta, att någon höggradig absorption av kalk i rostjorden ej sker. Ej heller synes i trakter, fria från kalkstens-

material i jordlagren, någon kalkavsättning på annat håll äga rum, utan det förefaller, som om nästan hela den i blekjorden upplösta kalkmängden finner sin väg till havet.

i. Natrium.

Natrium torde till allra största delen förekomma som albit, dels tillsammans med kalkfältspat, bildande plagioklaser, dels i blandning med kalifältspat. Natron äger en vittringsgrad av 22 % och står sålunda mellan kalk och kali.

Beträffande natriums vandringar, visar Hofman-Bangs analys av Byskeälvsvattnet, att natrium förefinnes i en kvantitet av 0,027 gram i 10 liter eller 14 % av totala saltmängden, sålunda något mindre än kalcium. Någon absorption av natrium i rostjorden framgår ej vare sig av mina eller Frosterus och Nyholms analyser. En sådan är även från teoretisk synpunkt osannolik, då natrium i allmänhet har en mycket svag tendens att absorberas i marken. Någon utlösning av natrium ur rostjorden kan likaledes ej konstateras.

j. Kalium.

Kalium förekommer mest som kalifältspat (mikrolin) och som blandad kalinatronfältspat (mikroklinpertit). Dessutom finnes det i små mängder i plagioklaser samt glimmer. I analysberäkningen har allt kali beräknats som fältspatbundet, vilket väl ganska nära överensstämmer med verkliga förhållandet. Den ringa, i biotit bundna kalihalten är sannolikt lätt upplösbar liksom t. ex. magnesium, medan kaliglimmern förefaller förbli tämligen intakt vid vittringen (se ytorna 3, 8, 12). Den vittringsgrad, som angivits i tab. 2, 20 %, hänför sig huvudsakligen till fältspatbundet kali och är den lägsta vittringsgrad, som funnits för något ämne utom kiselsyra. Tydligt är, att kalifältspaten, d. v. s. mikroklinen näst kvartsen är det mest svårvittrade av de viktigare markmineralen.

Mycket intressant är den starka utlösning, som kalium visar i den fattiga porfyr-sandstensmarken å yta 5. Här visar det en vittringsgrad av 45 %, vilken är högre än i någon annan undersökt profil. Detta sammanhänger troligtvis med denna marks fattigdom på plagioklaser och mörka mineral. När ej sådana mineral finnas, måste vittringsprocesserna ta i anspråk den eljest svårvittrade kalifältspaten.

Kalium förefinnes i flodvattnet i allmänhet i något mindre mängder än natrium. Byskeälvsvattnet innehåller sålunda enligt Hofman-Bangs 0,022 gr kali i 10 l. Någon säker anrikning av kali i rostjorden kan ej spåras vare sig i mina, Hesselmans, Nyholms eller Frosterus' analyser.

k. Svavelsyra.

Halten av svavelsyra har bestämts i två typprofiler, yta 1 och 13, den ena i morän, den andra i mjåla. Båda framvisa en mycket ringa halt, mellan 0,02 och 0,03 % SO₃. Det var ej möjligt att få fram några lagbundna skillnader mellan olika skikt, utan sulfathalten synes vara ungefär densamma i profilens olika nivåer. Troligen är svavelsyrehalten av samma ungefärliga storlek i de

övriga profilerna. Att döma av de låga siffrorna, är svavelsyrans roll i podsoleringen synnerligen liten. Största intresset äga de funna talen däri, att de belysa den utomordentligt ringa mängden lösliga salter i de nordsvenska podsolmarkerna. Detta förhållande motsvaras av en synnerligen låg halt elektrolyter i grundvattnet.

Hesselmans analyser från Fagerheden (yta 6) antyda än lägre halt av svavelsyra, som här tyckes vara något anrikad i rostjorden.

1. Lösliga elektrolyter.

Att bestämma markens verkliga halt av lösliga elektrolyter är en mycket svår uppgift. Enligt vegetationens vittnesbörd synas de norrländska podsolterrängerna vara mycket fattiga på fria salter. Den rationellaste metoden att studera markens halt av sådana torde vara att undersöka markvätskan. De i denna befintliga saltmängderna stå givetvis i relation till de absorberade mängder salter, som möjligen finnas. En låg salthalt i markvätskan måste motsvaras av en låg halt absorberade salter i marken.

För att få en föreställning om halten fria salter i en typisk norrländsk podsolterräng har den elektrolytiska ledningsförmågan bestämts i ett antal vattenprov, som insamlades under augusti månad 1918 å kronoparken Kulbäcksliden, Degerfors socken i Västerbotten. Terrängen är typisk moränmark, belägen över marina gränsen och i allmänhet bevuxen med granskog, delvis försumpad. Yta 2, kap. 11:A kan sägas vara typisk för den ej försumpade marken å den ifrågavarande terrängen. Prov av vatten togos dels i källor, dels i grävda gropar, dels i befintliga små grubbor i marken.

Det visade sig, att den specifika ledningsförmågan vid 15° C hos vattenproven var synnerligen likformig och låg. Den varierade mellan $1,78 \cdot 10^{-5}$ och $2,87 \cdot 10^{-5}$. Att detta motsvarar en mycket låg halt av lösliga salter i markvätskan är tydligt. Att direkt av den elektrolytiska ledningsförmågan uppskatta saltkoncentrationen i vattnet är svårt, när man ej säkert vet, vilka ioner, som föreligga, och hur stor del av ledningsförmågan, som möjligen beror på fri kolsyra eller andra syror. En jämförelse med samtidigt utförda bestämningar på Vindelälvens och Umeälvens vatten är belysande. Dessa båda floders vatten ägde en ledningsförmåga av resp. $2,49 \cdot 10^{-5}$ och $2,90 \cdot 10^{-5}$, alltså ett högre värde än markvätskan. Enligt Hydrografiska byråns analyser av Umeälvs vatten vid Vännäs (se Hydrografiska byråns årsböcker), finnes i detta i augusti månad i medeltal av sju års observationer 0,020 gr oorganiska, lösta beståndsdelar per l. I flodvatten är det sannolikt att fria syror, såsom kolsyra, spela mindre roll än i markvätskan. Man kan därför dra den slutsatsen, att markvätskans salthalt troligen ej överstiger flodvattnets eller att den utgör omkring 0,02 gr per l. Till jämförelse må vidare nämnas, att med omsorg insamlat regnvatten å Kulbäcksliden i aug. 1918 hade en ledningsförmåga av $0,45 \cdot 10^{-5}$. Vattens egen ledningsförmåga är enligt Kohlrausch och Heydwiller $0,004 \cdot 10^{-5}$. Man kan således anse att såväl marken som markvätskan i de normala norrländska podsolterrängerna äro mycket fattiga på elektrolyter. Marken är även i hög grad fattig på sådana beståndsdelar, som äro ägnade att absorbera och kvarhålla salterna. De skikt i profilen, som i dessa hänseenden äro gynnsammast ställda äro humuslagret och rostjorden, i vilka därför vegetationens rötter huvudsakligen utbreda sig. Blek-

jorden och underlaget torde däremot vara praktiskt taget fria från absorberade salter. Hänsyn till närvaron av sådana överhuvud taget har ej ansetts behöva tagas vid beräkningen av analyserna.

5. Överblick över de kemiska processerna.

Blekjordsbildningen är, som ovan uppvisats, förenad med en upplösning av de flesta markmineralen, vilken i allmänhet fört till en urlakning av 10—20 % av den ursprungliga massan. Kraftigast angripas apatit, därefter järn-magnesiummineralen. Mindre angripas plagioklaser och ännu mindre kalifältspat. Kvartsen förefaller olöslig. Givet är emellertid, att i en viss mark alla mineral angripas samtidigt, fastän med mycket olika intensitet.

Blekjordsvittringen försiggår på ett helt annat sätt än den vittringsprocess, vars resultat är märkbart på jordarternas finaste beståndsdelar och som beskrevs i kap. 2:A2. Likaledes avviker blekjordsvittringen från den vittringstyp, som har förekommit i åtskilliga kaolinlager.

Angående dessas genesis äro meningarna något delade; somliga sätta dem i samband med pneumatolytiska processer (Rösler, 1902), andra med kolsyrehaltiga källors verksamhet, andra (Stremme, 1912) anse dem även orsakade av brunkollager och torvmossar. Troligt är väl, att kaolinlager kunna uppkomma på olika sätt. Utan att alls vilja ingå på frågan om kaolinlagrens bildningsätt, kan jag dock ej underlåta att framhålla, att humusvittring av den ovan beskrivna typen svårligen kan tänkas vara orsaken till uppkomsten av sådana. Däremot synes den i kap. 2 beskrivna vittringen vid fältspatmateriallets beröring med vatten i princip överensstämma med kaoliniseringen. Under sådana förhållanden böra de teorier, som vilja förklara kaolinlagrens uppkomst såsom verkan av kolsyrehaltigt vatten vara mest i samklang med den uppfattning om vittringens natur, som man erhåller av mina gjorda undersökningar. Mycket möjligt är, att vid vittringen direkt bildade aluminium- och kolsyrehaltiga kolloidkomplex småningom under loppet av långa tidrymder övergå till kaolin. Kolloider representera ej något stabilt tillstånd hos materian, utan sträva merendels långsamt mot kristallisation. På detta sätt kunde man tänka sig att den utfällda aluminiummängden i rostjorden småningom stabiliserar sig till kaolin. Detta torde dock endast kunna konstateras, för såvitt fossila rostjordsskikt från gångna geologiska perioder anträffas.

Orsaken till att mineralen, speciellt fältspaterna, förhålla sig så olika vid blekjordsvittringen mot vid upplösningen i kolsyrehaltigt vatten i samband med sönderkrossningen i isen tyckes, att döma av ovan meddelade fakta sammanhänga med att blekjordsvittringen är en ytterst energisk process med delvis andra agens som hjälpmedel, vilken därför förmår bringa hela mineralkornen i lösning, även om de äro rätt stora.

Med hänsyn till de i en normalt utvecklad blekjord försiggångna omvandlingsprocesserna är det av betydelse, att *mineralsubstratet blivit så förändrat att det omöjligen kan undgå igenkännande för såvitt det ej blivit uppblandat och omrört med annat material*. Även om en blekjord sekundärt blir pigmenterad med limonit, bibehåller den sina karaktärer lätt märkbara. En sådan blekjord är undersökt å yta 1, där undre delen av skiktet på en punkt ovan ett ortstenslager blivit kraftigt impregnerad med limonit, som säkerligen uppkommit genom den fortskridande vittringen i samma skikt. Ortstenen torde nämligen ha spärrat vägen för det nedsipprande vattnet, varigenom limonit tvingats att avsätta sig i blekjordens undre del. Blekjordens stora resistens även mot inverkan av sådana kolloidala lösningar, som ge upphov till rostjordsskikt bevisas av flere av de talrika fall av begravd podsolering, som jag anträffat (jfr kap. 3:B). Ofta finner man en blekjord täckt av ett helt tunnt jordlager, i vilket ny blekjord och rostjord utbildat sig. Den nybildade rostjorden ovan den gamla blekjorden kan då vara helt tunn i jämförelse med en normal rostjords mäktighet. Icke desto mindre har i den gamla blekjorden, som i den nybildade markprofilen till en del intager den plats, som rostjorden borde ha, ingen som helst limonitfärgning ägt rum, utan den gamla blekjorden har för ögat precis samma karaktär som normal blekjord från markytan. Det förefaller sålunda, som de kolloida lösningarna passera den underliggande blekjorden utan att där avsätta något material. Det måste uppenbarligen såsom i det ovan beskrivna fallet med ortstenen finnas något, som hindrar nedsipprandet till djupare lager för att en limonitavsättning i en gång uppkommen blekjord skall kunna komma till stånd.

Det enda sätt att till oigenkännlighet förändra en gammal blekjord torde vara att synnerligen kraftigt mekaniskt bearbeta densamma och blanda den med annat material. En sådan bearbetning torde i naturen bortsett från uppfrysningmarker endast kunna försiggå med hjälp av maskar. Profiler med mullbildning och maskar på gammal blekjord torde vara stora sällsyntheter; en vacker sådan profil har dock av mig iakttagits i en örtrik granskog med typisk mull nära gården Merlo, Sköns socken, Medelpad. Denna skogsmark visade en gammal blekjord, som synbarligen var stadd i långsam utplåning. I somliga profiler kunde blekjord ej mera upptäckas, medan den i andra var 5 cm mäktig och tydligt iakttagbar, ehuru den var mycket obestämt avgränsad såväl mot humuslagret som mot det underliggande skiktet. Vid försumpning av marken kan också en gammal blekjord förändras därigenom att den blir impregnerad med utfällda humusämnen.

Rostjordens karaktär är helt olika blekjordens. Den är i huvudsak ett anrikningsskikt, om än även någon utlösning av lättvittrade mineral, exempelvis apatit, sker. I fråga om de ämnen, som finnas absorberade, sker antagligen en ständig växelverkan mellan upplösning och utfällning. Man måste nämligen föreställa sig, att limonit och dylika beståndsdelar lättare gå i lösning under inverkan av sura humusämnen än de ovittrade markmineralen. Då dessa emellertid visa spår (etsning) av en börjande vittring, är det mycket sannolikt, att en jämförlig upplösningssprocess tidvis angriper de i rostjorden utfällda kolloiderna. Enligt A a r n i o beror kolloidernas utfällning av koncentrationerna i markvätskan, och dessa måste ändra sig med väderlekens och årstidernas växlingar. Sannolikt föreligger i rostjorden ett slags jämviktstillstånd, i det att å ena sidan uppifrån kommande ämnen absorberas, å andra sidan en upplösning sker vid andra tillfällen. I rostjordens översta del gör sig upplösningen sannolikt småningom allt mera märkbar; det är också här som mineralkornen äro tydligast etsade; varvid rostjorden helt säkert ytterst långsamt övergår till blekjord.

Medan materialet i blekjorden genom podsoleringen undergått en fullständig irreversibel förändring, är så ej förhållandet med rostjorden. Tvärtom kan man mycket väl tänka sig, att en återupplösning av kolloiderna kan ske och materialet därigenom ungefärligen återtager sitt ursprungliga utseende. Så sker också antagligen i vissa försumpade marker. Av denna anledning torde det vara lämpligast att betrakta blekjorden som det för podsoleringens grad mest karaktäristiska. *Med en svag podsolering bör sålunda menas en sådan med svagt utpräglad och tunn blekjord, med stark podsolering en med starkt utpräglad och mäktig blekjord.* Då graden av utprägling ej kan bestämmas utan en ingående kemisk undersökning, så nödgas man för praktiskt bruk uppställa *blekjordens mäktighet såsom enda mått på podsoleringsgraden.*

Då blekjordsbildningen av allt att döma är en mera lagbunden och dessutom lättare kemiskt karaktäriserad process än rostjordsbildningen, torde dess användande som norm för podsoleringsgraden ur alla synpunkter vara berättigad. Vanligen följer rostjordsbildningen blekjordsbildningen i intensitet, så att mot en mäktig och utpräglad blekjord svarar en mäktig, starkt färgad rostjord; alltid är detta dock ej fallet.

6. Moderavlagringens roll vid podsoleringen.

De ovan beskrivna kemiska processerna hänföra sig egentligen till podsolering av en avlagring med normal urbergssammansättning. I det före-

liggande analysmaterialet belyses emellertid också huru podsoleringen ter sig på underlag av annan beskaffenhet. Yta nr 4 representerar en typisk silurmorän, huvudsakligen bildad av skiffer och kalksten (86 %) och resten kvartsiter och diverse silikatbergarter. Yta nr 5 framvisar en morän bestående av 40 % porfyrier, 40 % kvartsiter och resten obestämbara bergarter. Det är sålunda tydligt, att yta 4 och 5 ur kemisk-petrografisk synpunkt äro varandra så olika som det överhuvud är möjligt. Såsom synes av analyserna framvisar podsoleringen å dessa olika underlag resultat som i det hela nära överensstämmer med företeelserna å de normala urbergsmarkerna. Anmärkningsvärd är den redan förut påpekade vittringsgraden hos kalium å yta 5, vilket sannolikt beror på frånvaron av andra lättare utlösbara beståndsdelar. Yta nr 4 tillåter, som ovan nämnts, egentligen ingen mineralogisk diskussion. En jämförelse av analyserna med de övriga visar emellertid mycket stora likheter. Även här förefinnes en stark utlösning av järn och magnesia, men även en påfallande stark urlakning av alkalierna. Det förefaller, som beståndsdelarna i detta material äro något mera lättlösta än i ett normalt urbergsunderlag. I porfyr-kvartsitmarken förefalla de utlakade kvantiteterna av alla ämnen tillsammans vara något mindre än i normala urbergsprofiler, vilket ju också är helt naturligt.

På grund av de undersökta profilernas synnerligen likartade karaktär, torde man med skäl kunna påstå, att en jordarts petrografiska egenskaper utöva ett oväntat ringa inflytande på podsoleringens kemiska processer. Detta gäller dock endast under den förutsättningen, att de allmänna villkoren för humusbildningen ej ändras. Skulle t. ex. på en moränmark, delvis bestående av lättvittrade bergarter, en örtrik granskog med mullbildning uppstå, bleve hela profilbildningen en annan. Den undersökta profilen med silurbergarter var vald just för att belysa normal podsolering under råhumus å lättvittrat bergartsmaterial.

Ett mycket litet inflytande synes också materialets kornstorlek egendomligt nog utöva. Detta dock blott inom vissa gränser; å verkliga leror ställa sig som nämnts profilförhållandena helt olika. Inom de gränser, sålunda mjåla—sand—morän, inom vilka normala podsolprofiler med typisk blekjord uppkomma, tyckas de kemiska förändringarna i profilen vara icke blott kvalitativt utan även kvantitativt ungefär likartade (se kap. II:A).

Det ringa inflytande, som underlagets kornstorlek och petrografiska beskaffenhet utövar på det kemiska förloppet i podsoleringen, motsvaras också av ett motsvarande ringa inflytande på de olika markskiktens mäktighet. Vad blekjorden beträffar, är det mig fullkomligt omöjligt att uppvisa någon påtagligt lagbunden växling i blekjordens genomsnittliga

mäktighet på geologiskt olika underlag. Växlingar förekomma, men de kunna också förklaras såsom följer av vegetationens inverkan (jfr kap. 5). Blekjorden förefaller i regel bli något mäktigare å morän än å sand och mjåla under i övrigt likartade förhållanden. Möjligen spelar moräns halt av stenar in, varigenom de urlakande lösningarna måste passera ett något mäktigare skikt för att nå samma utlösningseffekt som i en stenfri avlagring. Stenar representera nämligen så gott som intakta partier vid vittringen, enär deras yta är ringa per volymenhet räknat. Det nedsipprande vattnet söker sig naturligtvis ned mellan dem och angriper huvudsakligen sand- och stoftmaterialet.

Ett ganska stort inflytande synes emellertid moderavlagringens beskaffenhet utöva på blekjordens lokala mäktighetsväxlingar. I allmänhet äro dessa mera framträdande på en moränmark än på en sandmark. Man finner sålunda på en helt liten yta växlingar i blekjordens mäktighet mellan t. ex. 2 och 30 cm eller därutöver (jfr yta 2). På sandmarker kan man stundom träffa ytterst regelbundet utbildade profiler. Särskilt är detta fallet på svagt podsolerade tallhedar (yta 7).

Beträffande rostjorden synes materialet utöva ett lokalinflytande ungefär som i fråga om blekjorden, men här synes även skiktets genomsnittliga mäktighet påverkas. I en mjåla eller i en på fina beståndsdelar rik morän blir sålunda rostjorden i regel dels tunnare och dels skarpare avgränsad mot underlaget. Exempel härpå utgör yta 13, där rostjorden endast är 6—7 cm mäktig. Förklaringen är helt naturlig, nämligen att kolloiderna lättare fasthållas i ett finkornigt lager och därför ej hinna passera lång väg innan de avsättas. Moränprofilen, tavl. 1 a, framvisar en mycket morik morän. Här är som synes rostjorden utbildad som ett regelbundet ganska tunnt band, som noga följer blekjordens undre gräns. I grövre sand- och moränavlagringar får däremot rostjorden ett mycket oregelbundet utseende. Stundom förtonar den långsamt inom en meters djup i underlaget, och visar stora oregelbundenheter beträffande mäktigheten. Endast det allra översta kan då sägas vara normal rostjord av beskaffenhet motsvarande de angivna rostjordsanalyserna, det därunder liggande materialet är ett mellanting mellan rostjord och oförändrat underlag. Exempel på en sådan profil framvisar yta nr 2. Det är väl utan vidare tydligt, att ovan beskrivna små olikheter i podsolprofilens utbildning hänföra sig till olika genomsläpplighet i olika material.

Långt mera än oregelbundenheterna i de kemiska processernas förlopp under olika geologiska förhållanden frapperar den likformighet i stora drag, som utmärker dem, och som sålunda sträcker sig såväl till skiktens utbildning som de kemiska omvandlingar, som kunna skönjas. På ett

indirekt sätt influerar emellertid det geologiska underlaget starkt på podsoleringsprocesserna. Det är nämligen i hög grad bestämmande för den skogstyp, som tager marken i anspråk, och denna inverkar starkt på profilbildningen. (Se härom kap. 5.)

Här må även framhållas de säregna drag, som podsoleringen i Sverige äger, beroende på att den i regel är utvecklad på ett förut av vittringen så gott som oberört substrat. Den vittring som ägt rum oberoende av podsoleringen har ovan visats vara kvantitativt mycket obetydlig. Så är emellertid ej förhållandet i många andra länder, särskilt sådana, som ej varit nedisade under kvartärtiden. Det föreligger därför i Fennoskandia helt andra möjligheter att bedöma processens hela karaktär, enär man är berättigad att mineralogiskt diskutera de olika analyserna. Man kan säga att vårt land i dess norra delar visar podsoleringen renodlad från andra vittrings- och markbildningsprocesser. Ännu har den ej heller alls nått det slutresultat till vilket den strävar och som teoretiskt representeras av ett blekjordslager, bestående åtminstone upptill av ren kvarts.

7. Topografiens betydelse för podsoleringsprocesserna.

Att topografien inverkar på podsoleringsprocesserna och därmed även på profilens utbildning har sedan länge varit känt. Synnerligen vackra exempel härpå beskriver *Glinka* (1914, sid. 71), av vilka det framgår, att såväl blekjord som rostjord bli mäktigast i sänkor, medan de äro svagare utvecklade å plataer. I sluttningar kunna förhållandena vara olika. Allt detta är ju vad man med hänsyn till podsoleringens natur bör kunna vänta.

Exempel på huru de topografiska förhållandena påverka podsolens utbildning äro mycket lätta att finna i vårt land. Snart sagt överallt, där en råhumusmark är småkuperad med omväxlande svackor och kullar, finner man profilen utbildad i enlighet med det av *Glinka* beskrivna fallet. (Jfr även *Frosterus*, 1912.)

Särdeles vackra exempel framvisa tallhedarna mellan Skellefte älv och Petikån några km från Kusfors järnvägsstation, Västerbotten. Marken utgöres här av likformig, ganska grov älvsand, bevuxen med synnerligen likartade, genuina tallhedar. Vegetationen är över stora arealer oerhördt enformig. Å de i övrigt alldeles plana terrasserna finnas talrika kittelformiga gropar. En typisk dylik är ungefär 50 meter i diameter och omkring 7 meter djup.

På den plana tallheden är profilen över väldiga arealer ytterst likformigt utbildad. Podsoleringen är mycket svag med 1—2 cm:s blekjord. Profilen överensstämmer sålunda i allo med yta 7. I kittelgroparna är blekjorden 10—20 cm och mycket skarpt utpräglad. Rostjorden är på den plana heden

av den på torra tallhedar vanliga karaktären, (se kap. 5:D2) omkring 20 cm mäktig men otydlig och svår att särskilja från underlaget, som upptill är gul-färgat men nedåt blir allt gråare. I groparna var rostjorden merendels starkt rostfärgad till minst 25 cm under blekjorden och kunde lätt skiljas från underlaget. Vegetation och humustäcke i groparna var ungefär likartat med motsvarande element å den övriga heden.

Å moränmarker, där podsoleringen nästan alltid lokalt varierar mycket mera än å sandmarker är topografiens inflytande vanligen ej fullt så klart. Man finner dock alltid starkare podsolering i terrängens svackor jämfört med å små lokalplataer. Ett belysande exempel från trakten omkring Jörn, Västerbotten, må anföras.

Vid landsvägen mellan Jörn och Österjörn utbreda sig vidsträckta, enformiga tallhedar å moränmark. Ungefär mitt emellan de nämnda platserna finnas en mängd låga moränrygggar, ett slags drumlins, av i allmänhet 3 meters höjd över omgivningen och 15—20 meters bredd. Mellan ryggarna ha utbildat sig grunda svackor. Delvis voro dylika rygggar genomskurna av landsvägen, varvid större skärningar uppkommit. Tack vare grusfångst visade dessa friska profiler. Sådana upptogos även inne i beståndet. På moränryggarna var podsoleringen i allmänhet mycket svag med 1—3 cm:s blekjord, som dock å enstaka punkter nådde 5—10 cm, i medeltal cirka 3 cm. Rostjorden var 7—8 cm mäktig, rostgul, ganska obestämd och övergick utan skarp gräns i underlaget, grå, stenig och sandig morän. I svackorna var blekjorden i genomsnitt ungefär 12 cm mäktig. Rostjorden var också cirka 12 cm mäktig och stundom innehöll den ortstensklumpar. Emellertid var vegetationen ej fullt likartad i svackorna och på ryggarna. Medan på de senare förefanns en genuin lavhed, voro svackorna betydligt rikare på ris och mossor; i vissa av dem fann man till och med små lokala försumpningar. I följd härav var råhumustäcket kraftigare utvecklat i svackorna än å höjderna, det var å dessa 1—2 cm lös, smulig råhumus av den i tallhedar vanliga typen, medan i svackorna fanns en mera hopfildad råhumus av 3—4 cm mäktighet. Denna omständighet kan nog tillskrivas en ganska stor betydelse med hänsyn till profilens olika utbildning.

I svaga till medelstarka sluttningar är podsolprofilen vanligen ganska normal, ungefär som på platåerna. Större oregelbundenheter än där torde dock vara vanliga; en mängd faktorer påverka ju i sluttningar vattnets avrinnande.

I starka sluttningar uppkommer ofta ingen typisk podsolprofil. Detta kan dels bero på att vattnet avrinner på ytan och ej i så stor mängd tränger ned i marken, dels på att ytliga, relativt hastigt framrinnande grundvattenströmmar med syrerikt vatten enligt H e s s e l m a n (1910 b) befördra uppkomsten av örtrika skogstyper, där profilutvecklingen blir en annan. Ett exempel härå finnes i Rokliden, Norrbotten, där ett vackert granbestånd med god mullbildning utan blekjordsbildning förefinnes å den nedersta starkaste sluttningen av en försumpad lid med

riklig vattentillförsel. Lokalen är beskriven av Hesselman (1917 a, sid. 403, 405). En likartad markbildning i örtrik granskog med mull förefinnes vid Svarttjärn i samma trakt. En mycket genomsläpplig rullstensås bildar här ett tydligt grundvattensavlopp för en liten tjärn. Ovan tjärnens nivå träffar man å åsen normal podsolering med cirka 10 cm mäktig blekjord, medan under tjärnens nivå profilen saknar utpräglade skikt och blir likformigt brun och mullhaltig. Vid åsens bas upptrinna källådror.

Topografiens inflytande på markprofilutvecklingen sker på två olika sätt. Ett direkt därigenom att vattenavrinningen påverkas, vilket leder till å vissa ytor svag, å andra stark podsolering. Indirekt verkar topografien på podsoleringen genom sin stora betydelse för vegetationen, som i sin tur inverkar på markprofilbildningen. De beskrivna exemplen äro uppenbarligen resultat av topografiens såväl direkta som indirekta inverkan på marken. Tallheden i Kusfors visar dock den direkta inverkan i det närmaste renodlad.

Oerhört känslig för topografien blir markprofilutbildningen i sådana trakter, där marken är kalkhaltig. I trakterna omkring Revsunden i Jämtland, (mina iakttagelser referera sig egentligen till Gällöområdet) är topografien starkt kuperad. Moränmarkerna äro på ytan i regel fria från kalk, enär området ligger strax öster om den sista isdelaren, varigenom kalktransport från det jämtländska silurområdet förhindrats. I moränernas djupare lager finnes emellertid sådan silurkalk inblandad som följd av en tidigare isrörelse. (Högboom, 1894, sid. 74.) Man finner här, att den minsta sluttning ofta är tillräcklig att förhindra uppkomsten av en normal podsolprofil, samtidigt som en humusform, avsevärt gynnsammare än den för mellersta Norrland normala råhumusen uppkommer. Det torde ej råda något tvivel om, att allt detta beror på en viss tillförsel av kalkhaltigt grundvatten. I vanliga fall skulle under liknande topografiska förhållanden en visserligen något oregelbunden, men dock för det mesta tydlig blekjords- och rostjordsbildning inträtt, men närvaron av ganska små mängder kalk ger topografien ett förstärkt inflytande i dess strävan att bringa markprofilen i en annan utveckling. — De skogsbestånd, som finnas å de nämnda markerna, äro utomordentligt växtliga.

Liknande förhållanden jämfört med Gällö-trakten har jag iakttagit i andra trakter av Jämtland, såsom Stugun, som också äger kalkhaltiga moräner. Även i Ragundaområdet finner man ibland podsoleringen mycket starkt avtrubbad i och nedanför sluttningarna, medan den uppe på bergplatåerna och i sluttningarnas övre delar är fullt normal. Även här torde stundom samma orsak kunna förutsättas.

Av ovan anförda omständigheter är det tydligt, att fullt *normal podsolering endast kan förväntas å plana terasser eller platåer samt svagare sluttningar*. Jag har därför städse vid mina undersökningar vinnlagt mig om att söka ut plana eller nästan plana marker för att de skola bli topografiskt jämförbara med varandra. Alla de i kap. 11 anförda ytorna uppfylla detta villkor. Endast där så är fallet, kunna några säkra slutsatser angående vegetationens och klimatets inverkan på marken dragas.

Det kan då invändas, att stora trakter med sluttande topografi ej bli undersökta. Detta har emellertid enligt mitt förmenande liten betydelse, åtminstone ur skoglig synpunkt. Sluttningarna äro så gott som alltid bättre än platåmarkerna. Rörligt vatten, som sipprar fram i jordlagren medför alltid en näringstillförsel och friskhet i marken, som ökar skogens trevnad. Alla skadliga följder av podsoleringen i form av urlakning, ortstensbildning o. d. äro därför mindre ödesdigra i sluttningar än å plan mark, vartill kommer att själva processerna i sluttningarna nog i de flesta fall bli något avtrubbade.

KAP. V.

Podsoleringens hastighet och utveckling i olika växtsambällen.

Podsoleringens hastighet har diskuterats av åtskilliga författare i den utländska litteraturen. P. E. Müller (1887, sid. 266—271), S a r a u w (1898), E m e i s (1876, sid. 105—106) och andra ha visat, att blekjorden och ortstenen i Jyllands och Slesvigs ljunghedar ofta äro mycket gamla bildningar. Då processen fortfarande försiggår på många lokaler, böra de alltså ha uppkommit långsamt, såvida ej processerna i vissa fall bragts till stillestånd. K e i l h a c k (1912) beskriver flygsandsdyner av olika ålder vid Pommerns kust. De äldsta, omkring 7 000 år gamla, äro starkt podsolerade med ortsten medan yngre äro svagt, de yngsta (300—400 år) ej märkbart podsolerade. Å andra sidan finnas också uppgifter angående hastig podsolering. R a m a n n (1886 a o. b) meddelar sålunda, att om ortstensskikt genombrytas av rötter eller brukningsredskap, ortstenen snabbt återbildas och rör- eller flaskformiga fördjupningar uppstå i ortstenslagret. S c h r ö d e r (1919) meddelar, att en begynnande blekjords- och ortstensbildning i Slesvig uppstått under en grangeneration. P. E. Müller 1887, sid. 224—227, 135) meddelar liknande observationer

från hedar och granskogar, där blekjorden anlägges som en smal strimma. Han citerar även iakttagelser av v. Purkyně angående uppkomsten av blekjord och ortsten i hundraåriga tallskogar från Böhmen (P. E. Müller, l. c. sid. 257). Vidare omnämner han podsoleringsens fortskridande i degenererade ekmarker. Hans berömda skildring (l. c. sid 143—149) av mullbildning utan blekjord i reliktbestånd av eksmåskog, omgivna av ljunghedar med råhumus, bleksand och ortsten äro allmänt kända. Egendomligt är, att blekjorden omedelbart utanför ekområdet synes ha sin normala mäktighet. Detta tyder på, att eksmåskogen är en mycket gammal relik och att ljungheden alltså länge funnits i omgivningen. Som allmän slutsats av sina observationer rörande podsoleringsens hastighet finner Müller, att man måste räkna med århundraden för att en utpräglad blekjords-ortstensbildning skall kunna komma till stånd.

I Sverige föreligga hittills ej några säkra uppgifter angående podsoleringsens hastighet. Vad särskilt Norrland beträffar, så har man ej rätt att utan vidare anse P. E. Müllers och andras slutsatser giltiga här på grund av de olika geologiska och klimatologiska förhållandena. Å andra sidan erbjuder Nordsverige på grund av landhöjningen enastående möjligheter att studera markprocessernas hastighet, varjämte det geologiska underlaget genom sin ovittrade beskaffenhet är särdeles lämpligt för dylika undersökningar.

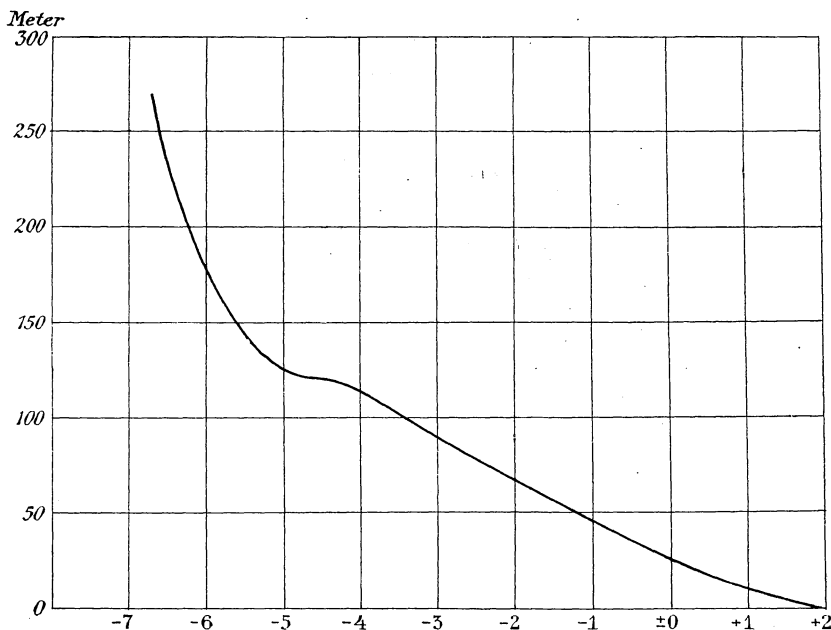
Podsoleringsens variationer i olika växtsamhällen har även ingående behandlats av P. E. Müller och andra forskare. Müller beskriver podsoleringstyper från ljunghedar, bokskogar och ett flertal andra växtsamhällen. Om dessa resultat gäller dock även, att de ej direkt äro tillämpliga på nordsvenska förhållanden. Man kan emellertid av dem dra den slutsatsen, att alla växtsamhällen, som bilda råhumus, också kunna förorsaka podsolering. Detta är även den härskande uppfattningen bland alla moderna forskare.

Vid mina försök att studera ovan omtalade frågor i Norrland, fann jag snart, att podsoleringsens hastighet intimt sammanhänger med olika råhumusbildande växtsamhällens inverkan och att dessa båda företeelser därför lämpligast behandlas i samband med varandra.

A. Podsoleringen å mycket unga marktytor.

1. Undersökningsmaterial.

För att studera podsolprofilens bildningshastighet har jag undersökt ett antal unga marktytor särskilt sådana, som endast varit be vuxna med en eller i vissa fall två skogsgenerationer. Sådana ytor stå till buds över-



Efter A. G. Högbom, 1919.

Fig. 5. Grafisk framställning av den senkvartära landhöjningen vid Ångermanlandskusten. Efter den horisontala axeln tiden i århundraden ($\pm 0 =$ Kr. f.). Efter den vertikala axeln höjd över den nuvarande havsytan. Om en viss orsts höjd över havet är känd, fås approximativt ur kurvan den tid som förflutit sedan orten i fråga höjdes över havsytan. — (Graphische Darstellung der spätquartären Landhebung der Küste Ångermanlands. Abzisse = Zeit in Jahrhunderten ($\pm 0 =$ Chr. Geb.), Ordinaten = Höhe ü/M.)

allt vid den norrländska kusten, som undergått en numera ganska noggrant känd landhöjning. Dessutom har jag gjort en rekognoscering av hela den år 1796 genom den allbekanta katastrofen uttappade Ragundasjöns område i Jämtlands östra del. Här kunde sålunda åtskilliga marktytor, som med säkerhet uppstått år 1796, undersökas. I övrigt har jag undersökt några med konst åstadkomna marktytor, som på ett eller annat sätt kunnat tidsbestämmas.

Den recenta landhöjningen vid Norrlandskusten är studerad sedan gammalt. De modernaste arbeten, som föreligga om densamma äro Blomquist och Renquist (1914, jfr sid. 82) och Wittning (1918, jfr sid. 316 m. fl.). Den äldre landhöjningen är känd bl. a. genom Lidén (1911). Nyligen har professor Högbom (1919) offentliggjort en grafisk framställning av landhöjningen på grundval av kända observationer och De Geers kronologi. Enligt Högbom kan man anse, att den norrländska kusten från Sundsvall norrut i stort sett höjt

sig 1 m per århundrade under den senaste tiden. Troligen har rörelsen gått något långsammare vid Norrbottenskusten. Med ledning härav är det möjligt att bestämma åldern å ytor intill den norrländska kusten å låga nivåer. Även å högre sådana kan man med ledning av Högboms diagram (se fig. 5) bestämma åldern ur höjdsiffrorna, om ock värdena bli osäkrare ju högre höjden över nuvarande havsytan är. Området utmed den norrländska kusten är sålunda ett ovanligt lämpligt område för jämförande studier å markytor av olika ålder.

På olika sätt har sålunda erhållits ett material av observationer å mycket unga ytor, som i det stora hela visar sig vara i hög grad överensstämmande, och i vilket även kan spåras olika växtsamhällets betydelse för podsoleringsintensitet. Ett sammandrag av det viktigaste observationsmaterialet från dessa ytor, som finnas i vitt skilda delar av det nordsvenska barrskogsområdet torde därför här vara på sin plats.

Den yngsta markyta, i vilken jag kunnat iakttaga en börjande podsolering, är en liten sandkörd parcell av cirka 1 ars storlek å en mosse i Malingsbo, Dalarna, som dikats för cirka 40 år sedan.

Marken är nu (1918) bevuxen med ett tätt ungtallbestånd av minst trettio års ålder. I beståndets tätare delar är marken betäckt med tallbarr, eljest med ris och mossor. Ett cirka 2 cm tjockt råhumustäcke (inberäknat förna) hade utbildat sig. Under detta kunde man förmärka en första svag antydan till blekjordsbildning. Mäktigheten av det urblekta skiktet uppgick till högst 0,5 cm. Någon antydan till rostjord kunde ej skönjas. Det påkörda sandlagret över torven var 10 cm mäktigt.

En obetydligt äldre yta av liknande karaktär har iakttagits i Gammelkroppa, Värmland.

En steril högmosse (den s. k. Svartsångsmossen), hade delvis sandkörts för drygt 50 år sedan (mossen är omnämnd av T i b e r g, 1907). På den sandkörda delen förefanns en mycket växtlig blandskog av tall, gran och björk med undervegetation av ris, mossor och något örter. Torven var betäckt med några cm:s förna och råhumus. I sanden kunde en antydan till 0,5—1,0 cm:s mäktigt blekjord urskiljas.

Betydligt klarare förhållanden visar en annan sandkörd mosse i Malingsbo, som först iakttagits av prof. H e s s e l m a n. Ytan har av mig undersökts i detalj, se kap. 11, yta 10. Man kan här studera hur en cirka 100-årig barrblandskog inverkat på en frisk sandyta (se tavl. 2).

Under det cirka 5 cm mäktiga humuslagret har utbildat sig ett väl synligt, gråvitt blekjordslager av 1—3 cm:s mäktighet. Rostjorden är också mycket tydlig. Under denna finnes ett skikt av fin, oförändrad sand. *Något djupare, intill den underliggande torven, förefinnes en svag podsolering i omvänd ordning, på så sätt att närmast torven kunde iakttagas en blekjord av 0,5 cm:s mäktighet och ovanför denna tydligt urskiljbar rostjord.* Den vid markytan verksamma podsoleringen tycktes vara starkast, där den påkörda sanden var mäktigast.

Ehuru podsolprocesserna gjort sig mycket väl märkbara för ögat i denna unga markyta, visa dock de verkställda analyserna, att inga större kemiska om-

vandlingar ännu ägt rum vare sig i blekjorden eller i rostjorden. Möjligen kan man spåra en liten urlakning av fosforsyra i blekjorden. Tydligare framträder anrikningen av limonitiskt järn i rostjorden. Blekjorden har emellertid ej heller samma utpräglade utseende som gammal, typisk blekjord. Efter tvättning med saltsyra kunde man knappt förmärka någon etsning av mineralkornen i likhet med vad som brukar vara fallet i typisk blekjord av gammal ålder. Det är sålunda tydligt, att det första stadiet vid uppkomsten av en blekjord är en färgförändring, som ej är förenad med några kvantitativt betydande kemiska förändringar. Av intresse är, att blekjorden tyckes så att säga anläggas med 0,5—1 cm:s mäktighet, varefter den rätt fort växer i tjocklek. Rostjorden anlägges tydligen med minst ungefär 5 cm:s mäktighet, stundom mera.

Att podsoleringen kan försiggå nedifrån och upp sammanhänger väl med att vissa årstider under vissa år en uppåtströmning av markvätskan äger rum. När denna därvid i torven har tillfälle att mätta sig med humussyror, är det naturligt, att den märkbart skall podsolera den ovan liggande sanden. Fallet är särdeles intressant, men förutsättningarna för dess uppkomst äro ovanliga.

Det var å den undersökta ytan omöjligt att säkert påvisa olikheter i markprofilen, sammanhängande med förekommande växlingar i markvegetationen. Denna har också på grund av en rätt nyligen företagen gallring mångenstädes något ändrat karaktär.

En mycket ung podsolering visar ett tallbestånd vid Fagerheden, Norrbotten. Nedanför byn Fagerheden finnes mot öster en sakta sluttande myr, vilande på sand. När landsvägen Piteå—Långträsk omkring år 1869 framdrogs förbi Fagerheden, dränerades myrens nedre, närmast vägen belägna partier, där torven var tunn, genom vägdikena. Utmed vägen hade man tagit upp ett cirka 0,5 m djupt grustag, som efter dikenas fullbordan blev alldeles torrt, och snart togs i besittning av en tallskog, som också intog övriga, delvis med tunn torv betäckta, angränsande ytor, som genom vägbygget dränerats. Sanden var emellertid överallt inpregnerad med limonit, som tydligen kommit från myrens högre upp liggande huvuddel; på vissa ställen var den starkt röd ända upp i ytan, på andra förefanns mäktig, stenhård ortsten, varom mer i kap. 6:D3.

I grustaget växer ett nära femtioårigt tallbestånd. Markvegetationen består av bärris och husmossor, och ett humuslager av ungefär tre cm:s mäktighet, bestående huvudsakligen av råhumus med något litet förna, hade uppkommit. Ett fullt iakttagbart blekjordsskikt av en mäktighet av i allmänhet 2—3 cm, stundom ända till 4—5 cm hade utbildat sig. Blekjordens egenskaper påminde om den ovan beskrivna från Malingsbo. Den hade således ej alls samma genomvittrade utseende som gammal, normal blekjord. Ehuru ingen analys utförts, är det därför sannolikt, att även dess kemiska egenskaper överensstämmer med Malingsboblekjordens. På grund av att hela sandavlagringen från början varit mer eller mindre limonitimpregnerad, kunde ej rostjordsbildningen studeras å denna.

Mycket intressanta podsoleringsförhållanden föreligga på den gamla Ragundasjöns område. Detta är först utforskat av A. G. Högbom (1899), varjämte De Geer (1912) därstädes gjort kvartärgeologiska undersökningar. Området har därefter blivit stratigrafiskt, paleontologiskt och morfologiskt detaljundersökt av Ahlmann, Carlzon, Sande-

gren (1912), Ahlmann (1915), Sandegren (1915). På grund av alla dessa undersökningar, särskilt Högboms och Ahlmanns kartor är Ragundaområdet ovanligt lämpligt för detaljerade markundersökningar. Alla markytor, som ligga inom den gamla sjöns område da-



Från Tamm, 1917 b.

Foto av förf.

Fig. 6. Lavrik tallhed på erosionsterrass, bildad år 1796, vid Vikbäckens mynning i Indalsälven, Ragunda, Jtl. Svag, börjande podsolering. Sanden, kalkhaltig å 25 c:ms djup. — (Flechtenreiche Kiefernheide auf Erosionsterrasse aus 1796. Anfänge einer Podsolierung im Boden. Ragunda, Jämtland. Sand, enthält unten Kalziumkarbonat.)

tera sig från tappningskatastrofen, år 1796. Bland dessa finnas även en hel del som genom erosion frampreparerats vid katastroftillfället och samtidigt överlagrats med friskt, ovittrat sandmaterial. Vissa av dessa terrasser äro skogbevuxna och lämna det yppersta tillfälle att studera en absolut frisk markyta, som blott något mer än 100 år undergått pod-



Foto av förf.

Fig. 7. Koloniserande ungtallskog på mark, bildad 1796, erosionsterrass, sand, vid Vikbäckens mynning, Ragunda, Jtl. — (Erste Kolonisation durch Kiefern auf einer 1796 entstandenen Erosions-Sandterrasse. Ragunda, Jämtland.)

solering. Podsoleringen är överallt inom Ragundasjöns område mycket svag med omkring 1 cm svagt utpräglad blekjord och en ofta knappt märkbar rostjord.

Särdeles belysande för podsoleringens utveckling är en terrass vid Vikbäckens mynning i Indalsälven söder om Hammarstrand.

Terrassen är en erosionsterrass, bildad år 1796 och samtidigt överlagrad med medelgrov, svagt kalkhaltig sand av växlande, ofta betydande mäktighet. Detaljerna vid terrassens bildning kunna följas i Ahlmans ovan citerade arbete. Omedelbart efter terrassens bildning skar sig Indalsälven ned i densamma, bildande en omkring 7 m hög slänt, som fullständigt dränerar den mycket genomsläppliga sanden och gör marken på dess yta särdeles torr.

Vegetation infann sig mycket snart på sandens yta. I motsats till flere andra liknande terrasser i omgivningarna visar denna blott obetydliga spår av sandflykt, vilket tyder på en ganska snabbt försiggången kolonisation. Denna bestod antagligen först av en *Myricaria germanica*-association, som ännu i dag tar nybildade sandytor i Ragundadalen i besittning. Enligt uppgift av Ragundakännaren, direktör E. Frisendahl, som allt sedan sin barndom med vissa avbrott bott i trakten, var en erosionsterrass vid Hammarstrand, som mycket liknar Vikbäcksterrassen, för cirka 40 år sedan å sandiga ytor trädlös och beväxt med *Myricaria*. Nu växer där en 30—40 årig tallskog.

Det dröjde ej länge, förrän tallen började kolonisera de öppna sandyterna på Vikbäcksterrassen. Medan *Myricaria-associationen* envist höll sig kvar närmast älven, blev terrassens inre del till stor del beväxten med en växtlig lavrik tallskog. (Se fig. 6.) Denna strävar fortfarande efter att lägga kvarvarande kala partier under sitt välde. En zon av tallungskog finnes sålunda utanför den äldre tallskogen. (Se fig. 7.) Å terrassens perifera delar, inemot dalen är sandtäcket ej så mäktigt. Förmodligen på grund härav uppkom där samtidigt med tallskogen ett mycket växtligt bestånd av mossrik gran-tallskog med björkinblandning. (Fig. 8.) Å terrassens närmast älven belägna delar funnos å vissa vindexponerade punkter märken av flygsandsdrift i form av 50 till 70 centimeter höga, flacka sandvågor. Sedan marken blivit täckt med ett sammanhängande vegetationstäck, synes denna sandflykt alldeles ha upphört.

Följande anteckningar illustrera markvegetationen i den mossrika och den lavrika skogen å erosionsterrassen:

1. Den mossrika skogen: *Vaccinium vitis idæa* ymn., *Myrtillus nigra* str., *Linnæa borealis* spr., *Hylocomium proliferum* och *H. parietinum* ymn. 2. Den lavrika skogen: *Empetrum nigrum* fläckvis str., *Cladina silvatica* och *C. rangiferina* ymn., *Stereocaulon paschale* spr. *Hylocomium parietinum* och *H. proliferum* förekomma i strödda fläckar, mest omkring små, tynande granbuskar.

I den mossrika barrblandskogen uttogos ett flertal borrhspån, å vilka årsringarna räknades. I allmänhet kunde ungefär 80 årsringar vid brösthöjd urskiljas, varav beståndets sannolika ålder kan anslås (1914) till minst 90 år. Då 118 år förflutit efter torrläggningen, förefaller det ha dröjt två till tre decennier innan skogen uppkommit.

En detaljerad undersökning av marken, omfattande trettio profiler, utfördes i den mossrika barrblandskogen. Humuslagret har en ganska likformig mäktighet; det består av i medeltal 2—5 cm:s förna och 3,5 cm:s råhumus och är bildat av en sammanhängande matta av mossor och bärris. Under humuslagret kan skönjas en tydlig, börjande podsolering med i medeltal 1,1 cm (mf 0,08) mäktig blekjord och därunder 5—10 cm svagt antydd rostjord. Förhållandena kompliceras i någon mån av att sanden ursprungligen varit något kalkhaltig. Kalkurlakningen på denna terrass har omnämnts i kap. 4:A. Kalkgränsen låg vid undersökningen ungefär 50 cm djupt. Emellertid tyckes kalken, så fort den blivit urlakad ur själva markytan, på en väldränerad sandterrass ej utöva så stort inflytande på humustäcket och därmed på blekjordsbildningen (se kap. 4:A). Detta bestyrkes av att man ej kan se någon skillnad i podsoleringsgrad å sådana punkter, där kalkgränsen ligger relativt djupt, under 60 cm, jämfört med sådana punkter, där densamma ligger högt, 40 cm under markytan och däröver.

Podsoleringen på den undersökta ytan får väl anses vara ungefär lika gammal som beståndet. Den äger många likheter med den ovan beskrivna ytan i Malingsbo, men visar en betydligt svagare podsoleringsgrad. Att blekjorden från början anlägges med en helt ringa mäktighet av 0,5—1 cm är å båda ytorna uppenbart, medan rostjorden från början tyckes vara 5—10 cm mäktig, ehuru ofta så svagt utpräglad, att den knappt kan iakttagas.

I den lavrika tallskogen å samma erosionsterrass bestämdes även skogens ålder medels borrhspån och befanns vara 90—100 år, således jämnårig med

den mossrika barrblandskogen. Även i detta bestånd utfördes mycket detaljerade markundersökningar, omfattande ett femtiotal profiler.

Humuslagret är som vanligt i lavrika hedassociationer tunnt, smuligt och omöjligt att dela upp i förna och råhumus. Det är å lavytorna i medeltal 1,4 cm mäktigt, i mossfläckarna 2,1 cm och i större dylika, som äro belägna nära



Från Tamm, 1917 b.

Foto av förf.

Fig. 8. Mossrik blandskog på erosionsterrass, bildad år 1796, vid Vikbäckens mynning i Indalsälven, Ragunda, Jtl. Svag, börjande podsolering. Sand, kalkhaltig, under 60 cm från markytan. — (Moosreicher Mischwald auf einer Erosionsterrasse aus 1796. Anfänge einer Podsolierung im Boden. Ragunda, Jämtland. Sand, enthält unten Calciumkarbonat.)

gränsen till den mossrika blandskogen, 2,5 cm. Blekjordens medelmäktighet är i tjugofem typiska lavytor 0,7 cm (mf 0,1), i tolv mossfläckar 1,5 cm (mf 0,1). I sju lavprofiler nära gränsen till den mossrika blandskogen är blekjorden 1,1 cm (mf 0,1) och i sex mossprofiler 1,9 cm (mf 0,2). Här är den således något mäktigare än inne i den mossrika blandskogen. Rost-

jorden är vanligen knappast skönjbar i lavprofilerna och är också i de övriga mycket svagt utpräglad. Dess mäktighet varierar från 3 till 10 cm och är i allmänhet omkring 7 cm. Kalkgränsen ligger betydligt högre i lavheden än i den mossrika blandskogen (se ovan). Dess djup i profilen är i medeltal 26 cm (mf 2) i lavfläckar och 29 cm (mf 5) i mossfläckar. Det är sålunda ingen nämnvärd skillnad i kalkgränsens läge i moss- och lavfläckar, medan podsoleringen är mycket märkbart starkare i samma mossfläckar, jämfört med lavfläckarna. Det är då ytterst osannolikt, att markens ganska obetydliga kalkhalt utövar något bestämmande inflytande på podsoleringen, ty då borde denna varit svagast, där kalkgränsen ligger högst och ej tvärt om.

Av allt att döma kommer den mossrika barrblandskogen att småningom inkräkta på den lavrika tallhedens område. På grund av att sanden är torr och genomsläpplig bör dock det senare samhället kunna erbjuda ett visst motstånd. *Att en lavrik tallhed kan uppkomma på en kalciumkarbonathaltig mark tyder på att denna skogstyp ej så mycket betingas av näringsbrist i marken som av låg fuktighetsgrad.* Flere exempel på till synes alldeles normala tallhedar på ganska starkt kalkhaltig sand finnas inom den gamla Ragundasjöns område.

Vid norra stranden av Indalsälven, mitt emot den ovan beskrivna lokalen, fanns en annan erosionsterrass, som uppkommit på samma sätt och som också är täckt av en från början svagt kalkhaltig sand, avlagrad år 1796. Vegetationen var här i stort sett av alldeles samma karaktär som å Vikbäcksterrassen, utom att den mossrika blandskogen endast bildar en helt smal remsa vid terrassens innersta del intill ett angränsande berg. Yta 9, se kap. 11, är belägen å denna yta, som jag undersökte före Vikbäcksterrassen. Podsoleringen inbegripet kalkurlakningen företer med Vikbäcksterrassen fullkomligt analoga egenskaper. Av de kemiska analyserna framgår att podsoleringen i kemiskt avseende ännu knappast märkbart har påverkat sanden. De rätt svaga färgförändringarna äro sålunda resultat av kvantitativt föga betydande kemiska processer. Detta överensstämmer med de ovan beskrivna företeelserna i Malingsbo.

En annan markyta från den gamla Ragundasjöns område intill Gerilåns utlopp i Indalsälven må nämnas.

Denna yta är en del av den ursprungliga sjöbotten och består av sand, som ej företedde någon kalkhalt. Den var bevuxen med en växtlig, nu utglesad, mossrik, granblandad tallskog med strödda lavfläckar. Beståndet daterar sig sannolikt från tiden nära efter tappningskatastrofen år 1796, ty gamla murknade stubbar visa, att det funnits träd av ansenlig ålder. Egendomligt nog är podsoleringen svagare än å de ovan beskrivna ytorna vid Indalsälven. Blekjorden är blott 0,6 cm (mf 0,08) mäktig och ytterligt svagt utpräglad och rostjorden, där den är skönjbar, 5—10 cm. Profilens sätt att utveckla sig är dock även här likartat med alla de ovan beskrivna ytorna, med helt tunn blekjord och relativt mäktig rostjord.

Slutligen må anföras en mjällyta (se kap. 11, yta 14), som en gång utgjort botten i den gamla Ragundasjön, helt nära dess strand, som markeras av ett terrasshak i mjälan, ovanför vilket yta 13 befinner sig. Varken för ögat eller med hjälp av analyser var det möjligt att konstatera någon podsolering å yta 14; mjälan föreföll även i markytan vara alldeles oförändrad. Denna yta har vid lågt vattenstånd i sjön varit torrlagd.

Å de flacka sandöarna i Indalsälvens delta finnas marktytor, som endast varit bevuxna med en eller två barrskogsgenerationer.

Den första skogsvegetationen, som infinner sig å en sandterrass medan den ännu är genomfuktad av vatten, är ett gråalbestånd (jfr Grevilius, 1895). Så fort marken blir torrare, invandra andra element,



Foto av förf.

Fig. 9. Kolonisationsblandskog å ung mark, Skeppsholmen, Timrå s:n, Mpd. — (Kolonisationsvegetation auf jungem Boden, Timrå, Medelpad.)

främst granen och tallen. En markvegetation av huvudsakligen örter och gräs, men där även mossor, särskilt *Polytrichum commune*, spelar en framträdande roll, infinner sig. Ett exempel på ett dylikt kolonisationssamhälle ger fig. 9, som visar en yta, belägen knappt en meter ovan den nuvarande havsytan å Skeppsholmen i Indalsälvens delta. Man kan här, ehuru med stor svårighet, konstatera de första ytterligt svaga spåren av

blekjordsbildning i fläckar med ris och mossor, där en råhumusbildning börjat.

Så fort nivån stiger till cirka $1\frac{1}{2}$ m ö. h., motsvarande en ålder av ungefär 150 år, börjar alvegetationen efterträdas av en mera ren barrskog. Granen blir nu dominerande. Markvegetationen utvecklar sig i regel till en ris- och mossrik matta, där lingonris och de vanliga husmossorna äro härskande, men där ännu en hel mängd örtelemt ingå. Redan på 2—3 meters höjd har ofta detta växtsamhälle övergått i en ganska typisk mossrik barrskog. Åtskilliga ytor på dessa nivåer ha undersökts. De äldre barrskogsgenerationer, som man finner 1 à 2 meter över havets nuvarande yta, kunna med fullt fog anses vara de första å marken, och den podsolering, som där kan förmärkas, torde kunna anses ha uppstått i och med uppkomsten av en ris- och mossrik undervegetation i dessa barrskogar. Podsoleringen å de undersökta ytorna är också mycket svag. Närmast är den jämförlig med podsoleringen å erosionsterrasserna i Ragunda. Blekjorden varierar i allmänhet mellan 0,5 och 2 cm:s mäktighet och är mycket svagt utpräglad. Rostjorden kan ofta ej alls urskiljas och är i andra fall 3—5 cm mäktig. Underlaget är städse en likformig deltasand.

Som exempel på en dylik yta må anföras ett sandplan å cirka 1,5 m:s höjd över havet (den 22. 7. 1914) å Skeppsholmen i Indalsälvens delta. Vegetationen är en utglesnad växtlig granskog med inströdda alar och något tall. Markvegetationen kan karakteriseras som en matta av lingonris och husmossor med riklig inblandning av örter, *Rubus arcticus*, *Fragaria vesca*, *Trifolium repens*, *Trientalis europæa*, *Rumex acetosa*, *Achillea millefolium*, *Polygonum viviparum*, *Galium uliginosum m. fl.* Bland mossorna märktes utom de nämnda *Climacium dendroides* och *Polytrichum commune*.

Humuslagret är i allmänhet drygt 4 cm mäktigt varav 1 cm förna och 3 cm råhumus. Blekjorden är i medeltal 1,4 cm mäktig och ofta knappt urskiljbar, rostjorden omkring 5 cm, där den kan skönjas, vilket vanligen ej är fallet.

En annan yta ej långt från den föregående ligger cirka 2 m (den 22. 7. 1914) över havet. Vegetationen var en växtlig barrblandskog med inströdd björk. Örterna hade till största delen försvunnit ur markvegetationen, som utgjordes huvudsakligen av lingonris och en mossmatta, vilken utom av *Hylocomium parietium* bestod av *Polytrichum commune* och *Dicranumarter*. Humuslagret bestod av 1 cm förna och 3 cm råhumus. Blekjorden är mycket svagt utpräglad och i medeltal 1,3 cm, rostjorden kan stundom ej urskiljas och har eljes en mäktighet av 3—5 cm.

Å mycket torra lokaler förekommer att undervegetationen fläckvis består nästan uteslutande av lavar. Podsoleringen är här ej märkbart olik de mossrika ytornas; troligen äro de lavrika luckorna uppkomna genom relativt sen avverkning.

Ett exempel på en lavrik yta fanns å Skeppsholmen å cirka 2 m:s höjd över havet (den 22. 7. 1914). Beståndet var en ung växtlig granskog, i vilken stora luckor funnos. I dessa luckor bestod markvegetationen av en lav-

matta, huvudsakligen med *Cladina rangiferina* och *silvatica*. Råhumusen var i medeltal 2 cm mäktig och den som vanligt mycket svagt utpräglade blekjorden 1,3 cm. Rostjorden var 3—5 cm och kunde stundom ej säkert urskiljas. Av allt att döma är lavvegetationen sekundär och uppkommen i samband med den avverkning, som givit upphov till luckorna i beståndet, som syntes vara cirka trettio år gammalt enligt okulär uppskattning.

Utom från Indalsälvens deltaområde har som nämnts andra trakter vid Norrlandskusten rekognoscerats. Från södra Västerbotten må sålunda några ytor anföras, vilka visa en något intensivare podsolering.

Deltaön Storsandskär i Umeälvens mynning å cirka 1 m ö. h. (den 3 aug. 1916) liknar mycket deltaöarna i Indalsälvens utlopp. I en snabbväxande granskog med bärris och mossor, särskilt björnmossa, samt ett råhumustäckte av 3—5 cm var blekjorden i allmänhet 1 cm mäktig. På enstaka punkter nådde den 3—4 cm och var samtidigt något starkare utpräglad. Den liknade de förut beskrivna blekjordarna av ung ålder. Rostjorden var ibland omärklig, eljes. antydd som en svagt rostfärgad zon.

Vid Hörnefors in till stranden helt nära vägen till Hamnskär påträffades en mycket belysande yta å 1,5—2,5 meters höjd över havet (se kap. 11, yta 11). Här finnes eller har funnits (å ett hygge) en mossrik barrskog med ett relativt mäktigt råhumuslager och föga olik de granskogar, i vilka man på högre nivåer brukar finna den starkaste podsoleringen. Den vegetation som föregått den nuvarande skogstypen, torde även här varit gråalsnår eller blandat bestånd av gråal och barrträd, där podsoleringen ej kunnat göra sig märkbart gällande. Ytan förefaller att ha varit ganska skyddad för vinden, den är belägen längst inne i en liten vik, varigenom den har undgått sandflykt, som eljes mycket ofta satt sin prägel på sandterrängerna invid Hörnefors. Av allt att döma har ytan sålunda i 100—150 år stått under inflytande av en blåbärsrik markvegetation.

Blekjorden varierade i mäktighet mellan 1—2 cm, men var på vissa punkter mycket tydligt utpräglad och skarpt avgränsad såväl mot humuslagret som mot rostjorden. I jämförelse med normal gammal blekjord var den dock mycket svagt utpräglad. Den var till färgen grå och något humusblandad. Rostjorden var med hänsyn till markens ålder ovanligt väl utbildad, dess mäktighet i allmänhet 15—20 cm. Den tycktes bestå av mer eller mindre tätt liggande horisontala rostfärgade strimmor. Stundom tättna dessa till ett sammanhängande rostjordsskikt. På ytans inre, något högre och äldre del fanns en punkt, där rostjorden blivit nästan ortstensartad. Sandkornen voro sammankittade till klumpar, som visade sammanhållning, ehuru de gingo lätt att smula sönder.

Analysen verkställdes på några med speciell omsorg uttagna prov. Resultatet härav, se yta 11, kap. 11:A. Det framgår av detta, att sanden primärt är ovanligt ojämn i sammansättning. Något tydligt resultat av vittringen i blekjorden kan lika litet som å förut nämnda, analyserade unga ytor påvisas. Däremot tyckes rostjorden visa tydlig anrikning av limonit. I den ortstensartade rostjorden kan man spåra en anrikning av såväl limonit som humus.

I kusttrakterna omkring Piteå ha även flere unga markytor undersökts, vilka framvisa börjande podsolering, till synes förlöpande med något olika intensitet, men i huvudsak överensstämmande med ovan anförda ytor.

En yta må nämnas från Hvitsand vid södra stranden av den inre Pitfjärden.

Marken är nästan fullkomligt plan. Ett några dm mäktigt lager av fin sand täcker en morän, vilken nere vid stranden går i dagen. Nära stranden vidtar en långsam lutning ned mot denna. Här finnes ett gråalbestånd, som räcker upp till ungefär 1—1,5 m över havets nivå (den 7. 9. 1917). Innanför detta vidtar en medelålders, växtlig tallskog, på grund av blädning något luckig. På en stubbe räknade jag 46 årsringar utan att kunna särskilja de innersta. Beståndets ålder var därför sannolikt 60—70 år. Inblandning av gran och gråal finnes. Markvegetationen karakteriseras av ris, bland dem särskilt *Myrtillus nigra*, och mossor. Humuslagret är en kompakt och hopfildad råhumus, överlagrad av ett par cm:s förna, inalles 7—10 cm tjockt. Podsoleringen är emellertid mycket svag. Blekjorden är omärklig, men på rostjordens blivande plats å 2—15 cm djup under humuslagret har utbildat sig horisontala, rostfärgade strimmor, som dock ej bilda ett sammanhängande skikt. Även en del vertikala roststrimmor finnas.

På samma terrass, något längre från stranden finnes en yta, vars nivå över havets yta vid samma tillfälle var 3 m.

Skogsbeståndet är som på föregående yta en medelåldrig, luckig tallskog med uppväxande gran i luckorna. Gråal saknades. Undervegetationen karakteriseras av blåbärsris på en *Hylocomium parietinum*-matta. Råhumusen jämte förnan är 6—10 cm mäktig. Marken torde få anses vara cirka 100 år äldre än å den förra ytan. Podsoleringen är fullt tydlig med cirka 2 cm mäktig blekjord. Rostjorden utgöres av en 10—15 cm mäktig zon med horisontala, rostfärgade strimmor.

En annan yta med ung men fullt tydlig podsolering undersöktes å Vargön i Piteå skärgård. Den västligaste udden av denna ö, Koskäret, består av morän, täckt av ett tunnt sandlager. På grund härav ha fuktighetsförhållandena i marken varit gynsamma och dels hindrat sandflykt, som på den övriga delen av ön merendels satt sin prägel på marken, dels orsakat uppkomsten av en delvis vacker och mycket växtlig granskog.

Koskärets yta är mycket flack och höjer sig sakta till 5—6 m över havet. Under 1 m över havet (den 18. 7. 1919) består marken av morän och ovan denna av medelgrov sand. Från 0,5 till 1 m ö. h. finnes en gråalzon, över 1 m börjar en genom blädning luckig granskog, som vid 2,5 m—3 m äger en alldeles normal mossrik markvegetation, bestående av en tät matta av blåbärsris och de vanliga *Hylocomium*arterna. Humuslagret är 10—15 cm mäktigt och består utom av ett par cm:s förna av en seg och sammanfildad råhumus. Blekjorden är 2—4 cm mäktig, skarpt begränsad mot humustäcke och rostjord samt till färgen merendels rätt utpräglad gråvit. Rostjorden är mycket tydlig, 25 cm mäktig och tämligen starkt rostfärgad. Dock är varken blekjorden eller rostjorden till utseendet jämförliga med en normal, gammal profil utan i det hela samma typ som den ovan beskrivna ytan i Hörnefors. Intressant är, att å samma terrassplan å Koskäret ungefär 2,5 m över havet en svagt försumpad granskog med björnmossa och vitmossa hade hunnit utbilda sig. Markens ålder kan skattas till två—trehundra år. Å en yta, ett

par m högre än den just nämnda, något längre in från stranden växer en frisk vacker granskog med 10—15 cm:s råhumus (inklusive förnan). Podsoleringen är av samma grad som å den nyss beskrivna ytan.

En yta av något olika typ undersöktes vid stranden av den yttre Pittjärden mellan Munksund och Pitsund.

Marken, som består av sand, sluttar svagt ned mot stranden. Någon gråalzon finnes ej, utan vid 2—3 m:s höjd över havsytan (den 6. 9. 1919) vidtar en ganska ung tallskog, något luckig, säkerligen uppkommen efter avverkning av något tidigare bestånd. Markvegetationen består mest av ris och mossor. Bland risen dominerar lingonris, men blåbärsris förekommer även. Spridda lavfläckar förekomma. Råhumustäcket var 4—7 cm mäktigt. En iakttagbar, ehuru oerhört svagt utpräglad blekjord av 1—2 cm:s mäktighet förefinnes. Ingen tydlig rostjord kunde ses, men här och där är sanden under blekjorden genomdragen av horisontala roststrimmor, vilka dock ej äro så tydligt rostjordsartade som å Vitsandsytan.

Egendomligt nog kunde ej någon ökning i podsoleringsgraden iakttagas på den något högre belägna marken längre från stranden. Vegetationen var hela vägen fullkomligt likartad. Först å 8 meters höjd blir blekjorden mer utpräglad med en mäktighet av 2—3 cm, och en verklig rostjord börjar också kunna urskiljas.

2. Slutsatser.

De ovan beskrivna markytorna ha i allmänhet blott varit be vuxna med en eller i enstaka fall två barrskogsgenerationer. Städses synes skogen på desamma vara mycket växtlig vilket troligen sammanhänger med en hel mängd olika gynnsamma faktorer, som lämplig fuktighet, frostfria lägen i närheten av stränder o. s. v. En gynnsam faktor bland andra måste även den svaga podsoleringen anses vara. Vegetationsutvecklingen har å de undersökta ytorna ej för så vitt jag kunnat döma kastats om genom någon skogsbrand. Några kolrester i marken eller brandljud på träden ha åtminstone ej observerats. Ej heller synas de avverkningar, som förekommit i bestånden ha varit av den omfattning att de alltför mycket ändrat karaktären av markvegetationen. I den mån skillnader mellan profilens utbildningssätt i bestånd av olika typ förefinnes, där marken är av samma ålder och geologiska natur inom ett begränsat område, torde det därför vara tillåtet att tillskriva dessa skillnader vegetationens inverkan. I sin allmänna utbildning på de olika ytorna visar emellertid podsoleringen avgjort mera likheter än skillnader.

Blekjorden anlägges vid podsoleringsens början som en mycket tunn horisont av 0,5—1 cm:s tjocklek. Den tyckes relativt snart ökas i mäktighet och får en allt mera gråvit färg. Från början är färgen ytterst svag och det är mången gång nästan omöjligt att skilja blekjorden från underlaget eller den likaledes svagt utpräglade rostjorden. Växlingar i mäktighet visar blekjorden redan från början även å mycket likformiga

moderavlagringar. Stundom kan man urskilja blekjord å vissa punkter av en ung markyta men ej å andra. Blekjordsskiktet å de unga markytorna är ej så skarpt skilt från vare sig humuslagret eller rostjorden utan visar obestämda gränser mot dessa.

Kemiska analyser av ungefär hundraårig blekjord (se kap. II, ytorna 9, 10, 11) visa, att densamma faktiskt är högst obetydligt omvandlad även i fall, då den för ögat är fullt tydlig. Dess kemiska sammansättning avviker knappast märkbart från underlaget. Det första stadiet i blekjordsbildningen är sålunda en färgförändring, säkerligen förbunden med en urlakning av järn och möjligen även fosforsyra, men vilken är så obetydlig, att den knappt kan spåras genom analyserna.

Rostjorden anlägges i motsats till blekjorden i ett från början vertikalt större område. Medan man ibland i vissa profiler å en ung markyta ej kan urskilja rostjorden, har den i andra profiler 5—10 cm:s mäktighet. Ej sällan utgöres den första början till rostjord av svaga horisontala strimmor eller partialskikt, som utbildas i något olika nivåer och som småningom tättna till ett mera bestämt skikt. Stundom synes dylik börjande rostjord kunna skönjas innan blekjorden blivit fullt tydlig. Stundom är däremot blekjorden tidigast utbildad. Rostjordsbildningen förlöper sålunda liksom blekjordsbildningen från första början rätt oregelbundet.

Kemiskt sett har även den tydligt utbildade rostjorden å de unga markerna (se kap. II, yta 10, 11) undergått mycket liten förändring. En första börjande anrikning av limonit och humus kan dock skönjas. I ett fall (Hörnefors) var anrikningen rätt markerad och rostjorden började t. o. m. på en fläck bli ortstensartad.

Det är således tydligt att vittringsskiktens mindre utpräglade utseende å de mycket unga markerna vid jämförelse med äldre marker motsvaras av mycket obetydliga kemiska förändringar.

Av de olikheter, som podsoleringen å de undersökta unga ytorna visa må framhållas: *Mossfläckarna å erosionsterrasserna i Ragunda visa tydligt starkare podsolering än lavytorna.* Lavsamhället är här det primära och mossorna söka tränga in. *Podsoleringen i den mossrika skogen å Vikbäcksterrassen är tydligt starkare än i den bredvidliggande lavrika tallheden.*

Den starkaste podsoleringen framvisa den äldre ytan i Malingsbo, Hörneforsytan och Koskärsytan. Alla dessa äro friska marker med tät mossmatta, väl utvecklat råhumustäcke och relativt stark fuktighet, medan ytorna från Ragunda och vid stranden av yttre Pitfjärden ha ett tunnare och torrare råhumustäcke. En omständighet, som förtjänar beaktande är att rostjorden är så starkt utvecklad å Hörneforsytan, Koskärsytan och ytan vid Hvitsand. Just på dessa ytor träffas det mest utpräglade och

måktiga råhumustäcket. H e s s e l m a n (1912, sid 49) har påvisat ortstensbildningens nära samband med råhumustäcket, särskilt i blåbärsrika marker. Ett analogt inflytande på rostjordsbildningen synes redan på detta tidiga stadium göra sig gällande. *Just i fråga om rostjordens utbildning är skillnaden mycket tydlig mellan de fuktigare, råhumusrika och de torrare, mer eller mindre lavrika markerna. På dessa senare är ofta rostjorden alls ej märkbar trots en tydlig blekjord eller också är den ytterst svagt utbildad och skiljer sig högst obetydligt från underlaget.*

Möjligen sammanhånga skillnaderna i podsoleringsgrad på de undersökta ytorna något med klimatet. På Storsandsskär i Umeälvs mynning föreföll den något starkare än på alldeles analoga ytor i Indalsälvens mynning. Anmärkningsvärd är också den relativt utpräglade blekjorden å den mycket unga grustagsytan i Fagerheden, som väl har ett för podsolerling särdeles gynnsamt klimat. Klart framträder dock klimatets inflytande på de unga ytorna icke.

Om man jämför olika ytor både inom klimatiskt likartade områden såsom kusttrakten vid Piteå eller ännu hellre erosionsterrasserna i Ragunda, synes det alldeles påtagligt att *redan på ett mycket tidigt stadium i markprofilens utveckling en skillnad gör sig gällande mellan olika växtsamhällen, vilka bilda råhumus av olika måktighet och fuktighetsgrad. De starkast råhumusbildande skogssamhällena förorsaka en märkbart hastigare podsolerling än de svagare.*

Medan man sålunda väl kan spåra ett olika inflytande av olika skogstyper och det av dessa bildade humustäcket på podsolerlingen å de ovan beskrivna ytorna, är det dock givet, att denna inverkan varit för kort för att man med säkerhet skall kunna bedöma saken. Av de undersökta fallen framgår att podsolerlingens resultat efter cirka hundra år är nätt och jämnt märkbart vid kemisk undersökning. Vidare kan det ej förnekas, att markvegetationen på vissa av de undersökta ytorna, särskilt på de låga delarytorna, äger en från de normala skogstyperna något avvikande prägel, som måhända dels sammanhänger med fuktighetsgraden, dels med växtsamhällets i viss mån ännu förblivande karaktär av kolonisationsvegetation. Fuktighetsgraden är sannolikt på grund av den ringa höjden över havet något större än normalt, samtidigt som dock marken på grund av sin genomsläpplighet skyddas från försumpning. För att få en riktig uppfattning av olika skogssamhällens inverkan på markprofilens utveckling blev det därför nödvändigt att undersöka något äldre marktytor med mera väldefinierade skogstyper.

B. På ej försumpad mark förekommande skogstyper och deras råhumusbildande förmåga.

Med hänsyn till markvegetationen ha våra skogar sedan gammalt indelats i örtrika, mossrika och lavrika (jämför Nilsson, 1895). De starkt örtrika typerna kan här bortses från, enär markprofilutbildningen i dessa som förut framhållits förlöper på ett annat sätt än i de råhumusbildande typerna. De skogstyper, som inbegripas under benämningarna mossrika och lavrika ha av flera forskare gjorts till föremål för olika uppdelningar. Cajander (1913) har sålunda indelat de nämnda huvudslagen i fyra grupper: *Oxalis-Majanthemum*typen, *Myrtillus*typen, *Vaccinium*typen och *Calluna*typen, allt eftersom undervegetationen företrädesvis karakteriseras av *Oxalis acetosella* och *Majanthemum bifolium* eller blåbärsris, lingonris eller ljung och lavar. *Calluna*typen motsvarar närmast tallhedarna. Dessa ha i Norrland oftast en undervegetation bestående av en lavmatta med ljungfläckar. I Dalarna har av Andersson och Hesselman (1908, sid. 54) urskilts en särskild undertyp av tallheden, som är mycket ljungrik men relativt fattig på lavar. Ytterligare en typ har beskrivits av Samuelsson (1917, sid. 52), nämligen blåbärsrik tallhed, som enligt hans uppgifter är vanlig i norra Dalarnas övre skogsregion, och från nordligaste Norrland har Sylvén (1916, sid. 225) beskrivit en liknande tallhed.

Den egenskap, som närmast kommer i fråga för en viss skogstyps inverkan på podsoleringen, är arten och mäktigheten av det humuslager, som i dem alstras. Humustäckets (och markens) fuktighetsgrad är emellertid även av största betydelse. Fuktigheten i humustäcket reglerar de biologiska processer som förmedla växtavfallets omsättning och därvid ge upphov till de vid vittringen verksamma agensen. Inom en viss gräns gynnas dessa biologiska processer av ökad fuktighet; över denna gräns hämmas de åter på grund av minskat lufttillträde så att ett slags torvbildning inträder. Vid detta stadium får humuslagret ökad mäktighet, varigenom större kvantiteter råvaror för produktion av humussyror uppstå. Samtidigt få antagligen de till en del hämmade humifieringsprocesserna just ett sådant förlopp, att sura kroppar av komplicerad sammansättning, som förut blott varit mellanprodukter i processen, i ökad omfattning uppstå. Då olika skogstyper skilja sig från varandra mycket, ej blott i fråga om humuslagrets mäktighet och allmänna habitus utan även beträffande dess fuktighetsgrad, kan man vänta sig stora olikheter i respektive skogstypers podsolerande förmåga.

I *Oxalis-Majanthemum*typen, som i Norrland vanligen är tämligen *Myrtillus*rik, är den 5—7 cm mäktiga råhumusen i regel ej så utpräglad

utan står i viss mån på gränsen mot mullartade humusformer. I den mån blåbärrisets frekvens i *Oxalis*associationen tilltager, blir dock humustäckets mäktigare och får mera utpräglade råhumusegenskaper. *Oxalis*-typen är sålunda ur humus-synpunkt mera en övergångstyp.

Mest utpräglad råhumus uppkommer utan tvivel i *Myrtillus*-typen (se H e s s e l m a n, 1911). I allmänhet är humuslagret i denna från 5 till 12 cm mäktigt, varvid 1 à 2 cm utgöras av förna och resten av en seg och hopfildad råhumus. *Myrtillustypen* (se fig. 1) som dock även är ganska rik på lingonris, särskilt omkring träd och stubbar, är de norrländska granskogarnas vanligaste utbildningsfacies, och härskar å ofantliga arealer. Typen innesluter åtskilliga i avseende på humustäckets egenskaper olikartade undertyper, vilket har ådagalagts av H e s s e l m a n s (1917 b) undersökningar angående råhumusens olika sätt att omvandlas på hyggen.

I Dalarne, Värmland och södra Norrland träda ofta risen i *Myrtillus*-typen tillbaka på grund av beståndens större täthet. Det uppstår då en risfattig, mossrik barrskog. Denna utbildar dock ett även i jämförelse med samma traktens övriga skogstyper ganska mäktigt (4—10 cm) och relativt fuktigt råhumustäcke, som visserligen är av skogligt sett företrädesvis gynnsamma egenskaper, men som dock förmår åstadkomma kraftig podsolering. Den beskrivna skogstypen bildar ofta en övergång till *Oxalistentypen*.

*Vaccinium*typen alstrar ett merendels något mindre mäktigt och framförallt torrare råhumustäcke. Sålunda bestod humuslagret i normala *Vaccinium*associationer å sandterrasser vid Indalsälvens mynning av cirka 1,5 cm förna och 3,5 cm ganska torr råhumus. En mäktighet av 4—6 cm hos hela humuslagret torde kunna anses normalt i *Vaccinium*typen, som oftast är utbildad i tallskogar, där beskuggningen ej såsom i granskogen hindrar humustäckets uttorkning. I Värmland, Dalarne och södra Norrland blir *Vaccinium*typen liksom *Myrtillustypen* mindre tydligt utbildad och övergår gärna i mossrika, men mera risfattiga skogar, stundom med inblandade lavar. De skiljas från motsvarande samhällen, framgångna ur *Myrtillustypen* genom sin tydligt torrare och magrare karaktär.

Tallhedarna förhålla sig ur humusbildningssynpunkt mycket olika. Den ljungrika tallhedstypen i övre Dalarna är, såsom av A n d e r s s o n och H e s s e l m a n framhållits (l. c.) en ganska fuktig skogstyp med kraftig råhumusbildning. Ett humuslager av 5—8 cm:s mäktighet, bestående till allra största delen av en seg, hopfildad råhumus, är normalt för denna skogstyp. Den motsvarar och ersätter i övre Dalarna *Myrtillustypen*. Ofta träffas fuktiga hedar med en mäktigare råhumus, bildande en jämn övergång till de i samma trakter mycket vanliga försumpade tallskogarna. Den ljungrika tallheden finnes företrädesvis på moränmarker, vilka topo-

grafiskt och i fuktighetshänseende äro mycket lika de terränger i mellersta Norrland, där man brukar finna *Myrtillus*-granmarker. Förmodligen äro dessa ljungrika tallhedar i en ej ringa grad betingade av markens näringsfattigdom, vilken illustreras av de typiska analyserna under yta 5, kap. II. Näringsfattigdomen medger granen och blåbärsriset att blott ytterligt långsamt konkurrera bort tallen och ljungen, trots att fuktigheten är fullt tillfredsställande för granen. Om ej talrika skogsbränder hade inträffat är det dock troligt, att granen även här skulle i rätt hög grad förmått inkräkta på tallhedarna. — Att det i stort sett är näringsbrist i marken, orsakad av moränernas petrografiska beskaffenhet (de bestå huvudsakligen av de båda svärvittrade bergarterna porfyr och kvartsitsandsten) som är orsaken till de ljungrika, trögväxande tallhedarnas stora utbredning i Dalarna bestyrkes av att så fort moränen innehåller märkbara kvantiteter av åsbydiabas, växtliga granmarker av örtblandad *Myrtillustyp* uppstå ända upp på nivåer av 500 m ö. h., vilket jag varit i tillfälle att iakttaga NW om Rämmasjön och andra lokaler i Älvdalen, Dalarna.

De av Samuelsson beskrivna *Myrtillus*-rika tallhedarna i övre Dalarna har jag ej varit i tillfälle att undersöka, men väl analoga hedar från övre Lappland. Dessa hade ett råhumustäcke, som var 3—8 cm mäktigt, rätt varierande och ganska torrt. I humusbildningshänseende föreföll denna skogstyp att ganska nära överensstämma med vissa *Vaccinium*-skogar.

Den vanliga lavrika tallheden härskar som bekant ofta på torra sand- och grusmarker samt i övre Norrland, Härjedalen och Dalarna även på moränmarker. Den producerar ett mycket tunnt och tillika torrt humustäcke, i vilket man ej kan särskilja någon förna. Vanligen är det löst, smuligt, 1—2 cm mäktigt. I risfläckar, som alltid förekomma i högre eller lägre frekvens på tallhedarna, brukar det stundom vara någon cm mäktigare.

Med anledning av det ovan meddelade, borde man kunna vänta sig den starkaste podsoleringen i mossrika skogar, särskilt av *Myrtillustyp*, samt i övre Dalarnes *Callunatyp*, mindre stark i *Oxalis-Majanthemumtypen*, *Vacciniumtypen* och de nordlappländska *Myrtillus*-tallhedarna och svagast i de normala lavtallhedarna.

För att kunna bedöma den inverkan som skogstypen verkligen har på podsoleringen är det nödvändigt att söka klargöra i vad mån de olika typerna äro beständiga. Om nämligen växlingar inträffa ofta, bleve det ju fullständigt omöjligt att studera en speciell typs inverkan på markprofilen.

Allbekant för varje skogsman är, att man genom en lämplig luckhuggning kan förändra markbetäckningen till den grad, att där förut blåbärs-

riset härskat numera lingonriset eller rent av ljung- och lavvegetation trives. I ännu högre grad inverkar en skogseld. Än viktigare äro de långsamma förändringar, som betingas av konkurrensen mellan olika växtassociationer, och som långsamt kunna ombilda en skogstyp. Granens invandring har som bekant säkerligen i hög grad influerat på undervegetationens sammansättning. I fråga om sådana förändringar kunna tydligtvis utom de rent ekologiska förhållandena även klimatvariationer, historiska orsaker, som mer eller mindre undandraga sig vårt bedömande, spela in.

Enligt A 1 b. Nilssons (1895) uppfattning är i de flesta fall en skogstyp stadd i förändring mot ett visst slutled i en utvecklingsserie och således är dess nuvarande prägel huvudsakligen beroende på, huru långt förändringen hunnit fortskrida. Av en tallhed blir sålunda enligt honom i vissa fall en mossrik tallskog, av denna slutligen en granskog. Endast vissa huvuddrag i skogstypens karaktär äro bestämda på grund av det geologiska underlaget, vars viktigaste inflytande yttrar sig i en inverkan på utvecklingens hastighet.

Å andra sidan antages allmänt en viss resistens hos de olika skogstyperna. Den som gått längst i detta hänseende är väl C a j a n d e r (1913), som anser sig kunna förorda en boniteringsmetod på grundvalen av markvegetationens sammansättning. Enligt denna uppfattning är markvegetationen en funktion av vissa inre egenskaper hos marken. Mot varje mark skulle då svara en viss markvegetation, som typiskt framträder, så fort trädbeståndet nått en viss ålder och slutenhet. Varje markyta bör då ha relativt länge varit beväxt med samma markvegetation, som sålunda har haft lång tid att sätta sin prägel på profilen.

Givet är ju, att de ovan anförda skogstyperna, bortsett från av elden och människan förorsakade förändringar, ej alla ha samma resistens. Stabilast torde den mossrika granskogen av *Myrtillustyp* och vissa tallhedar vara. Däremot torde *Vaccinium*typen, som ofta representeras av mossrika tallskogar, lätt omvandlas till *Myrtillustyp* (jfr A 1 b. Nilsson, 1. c.)

Beständigast synes *Vaccinium*typen vara på sandmarker, t. ex. deltasandterrasser i de sydligare floddalarna. *Oxalis-Majanthemum*typen övergår också lätt i en *Myrtillustyp*, liksom en del tallhedar i *Vaccinium*skogar, och dessa småningom i *Myrtillusskogar*.

Det framgår av det anförda, att skogstyperna å vissa ytor kunna vara relativt resistent, medan de å andra äro underkastade en mer eller mindre snabb ombildning. Det blir då ofrånkomligt, att söka i den mån det är möjligt diskutera vegetationsutvecklingen på en markyta, där man vill studera skogstypens inverkan på profilen.

C. Markprofilens utveckling i olika skogstyper.

För att få en uppfattning angående de olika skogstypernas inverkan på markprofilens utveckling har jag företagit jämförande undersökningar i olika skogstyper på flere olika nivåer över havet i de förut nämnda trakterna vid Norrlandskusten. Härigenom ha således markytor med en viss, approximativt känd ålder kunnat studeras.

De skogstyper, som förekomma i själva kustzonen äro *Oxal*istypen, *Myrtill*ustypen, *Vaccinium*typen och *Calluna*typen. Härtill komma försumpade skogar, som i detta sammanhang kunna förbigås. Allteftersom markytorna höjt sig över havet, har kolonisationsvegetationen småningom övergått till någon av de nämnda skogstyperna. Vad som härvid varit bestämmande för uppkomsten av en viss typ, förefaller mestadels ha varit markens finkornighet och dräneringsförhållandena. Som ovan visats, kan man stundom redan hos de mycket lågt belägna ytorna spåra tendens till uppkomst av bestämda skogstyper. Å en nivå av tre m ö. h. har i allmänhet markvegetationen blivit normal och kan lätt hänföras till en väl-definierad typ.

Den starkast råhumusproducerande markvegetationen, *Myrtill*ustypen, tilldrar sig först intresset. Ett belysande exempel på *Myrtill*us- och *Oxal*istypernas inverkan på markprofilen erbjöd en plan mjälterrass (delta-yta) intill Ljustorpsåns utlopp i Indalsälven, 3 km NNO om Bergefors, 3—4 m över havets yta (d. 24. 7. 1914). Markens ålder är 300—400 år.

Terrassen är bevuxen med en synnerligen snabbväxande granskog, med något inblandad tall. I snårskiktet förekommer gråal och en. Markvegetationen är å en del av ytan av utpräglad *Myrtill*ustyp, å en vidliggande del av *Oxal*istyp. Den illustreras av följande anteckningar:

1. *Myrtillus*associationen:

Myrtillus nigra, ymn.
Vaccinium vitis idæa, rikl.
Linnæa borealis, str.
Trientalis europea, str.
Phegopteris dryopteris, str.
Pyrola secunda, spr.
Melampyrum pratense, spr.
Festuca ovina, spr.
Rubus arcticus, spr.
Lycopodium annotinum, spr.
Luzula pilosa, enst.
Polytrichum commune, rikl.
Hylocomium proliferum, rikl.
Hylocomium parietinum, str.

2. *Oxalis*associationen:

Phegopteris dryopteris, ymn.
Vaccinium vitis idæa, rikl.
Myrtillus nigra, str.
Majanthemum bifolium, str.
Linnæa borealis, str.
Luzula pilosa, str.
Oxalis acetosella, str.
Lycopodium annotinum, spr.
Polytrichum commune, str.
Hylocomium proliferum, str.
Hylocomium parietinum, str.
Hypnum crista castrensis, str.

I *Myrtillus*associationen finnes ett i medeltal (av tio profiler) 6 cm mäktigt humuslager, varav 1,6 cm förna och 4,4 cm råhumus. Blekjorden är i medeltal 2,4 cm (mf 0,17), rostjorden 4—10 cm mäktig. Blekjorden är rätt utpräglad och fullt tydlig, rostjorden däremot stundom mindre tydlig. I *Oxalis*associationen är humuslagret i medeltal (av fem profiler) 7 cm mäktigt och nedåt tydligt mullartat. Blekjorden är här otydlig och i medeltal 1,7 cm (mf 0,2) mäktig. Rostjorden var omkring 5 cm och mycket otydlig.

Det vill av den undersökta ytan synas, att podsoleringen skrider fortare fram i *Myrtillus*associationen än i *Oxalis*associationen. Det förefaller mycket sannolikt att *Myrtillus*associationen på den nämnda ytan utvecklats sig ur en *Oxalis*association, som i sin tur direkt efterträtt den första kolonisationsvegetationen. Markens ålder kan uppskattas till 300—400 år. *Myrtillustypen* kan sålunda ej ha härskat i mera än högst ett par hundra år. Skogsbrand har sannolikt ej förekommit å ytan. Denna ligger på en halvö, som på tre sidor är omgiven av vatten, vilket bör vara ägnat att skydda terrängen för skogsbrand, såvida denna ej uppkommer på densamma.

En annan yta av utpräglad *Myrtillustyp*, belägen på ett terrassplan helt nära det föregående på en höjd av 6—7 m över havet, är i detalj beskriven, se kap. 11:A, yta 12. Podsoleringen är här betydligt mer framskriden med 2,9 (mf 0,13) cm:s blekjord av ungefär samma utseende som gammal, normal blekjord. Analyserna visa också, att de olika skikten kemiskt äro i nästan lika hög grad omvandlade som i de äldre, analyserade profilerna. Då markens ålder kan uppskattas till omkring 600 år, bör den nuvarande vegetationen ha funnits i högst 500 år.

På en yta å samma terrass, samma nivå, är sanden något grövre. Här finnes tallgranblandskog med markvegetation av *Vaccinium*typ. Humuslagret är här 6,5 cm., varav 2 cm förna och 4,5 cm råhumus. Blekjorden är märkbart mindre mäktig, 2,4 cm (mf 0,24) och förefaller ej så utpräglad.

Som regel visade det sig på deltaterrasserna vid Indalsälvens mynning, att *Myrtillustypen* (och stundom *Oxalistypen*) finnas där sanden är fin och mjälhaltig, *Vaccinium*- och *lavljung*typen där sanden är grövre och följaktligen torrare. Detta är mycket påfallande; det överensstämmer för övrigt med de av C a j a n d e r (1913, sid. 142—143) studerade förhållandena i Evo, Finland. Topografien är överallt fullständigt plan, varför dess inflytande är alldeles eliminerat. Då någon kemisk olikhet i sandens beskaffenhet ej kan förutsättas, är det ju helt naturligt, att det uteslutande är materialets kornstorlek, som bestämmer näringstillgång och fuktighet och i följd härav skogstypen. Detta förhållande synes emellertid berättiga det antagandet, att inom det lilla begränsade området skogs-

typerna varit relativt stabila och de olika lokalerna följaktligen lämpade att illustrera skogstypens inverkan på marken.

En tämligen vidsträckt terräng av synnerligen utpräglad *Vaccinium*typ intill gården Lövudden alldeles intill Indalsälvens mynning, på fastlandet intill deltat, studerades noggrant. Terrassplan med likformig, medelkor-

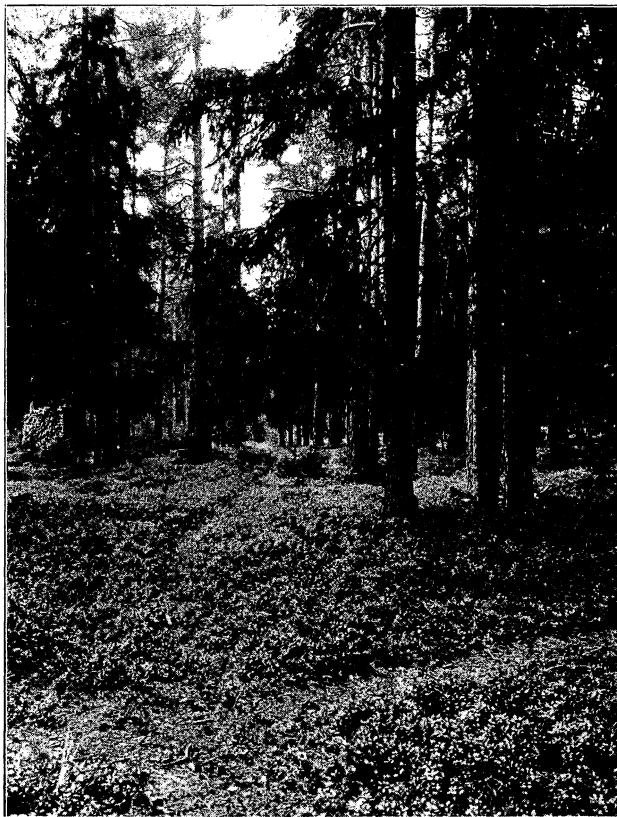


Foto av förf.

Fig. 10. Skog av utpräglad *Vaccinium*typ å deltasand, 3—4 m ö. h., Lövudden, Timrå s:n, Mpd. — (Wald von *Vaccinium*typus 3—4 m ü/M. Timrå, Medelpad.)

nig sand funnos här på flere olika nivåer. De olika planen skildes från varandra av markerade terrasshak, bortsett från dessa var hela terrängen alldeles flack.

Skogen är en ganska växtlig, genom avverkning något utglesad tallskog med en ej obetydlig graninblandning. Dess utseende framgår ungefärligen av fig. 10. Beståndet företer, så vitt jag kunde iakttaga, inga spår efter skogsbrand; det må även framhållas, att granen å olika terrassplan förekom-

mer i betydligt olika frekvens, vilket antydde olika stadier i det nämnda trädslagets inträngande i tallmarken. Huruvida i längre avlägsna tider någon skogseld eller traktavverkning gått fram över terrängen är omöjligt att bedöma. Om en skogseld relativt nyligen hade övergått området borde granens inträngande hunnit lika långt på de mycket likformiga ytorna, men så är ej fallet. Det skall dock ej förnekas, att dessa olikheter också kunna tänkas bero på helt andra orsaker.

Markvegetationen är merendels typisk för en *Vaccinium*-association och illustreras av följande anteckning:

Vaccinium vitis idæa, ymn.
Myrtillus nigra, str.
Linnæa borealis, str.
Empetrum nigrum, str.
Melampyrum pratense, spr.
Aira flexuosa, spr.
Hylocomium parietinum, ymn.
Hylocomium proliferum, ymn.
Dicranum sp., spr.

Å somliga fläckar visade markvegetationen en övergång till lavrika associationer. Från en sådan antecknades:

Vaccinium vitis idæa, rikl.
Arctostaphylos uva ursi, str.
Hylocomium parietinum, str.
Cladina rangiferina och *silvatica*, rikl.

Å det högsta terrassplanet finnas mycket stora luckor i skogen, som här består av gammal vacker tall och ganska växtlig ungran. I dessa större luckor finnas verkliga lavassociationer, karakteriserade av:

Calluna vulgaris, rikl.
Empetrum nigrum, str.
Vaccinium vitis idæa, str.
Arctostaphylos uva ursi, str.
Cladina rangiferina, *silvatica* och *alpestris*, ymn.
Cetraria islandica, str.
Peltigera aptosa, str.

Tre markerade terrassplan undersöktes. Det lägsta ligger 3,5—4 m ö. h. (den 18. 7. 1914), ålder 300—400 år, det andra 10,5—11 m ö. h. (den 19. 7. 1914), ålder omkr. 1,000 år, det tredje 17—18 m ö. h. (den 19. 7. 1914), ålder omkring 1,500 år.

Å den lägsta ytan är förnans medelmäktighet i tio sinsemellan mycket likformiga profiler 1,5 cm, råhumusens 3,5 cm och blekjordens 2,4 cm (mf 0,16). Rostjorden är knappast möjlig att skilja från den normalt limonitpigmenterade underlagssanden. I fem profiler inom lavfläckar är humuslagrets totala mäktighet 1,8 cm; blekjordens 0,8 (mf 0,12). Blekjorden är ej alls så utpräglad som å äldre normala ytor.

Å den andra terrassen är förnan i medeltal av femton profiler 2,6 cm, råhumusen 3,2 cm, blekjorden 3,2 cm (mf 0,24). Rostjorden är även här svår att skilja från underlaget; den synes vara 5—10 cm mäktig. Blekjorden är i åtskilliga profiler ganska svagt utpräglad, den är dock något lättare ur-

skiljbar än å den lägre terrassen. Tavl. 1 b ger en föreställning om markprofilen å denna terrass.

Å den högsta terrassen är förnan i medeltal av femton profiler 2,5 cm mäktig. Råhumusen 3,5 cm och blekjorden, som här är än mera tydlig 4,3 cm (mf 0,36). Rostjorden är fortfarande svår att skilja från det gulaktiga underlaget; den torde i allmänhet vara minst 10 cm. I fläckar med lavassociationer är humuslagret i medeltal av 15 profiler 2,6 cm, blekjorden 1,8 cm (mf 0,36). I *Vaccinium-Hylocomium*fläckar omkring träden å samma fläckar är humuslagrets medelmäktighet (sex profiler) 5,2 cm och blekjordens 3,3 cm (mf 0,4). Rostjorden är som vanligt överallt svår att urskilja; den är i allmänhet minst 5 cm mäktig.

Då tydligen marken, som är en mäktig medelgrov, vältränerad och därför ganska torr sand, är lämpad för att bli bevuxen med *Vaccinium*association eller ännu torrare associationer och det trots en ej obetydlig inblandning av beskuggande gran i bestånden, torde man på goda grunder kunna anse, att det är *Vaccinium*typen, som satt sin prägel på markprofilen. Lavassociationerna måste ha verkat svagare podsolerande än *Vaccinium*associationerna. Det första kolonisationssamhället torde ej kunnat förorsaka någon märkbar podsolerung.

Ett tilltagande av podsoleringsgraden med ökad höjd över havet och i följd därav högre ålder hos marken låter sig mycket väl märka å den studerade *Vaccinium*mytan. Profilen (se tavl. 1 b) skiljer sig i flera avseenden från typiska podsolprofiler i *Myrtillus*associationer, även å marker av rätt låg ålder, såsom yta 12 (se kap. 11). Blekjorden har ej en så utpräglad askvit färg i de beskrivna *Vaccinium*-profilerna och synes ej fullt så skarpt avgränsad vare sig mot humus eller rostjord som i *Myrtillus*profiler. Rostjorden är mycket olika. Kolloiderna synas i *Vaccinium*-marken ej avsätta sig i ett väl avgränsat rostjordsskikt, utan de sprida sig i vertikal led inom ett större område. På grund härav försvinner nästan skillnaden mellan rostjord och underlag åtminstone i unga profiler. Av intresse är att en fullt tydlig skillnad i podsoleringsgrad kan iakttagas mellan mossfläckar och lavfläckar i lika gamla ytor. Detta stämmer med förhållandena på de unga erosionsterrasserna i Ragunda, vilka ovan beskrivits.

Vid markprofilstudier i lavrika tallhedar på låga nivåer mötes man ofta av stora svårigheter. Torra sandplan nära havskusten ha nämligen mycket ofta varit utsatta för sandflykt. Detta var t. ex. förhållandet med Vargön i Piteå skärgård, en till större delen med tallhed beväxt sandholme. Här är podsolerungen överallt mycket svag, ofta omärklig, men terrängen är vågig, bildande mer eller mindre utpräglade dyner.

Klarare profilmförhållanden visade stora delar av den vidsträckta Pit-holmsheden. Jag har besökt delar av denna utmed landsvägen Munk-sund—Pitsund. Heden utbreder sig här på ett vidsträckt terrassplan, 23—25 m över havet.

Terrängen är plan på de undersökta lokalerna, utan vågor eller dyner, antydande gammal sandflykt. Beståndet är ett tämligen glest restbestånd av tallar. Att döma av gamla stubbar har det tidigare varit en ganska tät tallhed. God föryngring finnes i större luckor. Några brandljud eller kolade stubbar funnos ej, varför det ser ut som om heden på den undersökta platsen ej brunnit under alltför sen tid. Heden är så gott som alldeles fri från gran. Markvegetationen illustreras av följande anteckning:

Calluna vulgaris, bildar tämligen tunnsådda fläckar.

Empetrum nigrum, bildar fåtaliga fläckar.

Arctostaphylos uva ursi, bildar enstaka fläckar.

Vaccinium vitis idæa, spr.

Cladina silvatica, *rangiferina* och *alpestris*, ymn.

Mossor saknas praktiskt taget.

Råhumustäckets är tunnt, smuligt och cirka 1—2 cm mäktigt.

Blekjorden är 1—3 cm mäktig, i medeltal 2 cm. Den är något obestämt avgränsad nedåt, påminnande om blekjorden, tabl. 1 b. Rostjorden är omöjlig att säkert skilja från den grågula, medelgrova sand, som utgör underlaget.

Då de flesta plana sandytor i Piteåtrakten, vilka ej stå under inflytande av grundvatten från angränsande marker o. d., äro bevuxna med genuina lav-tallhedar, där granen och mossorna synbarligen endast med stor svårighet förmå intränga, kan man med sannolikhet sluta, att det på Pitholmsheden alltid härskat lavvegetation efter den första koloniseringen. Profilen kan då anses vara uppkommen endast genom påverkan av den lavrika skogstypen.

Tallhedar av liknande typ med mycket svag podsolering har iakttagits vid Böle, nära Piteälvs mynning i den inre Pitfjärden, på en nivå av omkring 20 m över havet.

På grundvalen av granskningen av de anförda ytorna, som alla äro hämtade från väldefinierade skogstyper, och vilka man kan antaga verkligen äro präglade av de skogstyper, som nu beklåda dem, torde man kunna sluta, att olika skogstyper äga ett väsentligt olika podsolerande inflytande, vilket sammanhänger med egenskaperna hos det råhumustäcke, som de producera. Likartade slutsatser kunde förut dragas av undersökningarna å de mycket unga markytorna, fastän dessa vanligen ej framvisade fullt bestämda skogstyper. Starkast podsolerande verkar *Myrtillus*associationen, som också bildar den mest utpräglade råhumusen. *Oxal*istypen podsolerar märkbart svagare. Allra svagast podsolerar en typisk lavrik tallhed. Den bildar ett helt tunnt blekjordlager, som ej synes på samma sätt skarpt avgränsat från rostjorden och humuslagret som *Myrtillus*-blekjorden. Rostjorden i lavheden är svagt färgad och går knappast att särskilja från det limonitpigmenterade underlaget. *Vaccinium*-profilen står i alla avseenden emellan *Myrtillus*profilen och lavhedsprofilen. Även här är rostjorden ofta svår att avgränsa från underlaget. Profilens sätt att utbildas i naturen motsvarar sålunda fullstän-

digt vad man med kännedom om de olika skogssamhällenas råhumusproducerande förmåga skulle vara böjd för att antaga. En undersökning av ytterligare ett antal markytor av ej alltför hög ålder har bestyrkt denna sak.

Marker utmed kusten på så låga nivåer, att åldern är under 2—3,000 år, alltså under omkring 40 meter över havet, visa en mycket stor variation i podsoleringsgrad och profilens allmänna utbildning. Detta är synnerligen slående vid jämförelse med äldre marker, där profilen i mossrika skogstyper i det stora hela är mycket likformigt utbildad. Alltid finner man på de unga nivåerna den starkaste podsoleringen i skogar av *Myrtillustyp*. På Indalsälvens deltaterrasser har skogen stundom varit föremål för planlösa avverkningar, varefter uppstått en alldeles vanvårdad och gles ungskog. Markvegetationen i dessa bestånd syntes närmast beroende av ljustillgången. Fläckar med blåbärsris omväxlade sålunda med både lingon- och lavfläckar. Emellertid antydde avlagringens finhet jämte befintliga *Myrtillus*fläckar, att ytan innan avverkningen varit bevuxen av *Myrtillustyp*. Podsoleringen är här relativt stark med 4—5 cm:s utpräglad, askvit blekjord och 10—15 cm:s starkt färgad rostjord. Man finner att fin, mjälhaltig sand här genomgående är starkare podsolerad än den grövre sanden, vilket är alldeles motsatt vad man skulle vänta sig med anledning av förhållandena i Danmark enligt P. E. Müller. Saken får emellertid sin enkla förklaring därigenom att en fuktigare avlagring predisponerar till en starkt podsolerande vegetation.

Mycket arbete har nedlagts på att söka utfinna om vid någon viss nivå över havet blekjordens mäktighet blir ungefär normal och lika stor som å äldre marker, d. v. s. i full överensstämmelse med den i inledningen beskrivna profilen. Härvid borde man söka ut de starkast podsolerade ytorna för varje nivå från havets yta allt högre upp. I praktiken är saken ej lätt, då man måste inskränka sig till plana, likformiga ytor. I trakten omkring Indalsälvens mynning ha *Myrtillus*-ytor undersökts på 3—4, 6—7, 11, 13, 15, 21, 30, 33, 38, 55—60 och 270 m över havet. Den sistnämnda ytan är belägen å berget Bykullen, cirka 15 km från kusten. Marken är en plan moränplatå över marina gränsen. Egendomligt nog är markvegetationen ej ren *Myrtillustyp* utan en övergång till *Oxal*stypen: *Oxalis acetosella* och *Hylocomium triquetrum* funnos sålunda inblandade i markvegetationen och råhumusen var nedåt ganska mullartad. Podsoleringen är emellertid tämligen stark med 4—5 cm:s askvit blekjord och 15—20 cm:s väl utpräglad rostjord.

Redan vid en nivå av 15—20 meter över havet finner man å terrasser profiler med i genomsnitt 4—5 cm:s askvit blekjord och 5—10 cm:s klart rostfärgad rostjord. Ovan denna nivå är det svårt att med bestämdhet

kunna konstatera ett tilltagande av podsoleringsgraden. Ytor från äldre terrasser i Ragundadalen å en nivå av 140—150 m ö. h. visa sålunda en ungefär lika stark podsolerung (jfr yta 13). Även må nämnas en noga undersökt mjälterrass av utpräglad *Myrtillustyp* nära Gerilåns mynning i Indalsälven, Ragunda, som visade i genomsnitt 5 cm mäktig, askvit blekjord och 7 cm:s rostjord. Vid jämförelse mellan kustområdet och marker belägna väsentligt längre in i landet får man dock taga med i räkningen, att klimatet därstädes bl. a. till följd av höjden över havet möjligen är något gynnsammare för podsolerung.

Även vid Västerbottenskusten har jag försökt finna den lägsta nivå på vilken podsolerungen ter sig ungefär likartad med den å äldre marker.

Å en terrass av fin älvсанд å en höjd ö. h. av ungefär 15 m nära gamla bruket vid Hörnefors finnes en vacker ung barrblandskog av utpräglad *Myrtillustyp* med 5—8 cm:s råhumus inklusive förna, en askvit blekjord av 5—10 cm:s mäktighet, underlagrad av 10 cm utpräglad, röd rostjord. — En morän-yta av *Myrtillustyp* vid Norrmjöleån å 15—20 meter över havet visar 7—8 cm skarpt utpräglad blekjord och 10—20 cm rostjord. Å en moränrygg från samma plats å 20—25 m ö. h. förefinnes lokalt ända till 20 cm mäktig blekjord.

Podsolerungen var sålunda ganska stark å vissa lågt belägna ytor i Västerbotten. Den normala *Myrtillus* podsolerungen å höga nivåer i denna landsdel illustreras av yta 2 med omkring 11 cm:s blekjord. Denna mäktighet har jag funnit typisk för ett flertal lokaler i Västerbotten. Skillnaden mellan dessa marker och de anförda å 15—20 meter ö. h. belägna är sålunda högst obetydlig.

Vid Norrbottenskusten i Piteåtrakten kunna starkt podsolerade profiler i sällsynta fall träffas redan vid 10—15 m ö. h. Det vore helt naturligt om nivån för skenbart normal podsolerung låge lägre här än i södra Västerbotten, enär landhöjningen här försiggått något långsammare och väl även klimatet mera gynnar podsolprocessen. Den normala *Myrtillus* podsolerungen å gamla marker är här stark med omkring 12—15 cm:s blekjord, se kap. 7 och 11.

Intressant är, att en tydlig tendens till starkare podsolerung synes göra sig gällande vid Västerbottens- och Norrbottenskusten jämfört med trakten omkring Indalsälvens mynning. Denna tendens torde kunna tillskrivas klimatets inflytande, enär vegetationen och topografien å jämförda ytor varit likartade.

Ehuru omsorgsfulla rekognosceringar gjorts i alla de här nämnda kusttrakterna utan att någon skenbart normal granskogs podsolerung å lägre nivå än de kända kunnat finnas, får dock ej förglömmas, att svårigheterna på grund av skogstypernas växlingar och andra faktorer äro stora. Det får därför ej anses uteslutet, att framtida observationer kunna ådaga-

lägga, att till synes normal granskogspodsolering kan förekomma på något lägre nivåer.

Femtonmetersnivån får tillsvidare anses som en gränsnivå över vilken man kan träffa podsolprofiler av alldeles normalt utseende, medan under densamma de ännu ej hunnit utvecklas till samma podsoleringsgrad, som man i samma trakter träffar på högre nivåer. Detta är liktydigt med att normal blekjord och rostjord behöva minst 1000—1500 år för att uppkomma. Podsolprocessen är alltså en mycket långsam process, även när den förlöper under så gynnsamma betingelser som i en Myrtillusassociation med tämligen mäktig råhumus. Måhända är processen vid kusten ej fullt så intensiv som längre in i landet på höga nivåer i de äldre granskogar med mera utpräglad råhumus, som där finnas. Å andra sidan finnas många granskogar i Värmland och Bergslagen med en gynnsam, ej så utpräglad råhumus, vilka trots detta utvisa en mycket hög podsoleringsgrad. Att döma av detta skulle processens intensitet mången gång kunna vara lika stor i sådana trakter, där humusformerna genomgående äro av gynnsammare beskaffenhet som i trakter med mera utpräglad och sammanfiltad råhumus. Man kan sålunda antaga, att den normala podsoleringen i en Myrtillusassociation behöver minst cirka tusen år för att uppkomma. I alla andra skogstyper (utom de försumpade) förlöper processen långsammare.

Medan *Myrtillus*associationerna och den starka podsoleringen synas vara intimt förbundna, finnas många exempel på att *Vaccinium*associationer växa å svagare podsolerade ytor. Vid Medelpadskusten ha skogsmarker med *Vaccinium*-association undersökts på 3—4, 6—7, 8—9, 10—11, 17—18, 56—60 och 150 meter över havet. Vid södra Västerbottenskusten å 4—10, 20, 22 m. Vid Klabböle intill Umeälv å 7—8, 8—9, 35—40 m. ö. h.

Det är i fråga om *Vaccinium*ytor omöjligt att i likhet med *Myrtillus*ytorna fastställa någon nivå, där podsoleringen antar en normalkaraktär. Man kan nämligen aldrig vara säker, att ej i något stadium av markens utveckling den varit beväxt med *Myrtillus*association, vilket givetvis måste ha framkallat ökad podsolering. Ju äldre en markyta är, desto större utsikter förefinnas för att den skall ha genomgått ett eller flera sådana stadier. — På de låga nivåer, som här speciellt undersökts, återfinner man synnerligen ofta de profiltyper, som ovan beskrivits såsom karaktäristiska för *Vaccinium*-typen. Sällan har profilen här *Myrtillus*karaktär i en *Vaccinium*association. Däremot inträffar, att ytor, där man på grund av materialets mjäligen beskaffenhet möjligen skulle ha väntat *Myrtillus*profil finner en *Vaccinium*association med mycket svag podsolering.

Som exempel kan nämnas en delaterrass 8—10 m ö. h. nära färjstället ungefär 1 km norr om Bergebom vid Indalsälvens mynning. Orsaken föreföll här vara den, att den närbelägna branta slänten mot älven kraftigt dränerade marken, som i ytan var mjällig men djupare ned bestod av grov sand. Den blev härigenom torrare, än som är vanligt beträffande normala mjälmarker. Även är det ej ovanligt att träffa *Myrtillus*associationer med i förhållande till nivån ö. h. svagt podsolerad profil. Det förefaller då sannolikt, att en sådan association relativt sent utvecklats sig ur en *Vaccinium*association, varföre den ännu ej hunnit att sätta sin prägel på marken. Det är också troligt att en *Myrtillus*association å dylik mark har ett något torrare humustäcke än vad som normalt plägar vara fallet och därför verkar svagare podsolerande än i vanliga fall.

Av stort intresse är, att å samma terrassplan med likformig sand kunna finnas ytor med *Myrtillus*association och stark podsolerung bredvid ytor med *Vaccinium*typ med svagare. Ett sådant fall från 6—7 meterterrassen vid Ljustorpsåns utlopp i Indalsälven har ovan omtalats. Ett belysande exempel från området nära Bergebom må här anföras:

Å en terrass vid älvstranden å cirka 10 m ö. h. växte en granblandad tallskog, i huvudsak av *Vaccinium* typ. Här och där funnos fläckar av *Myrtillustyp*. I dessa var podsolerungen märkbart starkare än å den övriga terrassen. Denna begränsades av en brant slänt mot Indalsälven. Inom ett bälte av 30—40 m närmast slänten var råhumusen uppblandad med äoliskt stoft, som blåst upp från denna, som här nyligen eroderats av älven. Inom detta bälte fanns en utpräglad *Myrtillus*association, som säkerligen funnit trevnad genom den tillförsel av mineralisk näring, som med stoftet tillförts. Denna association var här sålunda tydligt sekundär och av ganska ung ålder. Någon skillnad i podsolerung jämfört med terrassen i övrigt kunde ej på detta ställe förmärkas.

Ett annat exempel från omgivningarna av torpet Stordalen, 10 km väster om Bergefors på Indalsälvens norra strand å omkring 55—60 m:s höjd ö. h. må nämnas.

Å en sandterrass finns en starkt blådad barrblandskog av *Myrtillustyp*. Här och var funnos emellertid mindre områden, där markvegetationen var en *Vaccinium*association, inströdd med lavfläckar. I *Myrtillus*områdena var markprofilen starkast podsolerad med 6 cm:s (medelfel 0,8 cm) blekjord samt väl utpräglad rostjord, i de andra associationerna var profilen betydligt svagare podsolerad, svagast i lavfläckarna. Blekjorden var 2,9 (0,3) cm mäktig i *Vaccinium*myrtorna. En närmare undersökning visade, att sanden var grövre i *Vaccinium*- och lavfläckarna än i *Myrtillus*området.

Alla dessa exempel visa tydligt hän på en svagare podsolerung i *Vaccinium*typen än i *Myrtillustypen*. De ge dessutom ett visst stöd för Cajanders åsikt, att en viss skogstyp svarar mot varje mark och särskilt är beroende av densammas finkornighet. Emellertid finnas även likfor-

miga, finsandiga terrasser å 15—25 meters höjd över havet i trakten av Bergefors, där ingen som helst skillnad i profilen kan upptäckas i *Myrtillus*-, *Vaccinium*- och lavfläckar, vilka här alternera. Skogsbestånden äro merendels luckiga, vanvårdade ungskogar, uppkomna efter intensiv men planlös avverkning, och markvegetationen bestämmes uppenbarligen i första hand av ljusställningen.

Det förefaller sålunda, som om man i en undersökning av podsoleringsgraden helst i förening med en granskning av materialets kornstorlek å unga, plana marktytor har en viss möjlighet att bedöma om markvegetationen är av mera tillfällig karaktär, eller om den verkliga i Cajanders mening är av den typ, som motsvarar markens inre egenskaper. Man kan i det senare fallet föreställa sig, att t. ex. efter en hård skogsbrand eller en avverkning utan omedelbart åstadkommen föryngring vissa grovsandigare delar av en i övrigt likformig yta längre bibehålla först lavvegetation och sedan *Vaccinium*vegetation, innan de övergå till *Myrtillus*association, än ytans övriga delar. Detta upprepas i samma ordning efter en ny brand eller avverkning. Härvid blir smånigom resultatet en märkbart svagare podsolering i de grovsandigare fläckarna, som tillika ofta visa sig beväxta med *Vaccinium*- eller lavassociationer.

Stort intresse tilldraga sig profilförhållandena i de lavrika tallhedarna. Redan på erosionsterrasserna i Ragunda kunde visas, att blekjorden i lavytorna var märkbart svagare utvecklade än i mossfläckarna. Att podsoleringen i lavhedarna går mycket långsamt bevisas av den typiska lokalen från Pitholmsheden. Även framgår av undersökningarna å terrasserna omkring Indalsälvens mynning, att där lavfläckar förekomma i *Vaccinium*tytor, podsoleringen ofta är mycket svagare än å dessa.

Ytterligare några belysande exempel på den ytterst långsamt förlöpande podsoleringen i lavassociationer må anföras från Medelpadskusten.

En synnerligen typisk tallhed, sannolikt en gång uppkommen efter skogsbrand, omkring 30 m ö. h. nära Vivsta varv, se fig. II, visade en mycket svag podsolering. I lavytorna var blekjorden i allmänhet 1 cm mäktig och varierade mellan 0,5 och 2 cm. I ris- och mossfläckar är den något mäktigare, i allmänhet omkring 2 cm. Rostjorden var städse mycket obestämd och svår att skilja från det limonitpigmenterade underlaget. Podsoleringen var svagare än å Pitholmsheden och syntes ej vara mycket starkare än å erosionsterrasserna i Ragunda.

Alla de anförda exemplen torde vid jämförelse med varandra visa, att podsoleringen, särskilt blekjordsbildningen, går ytterst sakta i lavrika tallhedar. Av betydelse är att det stundom å unga marktytor låter sig påvisas, att *podsoleringen är starkare i moss- och risfläckar än i lavytor*.

Detta är i analogi med förhållandena i åtskilliga *Myrtillus*- och *Vaccinium*-ytor, som ovan beskrivits. Liksom i fråga om dessa, inträffar det även på mycket unga ytor, att dylika skillnader ej alls kunna spåras. Så var t. ex. förhållandet på den ovan beskrivna 2-metersytan å Skepps-

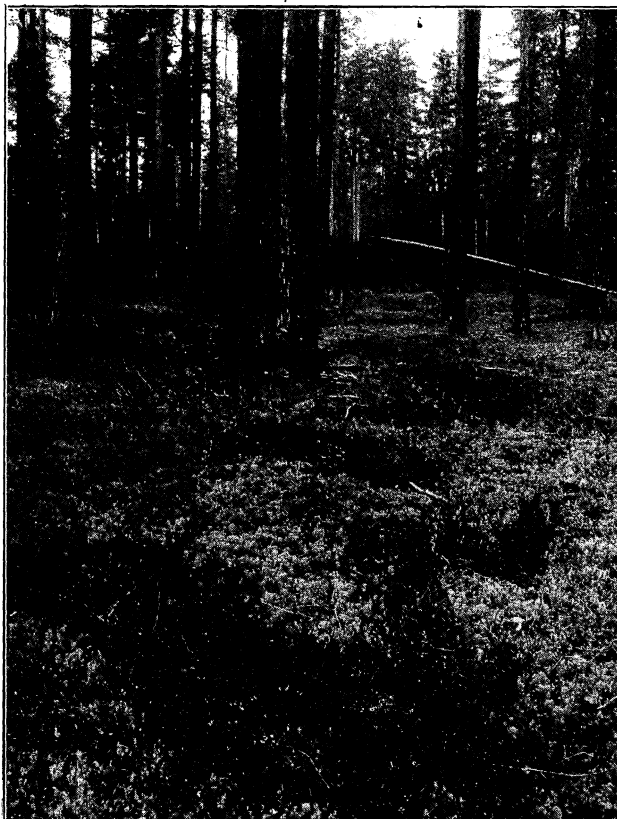


Foto av förf.

Fig. 11. Tallhed med mycket svag podsolering, omkr. 33 m ö. h., nära Vivsta Varv, Mpd. Mäktigare blekjord i risfläckar än lavfläckar. — (Kiefernheide mit sehr schwacher Podsolierung, etwa 33 m über der Meeresfläche, Vivsta Varv, Medelpad. Die Bleicherde ist mächtiger in Flecken mit Zwergsträuchern als unter der reinen Flechtendecke.)

holmen, Medelpad, där lavfläckar här och var funnos. Skogsbeståndet var emellertid en lyckig granskog, och lavfläckarna hade med all sannolikhet uppkommit efter en planlös avverkning.

De ofrånkomliga skillnader i podsoleringsgrad, som stundom förekomma

i olika associationer, vilka uppträda fläckvis blandade med varandra, tyda på, att de olika fläckassociationerna kunna vara tämligen stabila under avsevärd tid. Med ledning av siffror för podsoleringsens hastighet, som kunna härledas ur det ovan anförda materialet, måste man föreställa sig, att det tagit minst ett eller två sekler för att utbilda de skillnader, som t. ex. å den högsta terrassen nära Lövudden, Medelpad (se ovan), finnas mellan lav- och mossfläckarna.

De utförda undersökningarna ha givit vid handen att de olika skogstyperna verka i väsentligt olika grad podsolerande på marken, vilket sammanhänger med egenskaperna hos det råhumustücke, som de alstra. Starkast podsolerande verkar *Myrtillustypen*, därefter *Vacciniumtypen*. Svagast verkar *lavtypen*. *Oxalis-Majanthemumtypen* är en övergångstyp, som antagligen verkar starkare podsolerande i den mån som den är rik på *Myrtillus nigra* och därvid får en mera utpräglad råhumus.

D. Podsoleringen å gamla marker.

1. Mossrika skogstyper.

Sådana marker, som existerat under hela den tidrymd, som förflutit sedan den kvartära inlandsisen avsmält, förete en mycket större likformighet i markprofilens utbildning än de unga markerna. I det inre Norrlands vidsträckta granterränger har sålunda markprofilen överallt den typ, som beskrivits i inledningen, och på vilken ytorna 1—4, m. fl. kap. 11 äro belysande exempel. Inom en och samma trakt är podsoleringsgraden i dylika granskogar i genomsnitt synnerligen likformig, där ej topografien förorsakar oregelbundenheter. Skillnaden mellan podsoleringsgraden i olika trakter skall i annat sammanhang (kap. 7) beröras.

Några skillnader i podsoleringsgrad under olika fläckassociationer kunna på gamla marker i allmänhet ej spåras. Icke heller brukar man kunna skönja någon märkbar skillnad mellan skogar av *Myrtillustyp* och *Vacciniumtyp* för så vitt de förekomma på en och samma geologiska avlagring, t. ex. en morän under topografiskt likartade förhållanden. Detta är även helt naturligt. *Vacciniumtypen* är å moränmarken en mycket instabil skogstyp, som ganska snabbt övergår i *Myrtillustyp*. Dess existens beror på sådan mark mera av någon tillfällighet och det är ej den, som satt sin prägel på marken.

Där skillnaden mellan *Myrtillus*-skogen och *Vaccinium*-skogen är förbunden med en skillnad i geologisk avlagring, finner man ofta olika podsoleringsgrad i de båda olika typerna. Sålunda fann jag podsoleringen mycket svagare i *Vacciniumtyp* å älvsand i Älvsbyn, Norrbotten, än å

moränmarker med *Myrtillustyp* i samma trakt. Ett likaledes belysande exempel på denna sak från Malingsbo, Dalarne må även anföras.

Söder om Malingsboån är skogsmarken utbildad å normal urbergsmorän. Här finnas granskogar och barrblandskogar av en merendels risfattig, mossrik typ som närmast motsvarar *Myrtillustypen*. Podsoleringsgraden är hög med 10—12 cm:s skarpt utpräglad blekjord och 20 cm:s klart färgad rostjord. Norr om Malingsbo Bruk finnes ett vidsträckt rullstensgrusområde med en mängd parallella åsar omgivna av vidsträckta sandterränger. Här växa överallt vackra tallskogar. Markvegetationen är merendels mossrik, risfattig, stundom med inblandade små lavfläckar och motsvarar närmast *Vaccinium*-typen. Podsoleringen är överallt mycket svagare än å moränmarkerna, blekjorden är 4—5 cm mäktig och rostjorden är mindre starkt färgad än där.

Att det i de anförda exemplen ej är det geologiska underlaget, som direkt orsakat skillnaderna i podsoleringsgrad mellan moränmarkerna och sandmarkerna är påtagligt. Om så hade varit fallet, borde nämligen podsoleringen varit starkast på sandmarkerna och ej tvärt om. Enligt alla erfarenheter från utlandet brukar alltid podsoleringen vara starkare på grövre sandmarker än på sådana, som innehålla mera finkorniga beståndsdelar. I vårt land är mycket ofta förhållandet motsatt. Detta beror otvivelaktigt på att i vårt klimat gynna de på finkorniga beståndsdelar rika avlagringarna uppkomsten av den starkt podsolerande *Myrtillus*-typen; medan det på sand mycket ofta uppkommer svagare podsolerande skogstyper. Moderavlagringen har sålunda indirekt en mycket stor roll vid podsolprofilens utveckling, en roll som synes verka i motsatt riktning mot moderavlagringens direkta inverkan på processen i fråga.

För att kunna klargöra vilken betydelse man skall kunna tillskriva de nutida starkt podsolerade markprofilerna i det inre Norrlands vidsträckta granskogar är det nödvändigt att söka rekonstruera markens utveckling från den tid, då landet blev isfritt till närvarande tid. Den nuvarande markprofilen måste naturligtvis betraktas som en syntes av alla de faktorer i form av olika växtsamhällen som funnits under denna tid. Som källor till vår uppfattning om de norrländska skogarnas historia föreligga arbeten av ett flertal olika forskare: Nilsson (1895, 1897), Lundström (1895), Gunnar Andersson (1896), Gunnar Andersson och Selim Birger (1912), Sernander (1892, 1917), Sandegren (1915), Halden (1917). Med ledning av denna litteratur må här göras en översikt över det utvecklingsförlopp, som de normala granmarkerna å morän ovan marina gränsen i det inre Norrland sannolikt ha genomlöpt sedan inlandsisen en gång avsmälte.

Då inlandsisen för en tidrymd av cirka 7,000 år sedan enligt De Geers (1912, 1915) allmänt bekanta, epokgörande kronologi avsmälte från Norrland, togs marken så gott som omedelbart i anspråk

av en tallskog, som av allt att döma måste ha varit mossrik och förmodligen överensstämde med nutidens bättre mossrika tallskogar i samma trakter. Denna tallskog har fortfarit under den troligen omedelbart inträdande postglaciala värmetiden. Det är uppenbart, att podsoleringen under sådana förhållanden måste ha börjat genast efter att marken blev skogbeväxt, men den måste ha fortskridit betydligt långsammare än nu för tiden, dels på grund av klimatets för processen i fråga mindre gynnsamma beskaffenhet, dels på grund av att råhumustäcket i tallskogen säkerligen aldrig blivit så mäktigt och så fuktigt som i nutidens starkt beskuggande granskogar. Att klimatet ej rent av omöjliggjorde podsoleringen synes mig framgå av att i den trakt av Sverige, som för närvarande har det aridaste klimatet, som bör vara minst lämpligt för podsolering, Kalmartrakten, finnes en tydlig podsolering på sådana lokaler där mossrik barrskog av *Myrtillustyp* är utbildad. Detta har jag haft tillfälle att iakttaga på de fluvioglaciala sandfälten i trakten av Vassmolösa, söder om Kalmar. Så varmt och torrt som för närvarande i Kalmartrakten har väl aldrig klimatet i det inre Norrland varit någon tid efter istiden.

Först efter granens utbredning och den kort därefter inträdande postglaciala klimatförsämringen torde förhållandena blivit lika de nuvarande. Denna grantid kan enligt *Sandegren* uppskattas till tre à fyratusen år och den tid, då klimatet varit ungefär som det nuvarande till ungefär tvåtusenfemhundra år. Enligt *Gunnar Anderssons* uppfattning skulle denna så kallade klimatiska nutid varit omkring fyratusen år.

Haldens noggranna undersökningar av torvlager på olika nivåer vid Hälsinglandskusten sammanställda med tillgängliga uppgifter om landhöjningen antyda att granens ålder i Hälsingland är tre à fyratusen år.

Efter granens invandring fingo skogseldarna stor betydelse såsom väsentlig återhållande faktor vid granskogarnas försök att uttränga tallskogarna. Under den klimatiska nutiden torde vi sålunda i stort sett på en och samma mark omväxlande haft perioder av *Myrtillus*-granskog med starkt utvecklade råhumus och av skogseldar förorsakade perioder med mer eller mindre tall-björkblandad skog och en tunnare och mindre utpräglad råhumus. Enligt *Nilsson* (1897, sid. 152) bör granen efter två till trehundra år efter en brand åter ha vunnit herraväldet å en granskogsbränna i Norrbotten. Längre söderut går utvecklingen fortare. Med hänsyn härtill kan man våga en förmodan att grantiderna representera den större delen av de årtusenden, som den klimatiska nutiden varat. Under sådana förhållanden har marken under större delen av det nämnda tidsavsnittet stått under inverkan av ett råhumustäcke med ungefär samma egenskaper som det nuvarande.

Man kan av ovanstående sluta sig till, att det aldrig existerat något

starkare podsolerande växtsamhälle å de nuvarande granmarkerna än just Myrtillusgranskogen. Den nuvarande podsoleringsgraden måste därför till största delen anses ha tillkommit just under inflytande av denna skogstyp, om också den ursprungliga tallskogen så väl som av skogsbrand vid olika tillfällen uppkomna tallblandskogar måste ha bidragit till den slutliga podsoleringsgraden.

I alla andra skogstyper på gamla marker är det däremot ingalunda säkert att den iakttagna podsoleringsgraden verkligen korresponderar mot den inverkan, som det nuvarande beståndet har på marken. Den kan nämligen lika väl svara mot en skogstyp, som under tidigare skeden förefunnits.

2. Tallhedar.

Podsoleringsförhållandena i tallhedar erbjuda problem av allra största intresse. Ett ingående arbete har därför ägnats åt undersökning av sådana å ett flertal lokaler, särskilt i övre Norrland.

Tallhedarna förekomma som bekant dels på genomsläppliga sand- och grusavlagringar inom hela det nordsvenska barrskogsområdet, dels på vidsträckta moränterränger i de norra och västra delarna (utom det Jämtländska siluområdet). Deras frekvens såväl på de ena som de andra avlagringarna tilltar som bekant norrut. Mångenstädes finnas verkliga tallhedstrakter, där tallheden utgör den rådande skogstypen på fast mark. Dessa områden ligga ofta på högplatåerna och ha utpräglat kontinentalt betonat klimat, såsom exempelvis Gällivare-Jokkmokk-området, Jörns-trakten och översta Dalarna.

Tallheden, särskilt i övre Norrland, har av åtskilliga forskare tillerkänts en ganska höggradig stabilitet. Den föryngrar sig själv och erbjuder granen svårigheter vid dess försök att intränga. Jfr *H o l m e r z o. Ö r t e n b l a d* 1886, *S e r n a n d e r* (1892). Å andra sidan förmår granen intränga i många tallhedar och kan stundom rent av omvandla dem i lavrika granskogar. *F r i e s* (1913, sid. 40—46) omtalar sålunda lavrika granskogar från nordligaste Lappland.

Själv har jag iakttagit nästan alla stadier av granens inträngade i tallheden, även i trakter, som av flera skäl anses vara tallens specialdomäner och i tallhedar som varit av mycket svårföryngrad typ. Ett exempel härfån från Jokkmokk, Lappland, visar fig. 12.

Där emellertid granen förmår intränga i en tallhed, går detta som bekant i regel hand i hand med en ökning av risens och mossornas frekvens. Stundom kan en hed på detta sätt omvandlas i en mossrik skog. I andra fall går ej lavhedskaraktären förlorad, men lavmattan får mångenstädes lämna rum för mossfläckar, under vilka bildas ett humustäcke



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 12. Svårföryngrad tallhed, på vilken granen vandrat in och numera nästan fullständigt ersatt tallen. Stenträsk, cirka 420 m ö. h., Jokkmokk, Lpl — (Kiefernheide, wo die Fichte die Kiefer fast völlig ersetzt hat. Schlechte Selbstverjüngung der Kiefer. 420 m ü/M, Jokkmokk, Lappland.)

av större mäktighet och även i övrigt andra egenskaper än å den ursprungliga heden. Denna utveckling fortgår tills den avbrytes av en skogseld som återställer de förhållanden, som rådde från början.

Intet norrländskt skogssamhälle har som bekant så ofta härjats av elden som tallhedarna, men intet torde heller så föga förändras därav till sin allmänna karaktär. Skogsbranden har allt sedan Holmerz och Örtensblads (1886) undersökningar ansetts som en av de förnämsta orsakerna till tallhedens resistens mot den framträngande granen. (Se även Kihlman, 1890—92.)

Fördelningen av tallhedsterränger och granskogar, mer eller mindre försumpade, på moränmark i övre Norrland måste som bekant mången gång föras tillbaka på rent utvecklingshistoriska orsaker, särskilt skogsbränder. Ett område har avbränts, varigenom en skogstyp uppkommit, som vid ett senare tillfälle varit benägen att åter fatta eld, medan ett angränsande område kanske undgått elden första gången och sedan utvecklats i sådan riktning, att det allt framgent förblivit skyddat för skogseld. Härvid har även topografien spelat in på så sätt, att de fuktigare,

mot norr exponerade sluttningarna ofta blivit granmarker, sydsluttningarna tallmarker (Holmerz o. Örtensblad, l. c.). Dessa orsaker synas i stort sett vara viktigare än några andra inom vidsträckta delar av övre Norrland med dess ovan marina gränsen belägna, petrografiskt och i avseende på kornstorleken ganska likartade moränmarker.

Medan många tallhedar, särskilt de som äro bundna till mäktiga grus- och sandlager, hedland (se Holmerz o. Örtensblad) äro betingade av primära orsaker, underlagets ringa förmåga att kvarhålla vatten o. s. v., förefalla sålunda många andra, särskilt på morängrund, att uteslutande ha historiska orsaker att tacka för sin existens.

Under det avlägsnare skedet av postglacialtiden har måhända klimatet gynnat uppkomsten av mossrika tallskogar på sådana lokaler, där, tack vare upprepade skogseldar, lavrika tallhedar nu synas vara segerrika i kampen mot granens och mossornas invasion. Man måste därför föreställa sig möjligheten av att vissa mycket genuina tallhedar kunna ha uppkommit ur mossrika skogssamhällen.

Den närmaste frågan blir nu om ur markprofilen möjligen kan hämtas något stöd för bedömande av det utvecklingsförlopp, som en viss tallhed undergått. Ovan har visats att mossrika skogstyper podsolera marken starkare än lavrika. Man skulle då a priori kunna vänta sig, att ursprungliga tallhedar av normal lavtyp skulle visa svagare podsolering än sekundära. Varje annat skogssamhälle, som kunnat finnas före den nuvarande lavtallheden måste nämligen ha podsolerat marken starkare än denna. Härvid tages ingen hänsyn till mullbildande associationer, vilka knappast kunna ha existerat på de terränger i övre Norrland, som nu äro be vuxna med tallhed.

Första villkoret för att av en svagt podsolerad markprofil kunna draga några som helst slutsatser angående de orsaker i form av skogssamhällen, som framkallat den, är att undersöka om profilen kan återbildas. Kan en starkt podsolerad markprofil förändra sig, så att den ter sig svagt podsolerad?

Dessa frågor ha i det föregående, kap. 4:B5 ingående belysts. Dels har visats, att blekjorden aldrig kan återbildas, enär materialet i densamma är irreversibelt förändrat. Man skulle då kunna förmoda, att blekjorden genom tillförsel av pigment-beståndsdelar, t. ex. limonit, skulle kunna skenbart ändra sin karaktär, så att podsoleringsgraden komme att te sig svag, medan den i själva verket är stark. I kap. 3:B1 har emellertid visats att blekjorden icke ens när den i en s. k. begrävd podsolprofil kommit att delvis intaga den nya rostjordens plats, förändrar sitt utseende av blekjord. Ytterligare har visats, kap. 4:B5, att när blekjord i undantagsfall verkligen blir limonitpigmenterad, den dock fortfarande bevarar sin ursprung-

liga karaktär lätt märkbar. Slutligen belyses det föreliggande spörs-målet av analyserna, yta nr 7, vilka klart visa, att rostjordens övre del i en typisk, svagt podsolerad tallhed omöjligen kan vara en gammal pigmenterad blekjord.

Analyserna visa tydligt, att blekjorden har en karaktär mycket lik normal, gammal blekjord, medan prov från rostjordens övre och undre del äro ungefär lika sinsemellan, och obetydligt avvika från underlagets sammansättning. Om en gammal, skenbart förändrad blekjord skulle ha existerat å den övre rostjordens plats, måste det ha visat sig i provets sammansättning, som mer eller mindre skulle ha haft blekjordskaraktär. I stället är det en ovanligt stor motsats mellan den tunna blekjordens sammansättning och den övre rostjordens. Undersökning gjordes även med lupp av material ur en annan profil, taget å olika nivåer under ytan och tvättat med kokande saltsyra för bortskaffande av limonit och kolloider. Härvid visade sig blekjorden starkt vittrad och skilde sig avgjort från rostjordens övre del och ännu längre under densamma på olika nivåer hämtat material.

Alla de anförda omständigheterna visa enstämmit hän på, att det i de svagt podsolerade tallhedarna ej kan föreligga en utplånad äldre podsolerung. Jag anser mig därför ha rätt att utgå från detta som en till visshet gränsande sannolikhet.

I tallhedar av betydande ålder å minst 100 meter ö. h. kan man finna flere olika podsoleringsgrader från traktens *Myrtillus*granskogars ned till ett minimum, som föga skiljer sig från den ovan beskrivna ytan å Pitholmsheden och ungefärligen överensstämmer med yta 7. De svagast podsolerade äga en blekjord, som förefaller något grå och humusblandad samt ej fullt skarpt avgränsad vare sig mot humuslagret eller mot rostjorden. Denna senare är i dessa fall vanligen ytterst obestämd. Den är svagt rostfärgad och övergår på 30—40 cm:s djup mycket omärkligt i det något limonitpigmenterade underlaget. (Jfr yta 7.)

De starkare podsolerade tallhedarnas profiler påminna till sin allmänna karaktär mera om *Myrtillustypen*: ett skarpt utpräglat och avgränsat blekjordsskikt av askvit färg underlagras av en klart röd till gul rostjord, som är av varierande mäktighet, men alltid i sin övre del mycket olika underlaget. Nedåt övergår den så småningom i detta. Skillnaden mellan denna profiltyp och den ordinära *Myrtillustypen*, där en sådan skillnad verkligen finnes, ligger endast i blekjordens ringare medelmäktighet. Som exempel på denna tallhedstyp kan yta 6 Fagerheden, Norrbotten, tjäna. Blekjorden är här omkring 6 cm, medan *Myrtillusskogen* i samma trakt (se yta 1, Rokliden) har 11—12 cm. Stundom förekomma i dessa tallhedsprofiler ortstensskikt å grundare eller djupare nivåer i märken.

De kemiska analyserna av de båda profiltyperna visa, att de olika

skiktens sammansättning överensstämma med de övriga analyserade profilerna; möjligen är den tunnare blekjorden i tallhedarna en smula starkare urlakad än i övriga skogstyper.

Stundom kan inträffa, att en tallhed kan ha mycket tunn blekjord, 2—3 cm, men i övrigt en profil mera lik en *Myrtillus*-profil med tydlig rostjord. Alla upptänkliga övergångar mellan denna typ och den förut nämnda finnas, och från den starkare podsolerade typen finnas i sin tur alla övergångar till den ordinära *Myrtillus*-podsoleringen.

Ett exempel på övergång mellan den svagast podsolerade profiltypen och den starkare visade en tallhed på fin glacialuvial sand vid Kalakmele, Jokkmokk, på södra stranden av Stora Lule älv. Råhumusen är 1—4 cm mäktig. Härunder ligger en i genomsnitt 4 cm mäktig, gråvit blekjord, ej alldeles skarpt avgränsad nedåt. Därunder finnes på somliga punkter en tydligt markerad, 10 cm tjock rostjord, som nedåt småningom övergår i underlaget. Å andra punkter är rostjorden ytterst otydlig.

En övergång från stark tallhedspodsolering till *Myrtillus*-podsolering visade marken å Åsträskbergets platå, Jörn. Råhumustäcket är 2—4 cm. Blekjorden är i medeltal 9 cm skarpt utpräglad, askvit. Rostjorden 7—20 cm mäktig, klart roströd, stundom med ortstensklumpar. Moderavlagring: normal morän. *Myrtillus*-podsoleringen i samma trakt karakteriseras av 10—11 cm:s mäktig blekjord.

Med hänsyn till markprofilens utseende och podsoleringsgrad kunna tallhedarna indelas i två, i flera trakter tre grupper. Dessa senare trakter äro sådana, där den allmänna podsoleringsgraden i typiska *Myrtillus*-skogar är hög med minst omkring 10 cm mäktig blekjord (se kap. 7).

Den första gruppen innefattar de svagast podsolerade och har en *blekjord av 1—4 cm:s medelmäktighet*. Vanligast är 1—2 cm. Skiktets utbildning är mycket likformig; den är ofta grå av inblandade humusbeståndsdelar och rätt obestämt avgränsad såväl mot humuslagret som mot rostjorden. *Denna är mycket svår att skilja från det alltid ganska starkt limonitfärgade underlaget*. Den ter sig snarast som en något starkare (färgad), 3—4 dm mäktig övre zon av underlaget. *Ortsten förekommer aldrig*. Blekjorden ter sig ofta vid ytligt påseende så svagt utvecklad, att den t. o. m. kan undgå uppmärksamhet. Icke desto mindre är den i mycket hög grad kemiskt vittrad, snarare mer än *Myrtillus*-blekjord, såsom analyserna i kap. 11, yta 7 visa. Denna yta är i alla avseenden karakteristisk för profiltypen i fråga. Denna liknar fullkomligt den markprofil, som enligt det i det föregående meddelade är vanlig på tallhedar å marktytor av relativt ung ålder, särskilt i sådana fall, där man kan förutsätta, att intet annat växtsamhälle än en mycket torr tallhed någonsin har funnits. Pitholmsheden och heden vid Vivsta varv (se ovan) ha dylik profiltyp, ävensom de ytterligt svagt podsolerade tallhedarna å erosionsterrasserna i Ragunda. *Då, som nedan skall visas, denna profiltyp*

troligen står i nära samband med en lavrik markvegetation, benämnes den i det följande lavpodsol.

Den andra tallhedsgruppen har en starkare podsoleringsgrad än den första. *Blekjordens medelmäktighet är 3—8 cm, vanligen 4—7 cm.* Skiktet ifråga är askvitt och relativt skarpt avgränsat såväl från humustäcket som rostjorden. *Rostjorden är klart roströdgul till färgen och är utbildad som ett tydligt skikt, som i sin övre, typiska del mycket väl kan skiljas från underlaget. Stundom förekommer ortsten.* Podsoleringen visar samma oregelbundenheter i smått, som i inledningen och kap. 3 beskrivits. I sin allmänna habitus skiljer sig profilen ej säkert utom i avseende på råhumuslagrets egenskaper från *Myrtillus*profilen. Endast blekjordens mäktighet, d. v. s. podsoleringsgraden, skiljer bestämt profiltypen i vissa trakter från *Myrtillus*podsolen. Denna senare har även vanligen något mörkare färgad rostjord.

Den tredje tallhedsgruppen har *stark podsolerung med i medeltal över åtta cm mäktig, skarpt askvit blekjord, klart roströd till roströdgul rostjord, som stundom är utbildad som ortsten.* Profilen skiljer sig ej nämnvärt från *Myrtillus*podsolerungen i samma trakt, utom möjligen däri, att rostjorden ej är fullt så starkt färgad som den plägar vara i *Myrtillus*mark.

Den första gruppen tallhedar finner man städse utbildad på torra lokaler. Sålunda täcka dylika hedar väldiga arealer utmed älvarna, särskilt de västerbottniska. Älvsanden, som merendels bildar plana deltaterrasser och äger stor mäktighet, är en av de torraste moderavlagringar som finnas. Detsamma gäller de flesta glacifluviala bildningar, rullstensåsar, sandterrasser och andra sandfält. Alla dessa jordslag bestå av mycket genomsläppligt material av stor mäktighet, varför grundvattnet, utom i åsgropar och andra svackor, ligger på ett stort djup i marken. Någon gång, ehuru sällan, kan man finna tallhedar av denna grupp utbildad å morän; det är då alltid å lokaler, som av en eller annan anledning äro särskilt utsatta för torra.

Ett exempel härpå utgör sydslutningen ned mot Lule älv å norra stranden vid landsvägen Murjek-Vuollerim. Här finnas små kullar, på vilkas platåer marken är plan och sålunda tillåter en jämförelse av markprofilen med andra lokaler. Vegetationen är en mycket lavrik, relativt ljungfattig, nästan mossfri tallhed. Blekjorden är 1—2 cm mäktig och rostjorden mycket otydlig. Moränen är sandig.

På mjåla och fin, mjålig sand finnas i Norrbotten ofta tallhedar med otydlig podsolerung. Markprofilen förefaller här i viss mån påverkad av uppfrysningsfenomen, varom ytstrukturen stundom bär vittne (se kap. 3:B2). Tallhedarna ifråga äro ej speciellt torra; de kunna ej utan vidare jämföras med normalt lavpodsolerade marker.

På sand har jag iakttagit tallhedar, tillhörande grupp 1, å Brattforsheden i Värmland, Kolbroheden, Västmanland, nära Bredvad, Älvdalen, Dalarna, å den vidsträckta glacifluviala terrängen öster om sjön Gesunden, söder om Indalsälven i Jämtland, å vidsträckta älsandster-rängar vid Vindelälven inom Degerfors socken, Västerbotten, å analoga marker nära Kusfors vid Skellefte-älven i Västerbotten, vid Pite-älven här och var mellan Bredsel och Älvsbyn, Norrbotten, å den glacifluviala Nordheden nära Sikån (Sikå revir) Lappland, vid Stora Luleälv å älv-sand vid Kuouka, Lappland, å Skaite-heden norr om Svanamyrs i norra delen av Råneå socken, Norrbotten.

I själva verket varierar emellertid lavpodsolens utbildning något i olika trakter. Den allra minsta medelmäktigheten torde sålunda blekjorden äga i norra Ångermanlands och södra Västerbottens och Lapplands tor-raste tallhedar. Blekjorden är här i genomsnitt vanligen 1—2 cm (se yta 7). I Norrbotten och övre Lappland når den ett värde av 3 cm stundom ända till 4 cm. Så var förhållandet å Nordheden, Sikå, samt å vissa torra delar av Kalakmeleheden, Jokkmokk.

Ett exempel erbjuder ytterligare större delen av Skaiteheden, Råneå socken. Denna är en mycket gles, svårföryngrad tallhed å medelgrov sand. Gran saknas fullständigt. Ris strödda, mest ljung, mossor nästan saknas, lavar ymniga. Råhumustäcket: 1—2 cm, blekjorden: 2—3 cm. Rostjord föga tydlig, omkring 25 cm. Ortsten saknas. Heden är svårföryngrad. Den plöjdes med finnplog och bredsåddes år 1914, utan att detta synes ha åstadkommit nämn-värdt resultat för föryngringen. (Enligt uppgift i sept. 1919 av kronojägare J. O. Liljebäck.

Även söderut i Värmland och Bergslagen synes blekjorden i tallhedar med lavpodsolering vara något mäktigare än å yta 6. Å Kolbroheden, Västmanland, syntes sålunda blekjorden genomsnittligt vara 3—4 cm mäktig.

Stundom kan blekjorden lokalt variera rätt mycket på en plan hed. Å den milslånga Nordheden, Sikå revir, Lappland, förelåg sålunda mer-endels lavpodsolering med 2—3 cm:s blekjord. Lokalt träffades emellertid 4 och 5 cm:s blekjord å fullkomligt plana ytor, medan profilen i öv-rigt var av samma karaktär som å den normala heden. Detta är dock undantagsfall; på plana ytor är den lavpodsolerade tallhedsprofilen ovan-ligt regelbunden. Man kan stundom i nygrävda vägdiken o. d. se blek-jord långa sträckor av samma mäktighet och utseende.

Den andra gruppen tallhedar, som omfattar podsoleringsgrader från 3 till 8 cm:s blekjord är härskande å moränmarker. Jag har iakttagit dylika tallhedar å stora arealer i det inre Nord-Lappland, Norrbotten, och norra Västerbotten, ävensom på torra moränmarker i övre Dalarna. Även på sand- och rullstensgrusterrängar förekomma de stundom, (ex. härpå



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 13. Blåbärsrik tallhed å medelstarkt podsolerad mark invid Varatsberg, Jokkmokk, Lpl. — (Kiefernheide, reich an *Myrtillus nigra*, auf mittelstark podsolierter Boden, Jokkmokk, Lappland.)

tallheden vid Fagerheden, yta 6), samt på mjäla i översta Norrlands ådalar. Denna profiltyp torde med andra ord vara den vanligaste i tallhedar överhuvud taget.

Denna medelstarkt podsolerade tallhedsprofil synes i stort sett förekomma på något fuktigare marker än den lavpodsolerade. Om en moränterräng också förefaller mycket torr, måste den dock vara väsentligt fuktigare än de övre lagren av en mäktig älvsandsavlagring eller rullstensås.

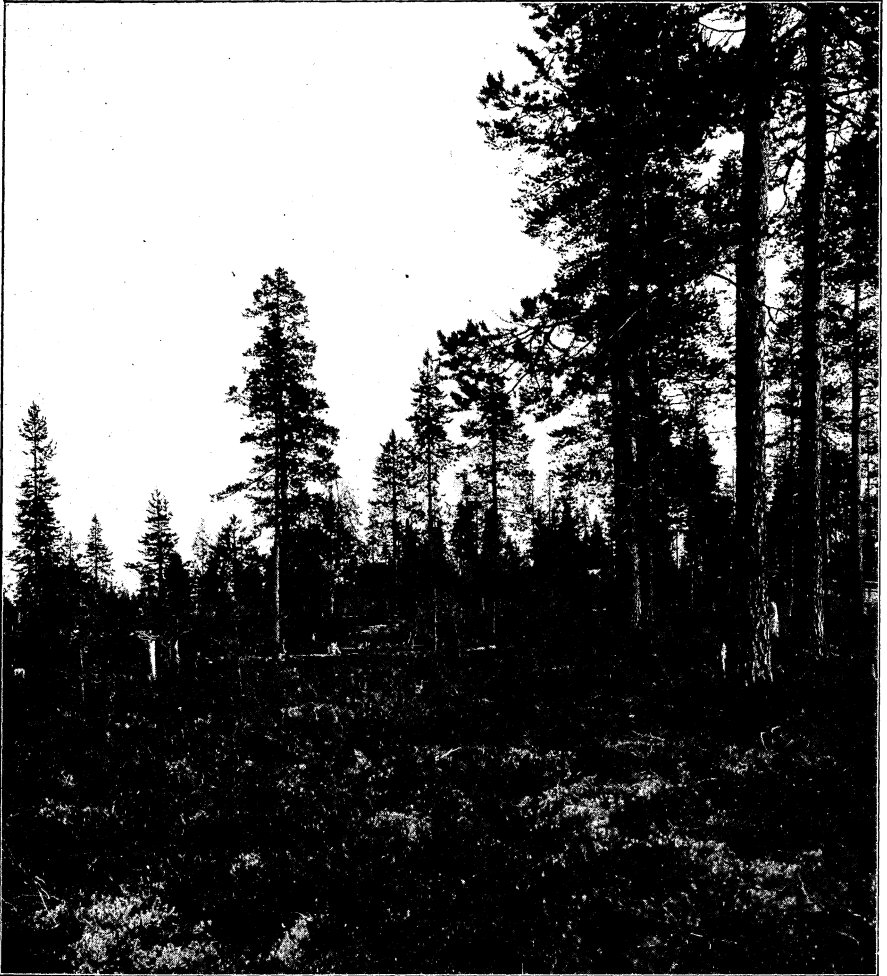
Moränen är, om den ej tillfälligtvis är starkt bearbetad av vatten, städse ganska rik på fina, starkt vattenkvarhållande beståndsdelar. Den ligger närmast hällen, och grundvattnet tvingas därför att hålla sig inom ett ganska ringa djup. Slutligen når moränen ytterst sällan de mäktigheter, som äro helt vanliga beträffande såväl älvsand som glacifluviala sand och grusavlagringar. Alla dessa förhållanden göra moränerna till relativt fuktiga marker.

I allmänhet visar det sig, att i stort podsoleringsgraden på tallhedarna å jämförligt geologiskt underlag i en och samma trakt är ganska likartad. Sålunda är podsoleringsgraden å olika delar av den tämligen vidsträckt tallheden vid Fagerheden, Norrbotten, omkring 6 cm. I Jörntrakten, dels omkring Försöksfältet i Österjörn, dels å andra marker i trakten, som är en utpräglad tallhedstrakt, är blekjorden i genomsnitt 4—5 cm. Lokalt förekomma dock både lägre och högre genomsnittsvärden. Där topografien är småkullig blir blekjorden ofta tunnare än 4 cm å kullarnas krön. Här närmar sig profilen lavpodsolen, vilket också är förklarligt, enär lokalerna äro torrare än de flesta andra i terrängen. Å höjdplatån mellan Murjek och Lule älv, Jokkmokk, Lappland, är blekjorden i allmänhet 3—4 cm; å en speciell yta 2,9 cm (mf 0,16). Söder därom i sluttningen mot Lule älv blir podsoleringen allt svagare. Marken är här överallt exponerad mot söder. Söder om Lule älv i trakten av Paijerim-Koskats är blekjorden i tallhedarna i allmänhet 7—8 cm och likaså i trakten omkring Tårrajaure; en speciell yta i Tårrajaure visade blekjord av medelmäktighet 7 cm (mf. 0,75). I de båda sistnämnda trakterna är den allmänna expositionen nordlig, varav man möjligen kan sluta till ett orsaks-sammanhang mellan topografien i stort och podsoleringsgraden. Detta inflytande är givetvis indirekt och beror på att tallheden är något fuktigare och rikare på mossor och ris i nord- än i sydsluttningar.

Till den medelstarkt podsolerade gruppen höra också de *Myrtillus*rika tallhedarna i Jokkmokk (se fig. 13). Ett flertal sådana undersöktes och befunnos äga en 4—6 cm mäktigt blekjord.

Exempel på dylik tallhed utgör topplatån av Varatsberget invid sjön Vaikijaur, Jokkmokk, Lappland, cirka 400 m över havet. Tallheden är ganska växtlig, men genom avverkning av de grövsta träden något gles. Enstaka granar förekomma. Markvegetationen utgöres av:

- Ris: *Myrtillus nigra* r.
Vaccinium vitis idæa str.
Linnæa borealis spr.
- Örter: *Solidago virgaurea* e.
- Gräs: *Aira flexuosa* str.
- Mossor: *Hylocomium parietinum* str.
Dicranum sp. str.
Hylocomium proliferum spr.



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 14. Yta 5, kap. 11. Ljungrik tallhed å starkt podsolerad mark, Älvdalens krpk, Dlr.
— (Callunareiche Kiefernheide auf stark podsoliertem Boden, Älvdalen, Dalarna.)

Lavar: *Cladina rangiferina*, *silvatica*, *alpestris*, tillsammans rikl.
Nephroma arcticum str.
Peltigera aptosa spr.
Cladonia sp. spr.

Råhumusskiktet är 3—8 cm mäktigt. Blekjorden skarpt utpräglad, vit, i genomsnitt 5—6 cm. Rostjorden 10—20 cm, ganska starkt rostfärgad. Moderavlagring; normal morän.

Till den tredje gruppen, de starkast podsolerade tallhedarna, höra först och främst de ljungrika tallhedarna å morän i övre Dalarnas porfyr-

sandstenstrakter och förmodligen även i angränsande delar av Härjedalen. Blekjorden brukar i dessa vara 10—15 cm mäktig och synnerligen skarpt utpräglad. Rostjorden är merendels livligt färgad men av tämligen ringa mäktighet; den är i stället väl avgränsad mot underlaget. Ej sällan förekomma större eller mindre ortstenskumpar och skikt. Moränunderlaget har vanligen en rödaktig färgton, orsakad av röda porfyrer och sandstenar. Även i blekjorden gör sig en ytterligt svagt röd färgton märkbar.

Ett typiskt exempel på denna profiltyp är yta 5. Hedar med ännu mäktigare råhumus äro vanliga; typen ifråga visar, som förut nämnts, övergångar mot den försumpade tallskogen. Fig. 14 visar en typisk bild av en ljungrik tallhed från övre Dalarna.

Någon säkert påvisbar skillnad i markprofilen i ljungtallhedar jämfört med granskogar eller granblandskogar å diabaspåverkade marker i samma trakter av mer eller mindre utpräglad *Myrtillustyp* kan ej märkas.

Stark podsolering i tallhedar finner man vidare i hela Norrland å sådana lokaler, där heden på grund av ökad markfuktighet eller andra faktorer står på övergång mot mossrika skogstyper.

På tallheden i Fagerheden finnas till exempel tre områden med mycket gynnsam tillväxt och ganska täta, relativt mossrika tallbestånd. Det ena är beläget nära Rokån och omnämnes av Hesselman (1910, sid. 44), som lämnat en ståndortsanteckning därifrån. Orsaken till tallhedens växtliga beskaffenhet här är otvivelaktigt, att marken utgöres av ett övre mjälaktigt lager, som vilar på ett grövre gruslager. Mjäländen kvarhåller fuktigheten väl och gynnar uppkomsten av ett godartat humuslager. Blekjorden är här i medeltal 9 cm (mf 1,1), å heden i övrigt 6,1 cm (mf 0,3). Rostjorden är merendels ersatt av en mycket hård ortsten. (Se härom kap. 6.) — Den andra lokalen har en blekjord av 11,5 cm (mf 1,3). Den ligger intill Fagerhedens kronojägareboställe, söder om en liten tjärn, som finnes norr om landsvägen, strax väster om Fagerhedens by. Sandheden genomdrages här av ett grundvattenstråk, som kommer från tjärnen, vilken saknar annat avlopp. Att så verkligen är förhållandet visas av följande omständighet, som meddelats mig av kronojägare Enström i Fagerheden. För en del år sedan avleddes vattnet i tjärnen genom ett dike åt annat håll. Härvid sinade brunnen vid kronojägarebostället, vilken är grävd i den flacka hedmarken. Man dämde då genast för det upptagna avloppet från tjärnen, varvid vattnet återvände i brunnen. — Den tredje lokalen är övergångszonen mot en myr, som begränsar heden mot öster. Även här är heden av en tätare, mossrikare typ. Blekjorden är omkring 12 cm och rostjorden är delvis utbildad som ortsten. Myren ligger lägre än tallheden.

Från Jörnstrakten, Skaitheden och otaliga andra trakter kan anföras exempel på huru podsoleringsgraden i tallhedarna snabbt ökas mot gränsen till fuktigare associationer. Vid gränsen mot myrar är detta alltid fallet; här förekomma dock även stundom abnormala profilmförhållanden, som skola vidröras i kap. 6. I allmänhet brukar blekjordens mäktighet

i vanliga fall ungefär nå värdet för traktens *Myrtillus*granskogar, men knappast överstiga detta.

Vidare finnas starkt podsolerade tallhedar här och var å moräner, inom trakter, där eljest *Myrtillus*granskogar äro vanliga. Å försöksfältet vid Kulbäcksliden övergår sålunda den på den svagt nordexponerade fastmarken befintliga *Myrtillus*granskogen i en ganska ljungrik tallhed. Råhumuslagret är i denna ganska mäktigt, och blekjorden företer ingen märkbar skillnad jämfört med granskogen, som är starkt podsolerad med 10—11 cm:s blekjord. Detsamma gäller andra svagt sydexponerade tallhedar från samma trakt.

Även i en speciell tallhedstrakt såsom Jörnområdet har jag iakttagit ett exempel av liknande art. På det ovan nämnda Åsträskberget å kronoparken Selsliden beklädes nordslutningen av en degenererad *Myrtillus*granskog, däremot sydslutningen av en ganska ljungrik tallhed. Blekjorden var i *Myrtillus*skogen omkring 11 cm, i tallheden cirka 9 cm, och profilen i övrigt fullt likartad.

Ett gemensamt drag för alla de nu nämnda tallhedarna är, att de äro ljungrika och äga ett tämligen mäktigt humustäcke samt finnas å relativt fuktiga marker, ofta gränsande till *Myrtillus*granskogar. Av allt att döma är denna tallhedstyp relativt instabil och kan lätt övergå i *Myrtillus*associationer. Detta gäller dock ej den säkerligen mycket resistent ljungrika tallhedstypen i norra Dalarna, vilken är betingad av särskilda orsaker, nämligen markens kemiska beskaffenhet.

Slutligen kan man få se stark podsolering, liknande den i traktens *Myrtillus*granskogar i lavrika tallsskogar å moränmark som relativt nyligen brunnit starkt. Sådana marker har jag iakttagit inom Degerfors socken. Västerbotten, å hemmanet Svartberget och andra lokaler. Det är i sådana fall uppenbart att skogstypen genom brand omvandlats från en mossrik till en lavrik, som sedan i den mån ett nytt humustäcke utbildar sig, småningom genom invandring av gran och mossor går mot *Myrtillus*-typen.

Sedan det visat sig, att tallhedarna låta klassificera sig efter podsoleringsgraden i vissa grupper, som synas stå i nära relation till markens fuktighetsgrad och geologiska natur, uppstår den frågan, om i skogligt och botaniskt avseende tydliga skillnader mellan de olika grupperna finnas.

Ur skoglig synpunkt gäller frågan om tallhedarna äro glesa och svår-föryngrade eller täta och lättföryngrade. Enligt H e s s e l m a n (1917 c) får man söka orsaken till en tallheds förhållande vid föryngringen i egenskaperna hos humustäcket. Detta är beroende av betydligt mera tillfälliga orsaker än markprofilen i dess helhet. Det är då mycket naturligt.

att jag inom alla de tre podsoleringsgrupperna funnit såväl täta och lättföryngrade som glesa och svårföryngrade tallhedar. Sålunda äro de vidsträckta älvsandstallhedarna i trakten av Vindeln, som ha typisk lavpodsolering, relativt täta och lättföryngrade. Den likaledes lavpodsolerade Skaiteheden är däremot i högsta grad svårföryngrad. Den medelstarkt podsolerade tallheden vid Fagerheden är svårföryngrad (se H e s s e l m a n, 1910, 1917 c), däremot den starkt podsolerade delen av densamma intill kronojägarebostället lättföryngrad. Exempler gälla alla likartade plana, medelgrova sandmarker. Enligt analyserna, yta 6 och 7, är sanden i Vindeln och Fagerheden därtill kemiskt alldeles likvärdig.

Det är således uppenbart, att det ej är samma egenskaper hos humustäcket, som orsaka podsoleringen och det tillfälliga goda eller dåliga marktillståndet. Föryngringsförhållandena påverkas i hög grad av humusens förhållande till bakterielivet (enligt H e s s e l m a n), podsoleringen av dess mäktighet och fuktighetsgrad.

Medan sålunda tallbeståndets egenskaper i det nämnda avseendet ej visa något tydligt samband med podsoleringsgraden, så äro förhållandena annorlunda beträffande den övriga växtligheten. Ovan har redan omtalats, att de mera fuktiga, ljungrika tallhedstyperna pläga visa stark podsolering. Frågan gäller då närmast, om man inom grupperna 1 och 2, de svagt och de medelstarkt podsolerade, kan urskilja några olikheter i vegetationen. I övre Norrland (d. v. s. norr om Ångermanälven) är detta med säkerhet fallet. Här nedan meddelade exempel och slutsatser gälla denna del av undersökningsområdet. För att bedöma motsvarande förhållanden längre söderut saknas tills vidare tillräckligt material. Frågan kompliceras f. ö. här av att landet under längre tid varit isfritt och dessutom många tallhedar söderut äro mindre stabila än i området norr om Ångermanälven. Tallheden spelar ej heller i södra Norrland, Bergslagen och Värmland alls den roll, som i övre Norrland.

Beträffande granens förekomst på tallhedar i övre Norrland, råder en påtaglig skillnad mellan de svagast podsolerade (lavpodsolerade), torra och de medelstarkt podsolerade, något fuktigare tallhedarna, oberoende av om marken är lättföryngrad för tall eller ej. På de lavpodsolerade hedarna saknas granen praktiskt taget eller förekommer sällsynt, i mycket tynande exemplar, även om den rikligt finnes i trakten för övrigt, medan den på de andra alltid förekommer, om ock oftast i låg frekvens och trögväxande tillstånd. Visserligen skulle denna tydliga olikhet mellan de båda tallhedstyperna kunna tänkas uteslutande bero på skogsbränder, som oftare böra ha härjat de torra, vanligen i stora arealer sammanhängande sandtallhedarna än de något fuktigare, av våtare sänkor här och var genomdragna moräntallhedarna. Om en lavpodsolerad tallhed övergår i en

något fuktigare typ, inkommer dock genast gran, vilket jag observerat bl. an. å en mängd lokaler i Degerforstrakten. (Jfr särskilt kap. 6:D.) Vidare kan man få se relativt nyligen brända, starkare podsolerade tallhedar, där granen finnes i avsevärd frekvens.

Det synes därför helt sannolikt, att den ringa fuktighetsgraden i markytan å de torraste tallhedarna i övre Norrland ej medger granen att existera annat än som förkrympt buske. Dessa tallhedar äro också av gammalt de, jfr Holmerz o. Örtensblad (1886), Sernander (1892), som ansetts resistent mot granens invandring.

Vad slutligen markvegetationen å de olika tallhedstyperna beträffar, så står den i intim relation med den beskuggande granen. Det möter ej någon svårighet att konstatera vissa skillnader mellan markvegetationen å de torra, granfria, lavpodsolerade tallhedarna och de övriga. Fig. 15 kan anses typisk för de förra. Den visar en torr tallhed å älvsand från trakten av Bredsel, Älvsby socken, Norrbotten. Markvegetationen utgöres av:

Calluna vulgaris str.

Vaccinium vitis idæa str.

Cladina rangiferina, silvatica och *alpestris*, tillsammans ymn.

Cladonia sp. spr.

Mossor saknas nästan alldeles.

I extrema fall kan frekvensen av ris träda tillbaka ännu mera, såsom framgår av fig. 16 från Nordheden, Sikå revir, Lappland, å glacialfluvial sand: *De lavpodsolerade tallhedarnas markvegetation kan karaktäriseras som ytterligt fattig på alla andra element än ris och lavar. Risen, särskilt ljungen, förekomma i mycket märkbart lägre frekvens än å andra tallhedar, lägre ju torrare marken är. Mossor, särskilt Hylocomiumarterna saknas nästan alldeles. Risen utgöres av Calluna vulgaris, Vaccinium vitis idæa, stundom även Arctostaphylos uva ursi och Empetrum nigrum. Lavarna bestå av de ovan nämnda; ibland tillkommer även Stereocaulon paschale.*

Mycket svagt podsolerade tallhedar med en på ris, varibland märkas *Vaccinium vitis idæa* och *Ledum palustre*, och mossor ganska rik markvegetation finnas t. ex. utmed St. Lule älv i trakten Kuouka-Suppatsel, Kalakmele o. s. v. Granen synes i dessa hedar kunna utvecklas tämligen väl. Marken är emellertid bildad av mjäla och fin, mjälhaltig sand, och visar ej sällan uppfrysningsstrukturer. Den svaga podsoleringen förklaras härav, och dessa hedar äro tydligen ej analoge med de artfattiga, lavpodsolerade hedar på sand. (Se kap. 3:B2.)

I de medelstarkt podsolerade tallhedarna företer markfloran en betydligt större artrikedom. Detta framgår av Hesselmanns (1910, 1917 c)



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 15. Tallhed å typiskt lavpodsolerad mark, medelgrov älvsand. Risen träda tillbaka i markvegetationen. Bredsel, Älvsby s:n, Nb. — (Kiefernheide auf typisch flechtenpodsoliertem Boden. Die Zwergsträucher treten in der Bodenvegetation zurück. Bredsel, Norrbotten.)

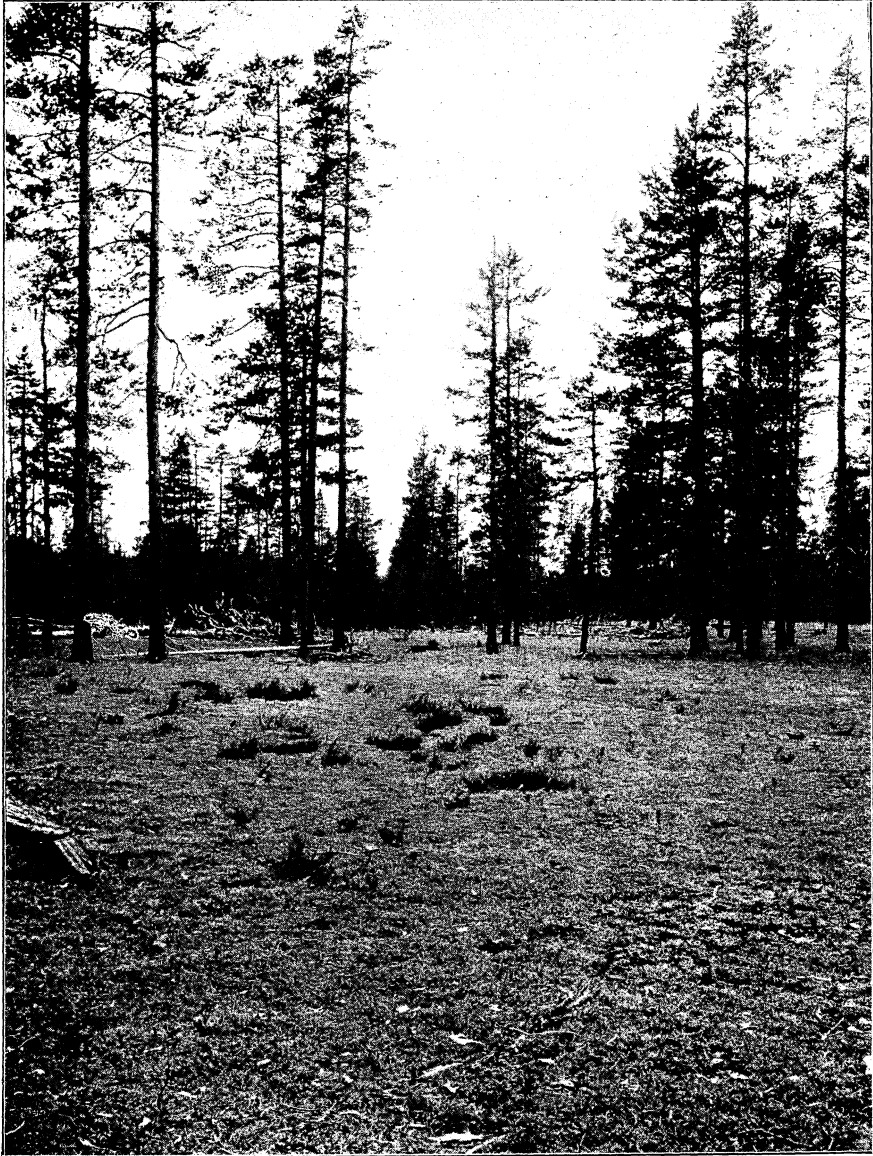
ståndortsanteckningar från Jörn och Fagerheden, se även yta 6. Dessa äro i allo betecknande för en stor mängd tallhedar av liknande typ. Bland risen tillkomma å dessa fastän i mycket låg frekvens *Myrtillus nigra*. Även förekomma *Lycopodium complanatum* och *Myrtillus uliginosa*. Mossorna äga ofta frekvensen fläckvis spridd eller strödd, och bestå av *Hylocomium parietinum*, *Polytrichum*- och *Dicranumarter*. I de nordligare belägna hedarna tillkommer bland risen som ett nästan konstant element *Ledum palustre*. Denna växt, vars förekomst i norrbottniska tallhedar beskrivits av V e s t e r l u n d (1892) kan dock träffas på hedar med lavpodsolering. Den viktigaste skillnaden från de lavpodsolerade hedarna är emellertid ett högst anmärkningsvärt tilltagande av risens och mossornas allmänna frekvens. Särskilt Ijungen blir ofta ganska riklig. Fig. 17 åskådliggör markvegetationen å en medelstarkt podsolerad, typisk tallhed. Till denna grupp kan för övrigt, såsom förut nämnts, även räknas den blåbärsrika hedtypen från nordliga Lappland.

Humustäckets mäktighet i de olika tallhedstyperna följer noga markvegetationen. I lavfläckar är det i regel blott 1—2 cm mäktigt. I ris- och mossfläckar kan det däremot bli 3, 4 cm och mer. Humustäcket blir då i genomsnitt väsentligt mäktigare i en ris- och mossrikare hed än i en fattigare, även om det i enskilda lavfläckar har ungefär samma mäktighet å bägge typerna.

Tydligt är, att de medelstarkt podsolerade sand- och moränhedarna äro rikare på gran och en mera humusbildande markvegetation än de svagast podsolerade. Om man studerar olika hedar inom den förra gruppen, finner man ofta, att de svagare podsolerade inom denna äro relativt fattiga på gran, de starkare podsolerade rikare. I Jörntrakten och å platån sydost om Murjek station voro exempelvis tallhedarna relativt granfattiga och hade tunn blekjord; däremot omkring Paijerim-Koskats och Tärrejaure granrikare och starkare podsolerade.

Där en tallhed av en viss podsoleringsgrad övergår i en annan med mäktigare blekjord, ökas så gott som alltid granens frekvens. Detta var ytterst slående å Fagerheden, som å flere ställen visade fuktigare och starkare podsolerade ytor. På dessa funnos talrika, ganska vackra granar.

Alla dessa iakttagelser kunna knappast bero på tillfälligheter, utan torde sammanhänga med att granen, risen och mossorna befordra bildningen av en råhumus, som verkar starkare podsolerande än de rena lavassociationerna. I de torraste, risfattigaste tallhedarna är, som förut påpekats, profilen mycket lik profilen i lavassociationer å geologiskt ung mark. Det faller sig då naturligt att anse den nuvarande lavpodsoleringen vara ett resultat just av en risfattig lavvegetation. De rena lavassociatio-



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

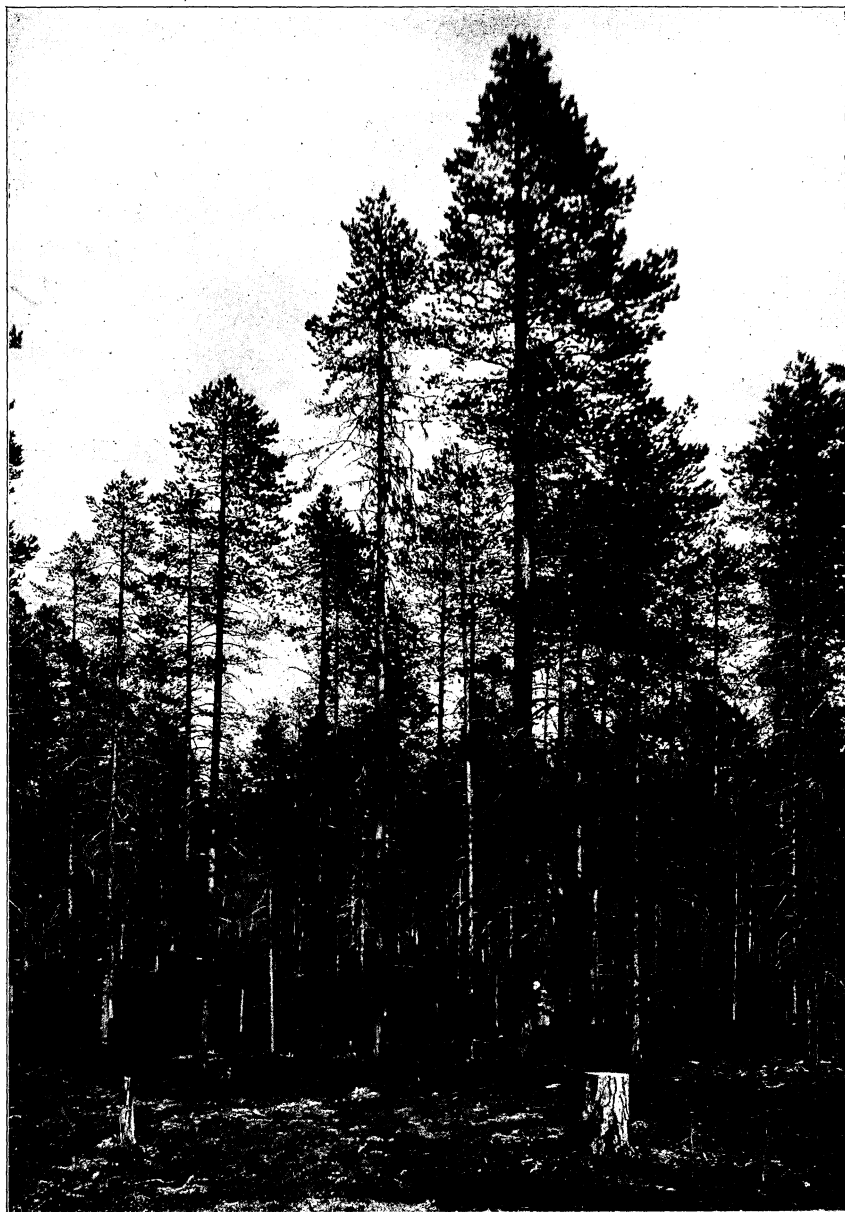
Foto av föf.

Fig. 16. Tallhed från södra delen av Nordheden, Sikå revir, Jokkmokk, Lpl. Extremt torr typ, där risen (ljung) nästan alldeles tråda tillbaka. Glacifluvial sand. — (Kiefernheide, Jokkmokk, Lappland. Sehr trockener Typus, wo die Zwergsträucher zurücktreten. Bodenvegetation von Flechten. Glacifluvialer Sand.)

nerna med sin omkring 1 cm mäktiga humus skulle förmodligen ingenstädes förmått framkalla starkare podsolerung på den tid, som övre Norrland varit skogbeväxt. Enligt denna tankegång bör man i en starkare podsolerung å en tallhed se resultat av tillvaron av mer eller mindre långvariga stadier med ris- och mossrikare associationer. Då dessa alltid åtfölja granen, blir man frestad att i en högre podsoleringsgrad vilja se spår av om granen i större eller mindre utsträckning förekommit å en hed.

En lavpodsolerad tallhed torde man på goda grunder kunna anse aldrig längre tid ha varit inkräktad av granen. Den är sålunda en ovanligt gemin tallmark, vars lavassociation aldrig lyckats utveckla sig till en mossassociation. Hos en starkt podsolerad tallhed utom å de på näringsämnen oerhört fattiga områdena i norra Dalarna och mineralogiskt likvärdiga marker torde man ha en viss rätt att misstänka ett eller flere granstadier, d. v. s. tider, då granen helt eller delvis tagit marken i anspråk. Å de medelstarkt podsolerade hedarna ha måhända i vissa fall granstadier förekommit, medan i andra fall det blott varit en växling av ris- och mossrikare tallhedassociationer med lavrikare. Att skogsbränderna härvid spelat en avgörande roll, är troligt. Många gånger förefalla dylika historiska orsaker vara de enda, som man kan tillskriva fördelningen av mossrika granskogar och tallhedar på det enformiga moränområdet över marina gränsen i övre Norrland. Troligen ha de haft samma betydelse för uppkomsten av tallhedar av olika podsoleringsgrad på till synes alldeles likartad moränmark. Stundom torde en låg podsoleringsgrad vara en följd av att en hed av ren slump råkat brinna många gånger, varigenom granen, risen och mossorna städse hållits efter och lavassociationerna gynnats.

Som en egendomlighet kan nämnas, att det *ej lyckats mig att påvisa starkare podsolerung i moss- och risfläckar jämfört med lavfläckarna i gamla tallhedar*, medan såsom ovan anförts en sådan skillnad fanns å vissa unga sådana. Förklaringen härtill är antagligen den, att å gamla marker olika associationer under tidernas lopp växlat, varvid deras olika podsolerande inflytande småningom utjämnats. Saken tyder sålunda ej på någon alltför långvarig resistens hos fläckassociationer. Man måste dock härvid taga med i räkningen, att mätningsmetoden för podsoleringsgraden är mycket grov. Om det vore genomförbart, borde man som mått på podsolerungen taga produkten av blekjordens medelmäktighet och dess vittringsgrad. Det är sålunda antagligt att många verkliga skillnader i podsolerung särskilt vid fältundersökningar alldeles undandraga sig upptäckt. De primära variationerna i moderavlagringens sammansättning tillåta ej heller ett exakt bedömande av vittringsgraden utan mycket ingående kemiska undersökningar.



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.
Från HESSELMAN, 1917 c.

Foto av H. HESSELMAN.

Fig. 17. Typisk medelstarkt podsolerad tallhed å moränmark. Markvegetationen tämligen ljungrik. Krpk Ö. Jörnsmarken, Vb. — (Typische, mittelstark podsolierte Kiefernheide. Moränenboden. Bodenvegetationen ziemlich reich an *Calluna vulgaris*. Jörn, Västerbotten.)

E. Om skogseldars inverkan på podsoleringen.

Vid diskussion av markprofilens utveckling under inflytande av vegetationen inställer sig den frågan, om en skogseld kan ha något inflytande på podsoleringen även bortsett från dess omvandling av skogstyperna. Denna tanke har upprepade gånger framkastats. Senast har den upptagits av professor Rindell (1910), som vill tillskriva de vid en skogsbrand frigjorda asksalterna en roll särskilt vid ortstensbildningen. Han tänker sig, att av de i askan befintliga alkalikarbonaten och av humusen bildade organiska syror skulle uppstå salter, vilka i likhet med vinsyrans och andra oxisyrorers salter tillsammans med metallhydroxider, här särskilt järnhydroxid, skulle bilda lösliga föreningar. Dessa antager Rindell spela en betydande roll vid järnets upplösning och vandring och han betraktar det beskrivna fenomenet som en viktig bidragande orsak till ortstensbildningen.

Mot denna uppfattning kan åtskilligt invändas. För det första återstår att bevisa, att alkalihumaten verkligen kunna ha en dylik inverkan på järnhydroxiden i skogsmarken. Vidare visa de skogstyper, som lättast och oftast härjas av eld, nämligen torra tallhedar, alltid den svagaste podsoleringen, medan fuktigare skogstyper förete starkare. Med hänsyn till att podsoleringen är en mycket långsam process, vore det egendomligt, om en så kortvarig och sällan förekommande eventualitet som en skogseld skulle kunna spela större roll för profilens utbildning. Genom Hesselmanns (1917 b) omfattande undersökningar veta vi nu, att en brand i en mossrik skog städse omvandlar humustäckets i en sådan riktning, att det blir mindre mäktigt och mera mullartat än vad det förut varit, och detta bättre tillstånd synes räcka avsevärda tidrymder. Medan brandens direkta verkningar i fråga om produktion av lösliga asksalter blott är av tillfällig karaktär, sträcker sig det indirekta inflytandet över ett betydande antal decennier, under vilka humustäckets är gynnsammare än förut. Härav kan man sluta, att en skogsbrand måste under en längre tid verka avtrubbande på podsoleringen, vilket väl måste vara av större betydelse än de snart uttvättade asksalternas direkta inflytande.

För att få en uppfattning angående den kvantitet asksalter, som borde finnas kvar i en skogsmark efter en brand har jag företagit följande undersökning. Å kronoparken Aggberget och angränsande byamarker intill Kulbäcksliden i Degerfors socken, Västerbotten, härjades ett betydande område mossrik granskog av *Myrtillustyp* i juni 1918 av en så häftig brand, att alla träd dogo, även enstaka äldre tallar, som funnits inblandade i den gamla skogen. En vidsträckt del av det stora brandfältet låg i en ganska skarp sluttning. Vid mitt besök i augusti 1918 uppsamlade jag dels vatten från en källa, dels stagnerande vatten omkring några stenar under en gran, dels

framkommande vatten i en cirka 50 cm djup, nygrävd grop. Alla punkterna lågo vid basen av sluttningen inom brandfältets område. Om några större mängder salter efter branden funnos kvar i marken, borde detta just visa sig i dylika vattenprov. En bestämning av elektrolytiska ledningsförmågan å dessa vid 15° C gav synnerligen låga värden, 3,06. 10⁻⁵, 3,12. 10⁻⁵, 2,07. 10⁻⁵ respektive. En jämförelse med vatten vid samma tidpunkt hämtade från den omgivande obrunna skogsmarken (jfr kap. 4:B41) gav vid handen, att ingen säker ökning av salthalten i brandfältsvattnet kunde spåras.

Av denna undersökning kan slutas, att redan efter ett par månader, under vilka några ej obetydliga regn inträffat, elektrolythalten i den starkt brända marken var fullt normal igen.

På grund av alla de anförda omständigheterna är jag benägen att bestrida någon märkbar direkt inverkan av skogseldar på podsoleringen. Däremot äga de som nämnts ett betydande indirekt inflytande genom att påverka vegetation och humustäcke. Denna indirekta påverkan är alltid av försvagande natur. Dessa slutsatser gälla dock blott det nordsvenska barrskogsområdet.

På ett spår av brand i markprofilen har jag blivit uppmärksamgjord av kronojägare K. G. Stenberg i Jörn. Där elden tagit så hårt, t. ex. vid gamla torra stubbar o. d., att själva marken blivit utsatt för större hetta, antager rostjorden stundom delvis en klarröd färg. Sådan rostjord brukar även kunna hittas under askhögar efter eldar, som upptänts av människor. Orsaken till fenomenet är säkerligen att limoniten i rostjorden i hettan avger vatten, varvid den endera övergår till något vattenfattigare hydrat eller rent av till oxid, varvid färgen ändras i den anförda riktningen. Vid kemisk undersökning av en dylik rostjord visade sig den röda järnföreningen fullständigt löslig i surt kaliumoxalatlösning; det undersökta provet innehöll 2,14 % sådant järn, beräknat som Fe₂O₃.

Under kolbottnar har man stundom hittat ortsten. Några dylika lokaler har jag iakttagit å Bjurfors kronopark, Västmanland. Spridda ortstensförekomster finnas emellertid här och där oberoende av kolbottnarna. Även har jag iakttagit i diken genom gamla kolbottnar vid en nyanlagd väg i trakten av Spjuttjärn, Västmanland, att profilen under dessa ej visat någon förändring jämfört med den omgivande marken. Det torde därför vara tvivelaktigt om ens under eller i omgivningarna av kolbottnar några fenomen finnas, som ådagalägga askans inverkan på podsoleringen.

KAP. VI.

Om ortstensbildning.

Ortstensbildningen har varit det moment i podsoleringen, som tidigast och i högsta grad tilldragit sig såväl forskares som praktiska skogsmäns intresse. Sålunda förekomma spridda uppgifter i den svenska skogslitteraturen om iakttagelser av ortstensförekomster. Jfr t. ex. Alb. Nilsson (1901, s 31), som upptager den folkliga benämningen *malmbotten* på ortsten. Även må anföras af Zellén (1905). De flesta forskare, vilka ägnat podsoleringen mera ingående intresse, ha även sökt utreda och förklara ortstensbildningen. Det är därför onödigt att här upprepa en översikt över hithörande litteratur, utan må hänvisas till den som meddelats i kap. 4 o. 5. Senaste föreliggande sammanställning av åsikter angående ortstensbildningen härrör från Ehrenberg (1918, sid. 381—406). Denne betraktar ortstenen som ett slags utpräglad rostjordsbildning och anser rostjord således vara ett förstadium till ortsten. För hans uppfattning av rostjorden har redogjorts i kap. 4. Han anser, att sedan väl en impuls givits till rostjordsbildning uppkommer småningom ortsten genom podsoleringens allmänna fortskridande.

Att Ehrenbergs förklaring av rostjordens uppkomst och därmed även av ortstenens ej kan vara tillämplig på nordsvenska förhållanden framgår av mina undersökningar angående podsoleringen å unga marktytor (kap. 5:A). Studiet av ortstensbildningen i Norrland har i stället fört mig till en i mångt och mycket från den gängse uppfattningen avvikande åskådning.

Medan ortstenen i Norrland tills relativt nyligen ej tilldragit sig forskningens intresse, har den sedan länge varit känd av befolkningen i många orter. Vid dikesgrävningar för jordbruksändamål kom man nämligen stundom i beröring med ortstenslager, vilka i enstaka fall voro till olägenhet vid odlingen. Särskilt i Väster- och Norrbotten är ortstenen väl känd och har av lantbefolkningen erhållit olika, delvis mycket träffande benämningar. Sålunda har jag i de nämnda landskapen hört benämningarna *eräl*, *eräljord*, *skenhälla* och *röd pinnmo*. De båda sistnämnda karaktärisera ortstenens egenskaper synnerligen väl. Skenhälla avser tydligen de mera fasta, sammanhängande bankar, som stundom förekomma i finsandiga, för odling lämpliga sediment.

A. Om ortstenarnas egenskaper.

Av ortsten förekomma tre typer: *Lerortsten*, *järnortsten* och *humusortsten* (P. E. Müller, 1887). Det första slaget, som bildas genom nedslamning av ler från markens översta lager till en bestämd nivå, där ett stenhårt lager (lerahl) uppstår, har av mig ej anträffats i Norra Sverige. Måhända är elektrolythalten i de norrländska grundvattnen så låg, att de fina lerpartiklarna mera sällan komma till utfällning på detta sätt.

Järn- och humusortsten förekomma däremot ofta och i riklig mängd. Emellertid är det knappast ändamålsenligt att strängt skilja på de båda olika typerna, enär de ofta övergå i varandra. Ej sällan är ett ortstenslager i en del utbildat som järnortsten men övergår i en annan del till humusortsten. Järnet förekommer i ortstenens bindemedel troligen i form av utflockad limonit eller möjligen ferrihumat. Humusämnena i ortstenarna utgöras städse av en utflockad, strukturlös massa. Rottrådar och dylika fragment saknas i regel.

De järnrika ortstenarna innehålla så gott som alltid avsevärda mängder humus, medan de humusrika kunna vara dels limonithaltiga, dels nästan fria från limonit. De humusrika ortstenarna äro svarta till mörkbruna, de humusfattiga mer eller mindre starkt rostfärgade. Utom på färgen kunna de humusrika lätt skiljas från de humusfattiga, men järnhaltiga, genom kokning med utspädd ammoniak. De mörka, humusrika ortstenarna sönderfalla härvid till pulver och ge samtidigt upphov till en svartbrun lösning. De humusfattiga sönderdelas blott obetydligt.

Utom järn- och humusföreningar ingå helt säkert även andra utflockade kolloider i ortstenarnas bindemedel. I kap. 4:B3 har visats, att i rostjorden finnas betydande mängder utflockade aluminiumföreningar och kiselsyra. Med all sannolikhet förekomma dessa ämnen även i ortstenarnas bindemedel. Emellertid ha undersökningar med lupp och mikroskop, det senare även efter färgning med fuchsin enligt i kap. 1:C beskriven metod, med sannolikhet ådagalagt, att sådana ortstenar, som äro fattiga på limonit och humus även äro fattiga på utflockade kolloider överhuvud taget. Limonit- och humushalten synas med andra ord vara karaktäriserande för mängden bindemedel överhuvud taget, vilket även ur teoretisk synpunkt är troligt.

Det i en ortsten förefintliga minerala material, som av bindemedlet blivit sammankittat, måste ha en sammansättning av samma typ, som i kap. 2:A1 ådagalagts vara den normala för ovittrade jordlager. En kemisk analys, som bestämmer detta materials sammansättning skulle därför ej bringa kunskapen om ortsten och ortstensbildning särdeles mycket längre,

i varje fall ej i en grad motsvarande det tidsödande arbetet. En kemisk undersökning av ortstenar måste därför inriktas på att studera bindemedlets egenskaper. I dettas natur och mängd ligger nämligen ortstens egenskaper som ortsten betraktad.

Att exakt bestämma mängden kiselsyra och aluminium i en ortstens bindemedel är för närvarande omöjligt. Att bestämma limonit och humus går däremot synnerligen lätt enligt i kap. 1:C angivna metoder, och torde även vara det väsentliga. Med anledning härav har jag analyserat ett antal ortstenar av olika typer på limonit och humus, varjämte jag även undersökt dem angående deras förhållande till kokande, utspädd ammoniak.

Resultatet av kemiska ortstensundersökningarna framgår av kap. 11:G. Det visar sig att de järnrikaste ortstenarna också äro mycket livligt rost-röda. Färgen avtager sedan alltmera med halten limonit och humus; de på dessa ämnen fattigaste ortstenarna ha ungefär samma ljus gulbruna färg som vanlig sand eller oxiderad morän. Vid en mera betydande humushalt blir färgen först smutsigt rostbrun och vid högre humushalt allt mörkare till brunsvart. Det är sålunda lätt att med blotta ögat skilja de humusrika, de järnrika och de på bindemedel fattiga ortstenarna från varandra. I tveksamma fall kan ammoniakprovet göra goda tjänster.

Det intressantaste resultatet av den kemiska undersökningen av olika ortstenar är, att dessa med avseende på halten av sådana beståndsdelar, som kunna verka sammankittande ej avvika märkbart från rostjord och vissa andra fullkomligt lösa, jordiga markskikt. De normalt järn- och humusrika såsom nr 91, 123, 70, 120, 114, se kap. 11:G, motsvaras av normala rostjordsskikt av lika hög limonit- och humushalt. De humusrikaste motsvaras av anrikningshorisonter i humuspodsoler med alldeles likartad halt utflockad humus. Analyser av sådana skola framdeles publiceras. De järnrikaste äga slutligen också sin motsvarighet i fullkomligt lösa, jordiga anrikningshorisonter, som bildats genom uppstigande grundvatten, s. k. gleybildningar, vilka kunna innehålla ända till 60 % limonit utan att på något sätt vara förhårdnade. De på bindemedel fattigaste ortstenarna såsom nr 101 och 86 innehålla så föga därav, att de kemiskt ej mycket skilja sig från oförändrad sand eller morän.

Man finner med andra ord att halten av utflockade kolloidala beståndsdelar i ortstenarna varierar inom precis samma gränser som halten av motsvarande ämnen i rostjord och liknande lösa bildningar. Man är härav berättigad att sluta, att det ej direkt beror på hur stor mängden utflockade kolloider är, om ett markskikt blir ortsten eller ej. Ortstensbildning behöver tydligen ej vara en senare fas av rostjordsbildning, utan den senare processen kan mycket väl fortsätta obegränsat utan att ge

upphov till ortsten. Man skulle eljest ha väntat sig, att en rostjord vid betydligt ökad tillförsel av kolloider småningom måste övergå till ortsten, en tanke, som tydligtvis föresvävat ett stort antal forskare på hithörande område. Man måste i stället antaga, att *under norrländska förhållanden ortstensbildningen och rostjordsbildningen äro två från varandra skilda faser av en och samma anrikningsprocess*, vilka kunna ersätta varandra, efterträda varandra eller äga rum samtidigt. Skillnaden mellan dem är huvudsakligen av kvalitativ art och den ena är ej att betrakta som en direkt intensifiering av den andra.

Man frågar sig då givet vad som egentligen åstadkommer ortstens hårdhet och sammanhållning. På detta spörsmål har det tyvärr ej varit mig möjligt att giva tillfredsställande svar. Sannolikt beror hårdheten väsentligen på den inre struktur, som de utfällda kolloiderna äga. Olika elektrolytkoncentrationer påverka de kolloidala partiklarnas storlek på så sätt att vid ökade elektrolytkoncentrationer bringas mindre partiklar att sammansluta sig till större. Vid minskning av elektrolythalten kunna aggregaten åter upplösa sig. Det är mycket sannolikt, att de utflockade ämnenas fysikaliska egenskaper sammanhänga med de kolloidala partiklarnas storlek, och måhända skulle problemet kunna studeras experimentellt medels kolloidkemiska metoder.

Ortstenarnas mekaniska och fysikaliska egenskaper variera emellertid i viss mån med bindemedlets natur. De starkt humösa äro sålunda i regel ganska lösa. Ofta ha de en skivformig eller grovt klumpformig utbildningsform och gå då lätt sönder i skivor av ungefär 1 cm:s tjocklek, resp. klumpar. Exempel nr 125, 112 kap. 11:G. Vid kokning med ammoniak sönderfalla de mycket hastigt och bilda en mycket mörk lösning. Allra hårdast äro vanligen de på limonit mycket rika ortstenarna såsom nr 100 och 84. Emellertid kunna alla de mer eller mindre humösa och limonitrika mellantyperna förete alla tänkbara grader av hårdhet från en medelhård sandstens, som ej utan hammare kan slås sönder, till vid beröring halvt sönderfallande klumpar. Härvid är säkerligen ortstens moderavlagring av största betydelse. Är denna en från början hårt packad bottenmorän, blir ortstenen, om ock fattig på bindemedel mycket fast. Ett exempel härför är nr 124 från Älvdalen, Dalarna (se vidare nedan). I allmänhet syntes moränerna i Älvdalen vara av den beskaffenhet att kunna alstra hårda ortstenar; dock gällde detta ej om humusortstenar, som även här äro lösa. Där på bindemedel fattiga ortstenar äro utbildade i sand, äro de vanligen lösa. Exempel på dessa typer äro nr 120, 89, 102.

Ortstenarnas struktur är i regel lik en lös sandstens. Där moderavlagringen visar skiktning, återfinnes denna i ortstenen. Även i övrigt är strukturen beroende på moderavlagringens ursprungliga struktur och

närmar sig denna allt mera vid avtagande halt av bindemedel. De mest limonitrika ortstenarna få stundom strukturdrag, som något erinra om hårda myrmalmsklumpar.

Får ortsten ligga i luften, vittrar den. Lättast vittra de humösa slagen, minst naturligtvis de hårdaste. Enligt muntligt meddelande av professor H e s s e l m a n hade år 1905 uppgrävda stycken av en typisk ortsten från Rokliden, Norrbotten (från yta I, kap. II:A) ännu år 1913 ej söndervittrat. Väggarna i gamla grustag med ortsten bestå ofta av mycket hård sådan, som knappast märkbart tilltager i fasthet, när man hugger sig längre in i väggen. Lösa ortstenar torde på ett år genom frostens inverkan smulas sönder, om de få ligga utsatta för densamma.

B. Ortstens allmänna uppträdande.

Olika avlagringar äro olika benägna för ortstensbildning. I leror kan sannolikt järn- och humusortsten lika litet som den normala podsolprofilen uppkomma. Även i fina mjälor synes ortstenen saknas. Jag har aldrig sett någon ortsten i detta jordslag. Däremot inträffar, att i skiktad älvsand, som mellan skikten är inlagrad med tunna mjälvarv, dessa givit upphov till ortstensskikt.

Ett exempel på detta visar en deltaterrass i Bergefors, Medelpad, nära Indalsälvens mynning. Terrassen är genomskuren av älven och bildar mot denna en hög slänt. Överst i markytan ligger ett mjällager, som underlagras av varvig (antaglig årsvarvig) sand. I sanden finnas vid varvgränserna tunna mjälenskikt. Å sex till åtta m:s djup under markytan är sanden närmast ovan mjälränderna här och var sammankittad till en rostfärgad järnortsten, som bildar några cm tjocka linser. Ett prov av denna ortsten är nr III. Ortstenen karaktäriseras av hög limonithalt, men saknar praktiskt taget humus, och avviker sålunda från de flesta andra ortstenar.

Sand och morän äro de avlagringar, i vilka man oftast finner ortstenslager. Dessa olika avlagringars roll vid ortstensbildningen är i viss mån komplicerad och skall i det följande beröras.

Genom ett studium av ortstenars förekomst i fält kan man få en viss inblick i de yttre förutsättningarna för deras bildning. Att ortsten kan uppkomma å rostjordens plats i en podsolprofil är ett sedan lång tid tillbaka känt faktum. Men den kan även uppkomma på annat sätt. Varhelst järn- eller humushaltiga lösningar i marken tvingas att utflocka något av sina upplösta beståndsdelar finnas möjligheter för uppkomst av ortsten. Anrikade skikt, vare sig rostjords- eller örtstensartade kunna sålunda uppkomma i samband med vattnets rörelser i marken.

Om vattnet, som åstadkommer en ortstensbildning, endast är på platsen fallen nederbörd, som rör sig huvudsakligen rätt nedåt, uppkommer den typ ortsten, som i kap. 1:B blivit benämnd autokton. Den motsvarar normala rostjordsskikt och finnes i en normalt podsolerad profil. Om däremot vattnet transporterats en betydande väg i horisontal led, innan det föranleder ortstensbildning, benämnes ortstenen allokton. Den alloktona ortstenen kan utbildas på tvenne olika sätt. Endera strömmar vattnet mera ytligt och rinner så ned i marken, genomträngande dess övre lager. Det kan då uppkomma en podsolprofil, som ofta äger en alldeles abnormt hög podsoleringsgrad. Under en särdeles tjock blekjord kommer en mäktig ortstensbank. Eller också strömmar vattnet fram djupare ned i marken och sammankittar där mineralkornen till ortsten utslutande med hjälp av de beståndsdelar, som medförts i vattnet. På samma sätt som dessa båda ortstentyper kunna även ej förhårdnade, rostjordsartade skikt uppkomma. I det förra fallet blir det en abnormt mäktig rostjord. I det senare fallet uppkomma rostfärgade skikt, som äro vanliga i försumpade marker och som benämnas gleybildningar (se kap. 1:B), vilka jag hoppas få beskriva i ett kommande arbete. Även den ortsten, som är bildad på detta sätt kan kallas en gleybildning, men beskrives lämpligen här i samband med övriga ortstentyper. Endast den autoktona ortstenen kan uppträda regionalt å arealer av större omfattning. Till denna kategori höra säkerligen de flesta ortstenar, som förekomma på de danska och nordtyska hedarna. Endast den autoktona ortstenen kan därför ha någon större betydelse ur skoglig synpunkt. Den alloktona ortstenen uppträder lokalt, vanligen i närheten av försumpningar och torvmarker, vilka magasinera vatten, rikt på upplösta humusämnen, som föranleda vittring av mineralen endera i torvmarkens botten eller i dess omgivningar. Den alloktona ortstenen blir nästan alltid av större mäktighet än den autoktona och ofta rikare på sammankittande beståndsdelar, men då den aldrig förekommer över större arealer, får den ringa praktisk betydelse i stort sett. Vetenskapligt sett erbjuder den dock mycket av intresse, enär den ger tillfällen att studera, huru synnerligen fast och sammanhängande, mäktig ortsten inverkar på skogen, vilket är av värde även för bedömande av den autoktona ortstenens betydelse. Som naturligt är, förekommer den alloktona ortstenen vida oftare i genomsläppliga sandlager än i moräner. I dessa senare synes den ej heller nå den mäktighet och den intensitet i utbildningen som i sand och grus. Detta är naturligt, då den är beroende på relativt vattenrika grundvattenströmmar, vilka i morän möta stort motstånd.

Såväl autokton som allokton ortsten kunna utbildas som järn- eller humusortsten. Humusortsten uppkommer alltid i fuktiga lägen under

tunn torv o. d. (humuspodsol). En allokton ortsten är ofta starkt humös intill den myr, som gett upphov till densamma men mera limonitisk och rostfärgad längre därifrån. En autokton ortsten kan vara utbildad som järnortsten i en torr eller frisk skogsmark men övergå till humusortsten inemot gränsen till försumpningar. Under starka försumpningar med mäktig torv och högt grundvattenstånd har jag ingenstädes påträffat ortsten. Sannolikt är limoniten under sådana förhållanden som där råda (syrebrist; jfr H e s s e l m a n, 1910 b), instabil och reduceras eller löses upp på något sätt.

C. Autokton ortsten.

1. Ortstens samband med podsoleringsgrad och skogstyp.

Autoktona ortstenar äro som nämnts de, som förekomma i skogsmark å stora arealer, och vilka kunna bildas var som helst i marken alldeles oavsett lokala grundvattenströmmar o. d. De förtjäna därför den största uppmärksamhet ur skoglig synpunkt. Det gäller då närmast att studera, om dessa ortstenar äro typiska för någon viss podsoleringsgrad eller skogstyp.

Härvid finner man, att ortstensbildningen är vanligast i starkt podsoletrade marker med mäktig blekjord. Härav följer, att *Myrtillus*granskogen och dess motsvarighet i övre Dalarne, den fuktiga, råhumusrika tallheden äro de skogstyper, som oftast äro åtföljda av ortsten. Emellertid finnes ortsten alls ej överallt, där podsoleringen är stark, utan är städse ett undantagsfall. Inom vissa delar av Värmland är exempelvis marken i de mossrika granskogarna av *Myrtillustyp* och dennas motsvarigheter synnerligen starkt podsoletrad, men man anträffar mycket sällan ortsten. I översta Norrlands klimatiskt karga trakter är däremot ortsteningen vanlig i *Myrtillus*granskogen, men ej heller där alltid förekommande. Ortstens förekomst synes sålunda vara ett utpräglat klimatiskt fenomen och dess allmänna utbredning skall därför beröras i kap. 7.

I svagare podsoletrade marker, såsom de medelstarkt podsoletrade tallhedarna, förekommer ortsteningen mindre ofta än i de starkt podsoletrade *Myrtillus*granskogarna. Även härvid visar sig ett klimatiskt inflytande tydligt i fråga om ortstensförekomsternas fördelning. Topografiens inflytande gör sig i denna skogstyp ofta starkt gällande på så sätt att ortsten förekommer i små svackor i moränmark men ej för övrigt. Ibland kan den dock även förekomma å jämna arealer.

I de lavpodsoletrade tallhedarna har jag aldrig sett minsta spår av ortsten. Rostjorden utbildas här som i kap. 5:D2 visats på ett annat sätt

än i övriga profiltyper; kolloiderna synas utflockas inom ett i vertikal led större område än i övriga podsolyter. Måhända föreligger på grund härav ingen tendens till ortstensbildning i dessa marker. Måhända producerar ej lavvegetationen de humusämnen som äro nödvändiga för uppkomsten av ortsten.

På unga marker träffas ytterst sällan ortsten. Dock har jag funnit början till sådan i ett fall på en mycket ung yta, nämligen nr 11 (se kap. 11:A) i Hörnefors, Västerbotten å en nivå av 2—3 m över havet. Här hade utbildat sig små rostfärgade klumpar, som dock lätt kunde tryckas sönder med fingrarna. Någon hållpunkt för bedömande av ortstensbildningens hastighet har därför ej kunnat erhållas. De klimatiskt relativt gynnsamma kusttrakterna äro överhuvud taget olämpliga för ortstensbildning. Med hänsyn till podsoleringens allmänna gång vill man gärna föreställa sig, att ortstensbildningen också är en långsam process, men bevis för detta äro svåra att få. Den omständigheten, att det på kolloider anrikade skiktets hårdhet ej beror direkt på kvantiteten av sådana beståndsdelar, tillåter möjligen även ett antagande, att ortstensbildningen i för densamma gynnsamma fall kan gå ganska hastigt. R a m a n n (1886 a) har ådagalagt, att ortstenen i Nordtyskland fort återbildas, när den genombrutits av rötter och redskap, men detta är även naturligt i de fall, som han beskrivit; de åstadkomna hålen i det befintliga ortstenslagret bli här avledare för vatten från ett betydande område och tillförseln av sammankittande beståndsdelar måste bli mångdubblad. Av de uppgifter att döma som föreligga hos P. E. M ü l l e r (1887) m. fl. (jfr historiken i kap. 5) kan man under loppet av en skogsgeneration på sin höjd spåra en första börjande tendens till ortstensbildning när förhållandena för densamma äro särskilt gynnsamma. Ett detaljstudium av norrländska ortstensförekomster (se nedan) talar snarare för att ortstensbildningen är en långsam process. Det vore eljest svårt att förstå, att den ej har större omfattning än den faktiskt har å sådana ytor, där starkt utpräglad ortsten verkligen finnes.

2. Ortsten i mossrika skogar.

I mossrika barrskogar, speciellt *Myrtillus*-granskogar, plägar ortstenen vara rostfärgad. Dock varierar graden av färgning från mycket ljus till ganska mörkt brun. Starkare färgade varieteter äro även rikare på sammankittande beståndsdelar, särskilt humus och limonitiskt järn. Sålunda varierar humushalten i ortstenar av denna typ (se kap. 11:G) från 0,41 % till 3,13 %; i svagt försumpade marker går den upp till cirka 10 %. Limonithalten (beräknad som Fe_2O_3) varierar i de undersökta proven från 0,23 (dock i undre delen av en ortstensbank) till cirka 1,6 %.

En ur skogens synpunkt säkerligen gynnsam omständighet är att ortstenen, även då den är utbildad som stenhårda bankar, aldrig bildar sammanhängande lager över större ytor. Det finnes alltid ortstensfria punkter och mellanrum, i vilka rötter och vatten nedtränga. Där ortstenen är hård, är den eljest ett ogenomträngligt hinder för de rötter, som vilja gå ned på djupet i marken. Denna ständiga variation i ortstensens utbildning sammanhänger nog i moränmarker till någon del med dessas mikorelief och ur vattenavledningssynpunkt mycket ojämna beskaffenhet, men även å sand äro autoktona ortstenslager sällan sammanhängande.

Ortstenen förekommer i allmänhet nära under blekjorden. Ofta är det emellertid en två till fem cm:s övergångszon av mera rostjordsartad karaktär mellan blekjorden och det utpräglade ortstenslagret. Då blekjorden i allmänhet är 10—15 cm mäktig, ligger det hårda ortstenslagret sålunda på cirka tjugo cm:s djup eller mer under mineraljordens yta, cirka 30 cm under markens, om humuslagret medräknas.

Någon skadlig inverkan på skogen torde ortstenen då den förekommer i spridda klumpar knappast kunna tänkas förorsaka. Däremot ställer sig saken måhända annorlunda när hårda, mäktiga ortstensbankar föreligga. Emellertid har granen som bekant städse ett ytligt rotsystem, varför olägenheterna av ortstenen för densamma ej äro så stora, som eljest skulle varit fallet. Ortstensens översta, lösare del är ofta invänd med talrika fina rötter. Här finnes uppenbarligen tillgång till näringsämnen. Då blekjorden ej på långa vägar är uttömd på för vegetationen värdefulla mineral, vilka dessutom ständigt äro underkastade vittring (se kap. 4:B2) är det svårt att förstå, att granarna genom ortstensens inverkan skulle bli avstängda från möjlighet till näringsupptagande. Ej heller kan man gärna föreställa sig, att skogen lider alltför mycket genom att vattnet stagnerar ovan ortstenen, ty alltid finnas ju talrika ortstensfria punkter, där det kan avrinna och där rötter tränga ned. Ett tecken på försvårad vattentransport är om blekjorden i sin undre del blivit impregnerad med limonit (jfr yta 1, kap. 11:A), men detta fenomen är ytterst sällsynt. Om också ortstenen delvis hindrar underifrån uppstigande grundvatten, så torde därigenom knappast någon ödesdiger olägenhet bli följden, om blott tillräckligt med näringsämnen produceras ovan ortstenen.

Förhållandena i övre Norrlands granskogar äro sålunda mycket olika de ortstensmarker, som beskrivits från de danska hedarna av många författare. Det är att märka, att blekjordslagret i de norrländska ortstensmarkerna är mångdubbelt rikt på förråd av växtnärlingsämnen, jämfört med motsvarande lager på de nordtyska ortstensmarkerna (enl. R a m n n s analyser, 1886 a). Därtill kommer att bottenmoränen ofta, bortsett från all ortstensbildning, är så hård och svår genomtränglig, att skill-

naden mellan ortstensbemängd och ortstensfri morän ej är stor. I fråga om sandmarker torde skillnaden i genomsläpplighet på grund av ortsten däremot kunna vara högst betydande (jämför nedan: alloktona ortstenar).

Vid diskussion av granens förhållande å ortstensmarker torde några iakttagelser, som jag gjort på Värmlands hyperitmarker vara i viss mån belysande. På dessa marker äro stundom jordtäckningen minimal och hyperithällarna täckas av ett cirka tic cm mäktigt mullartat humuslager. Dock kunna granarna visa utomordentlig tillväxt, trots att deras rötter endast kunna finna mineraljord i hällens små skrevor. Träden blåsa därför också lätt omkull. Fallet ifråga synes mig visa, att granen för sin trevnad ej är beroende av möjlighet att gå nedåt med sina rötter och ej heller av möjligheten för vatten att stiga upp kapillärt från djupare lager, om blott humuslagret är i förstklassigt skick. Kunde man således försätta humuslagret å en utpräglad ortstensmark i ett gynnsamt skick, borde detta vara tillräckligt för att göra granaskogen växtlig.

Genom ett studium av ortstensmarker med mera utpräglad ortsten i övre Norrland får man sålunda den uppfattningen, att ortstenens direktskadliga inverkan på skogsbestånden ej är så stor och bör kunna motvägas av andra faktorer. Emellertid förekommer ortstenen just på de sämsta granmarkerna med glesställda oväxtliga skogar, vilka som bekant äro talrika i övre Norrland. Man torde dock kunna förutsätta, *att ortstenens förekomst och skogens dåliga beskaffenhet äro följder av en gemensam orsak: nämligen ett mäktigt och förvildat råhumusställe*, vilket är en fullt tillfyllestgörande förklaring.

Man har velat tillskriva ortstenen en betydande indirekt skadegörelse såsom försumpningsorsak. Det torde ej heller kunna förnekas, att förekomst av ortsten påverkar genomrinningen i marken. Detta skall i avd. D belysas med exempel. Vad speciellt ortstenen i gran-moränmarkerna beträffar, så torde den spela mindre roll för genomrinningen i dessa än den förmår göra i sandmarker. Bottenmoränerna äro nämligen redan bortsett från förekomst av ortsten synnerligen svår genomsläppliga. Enligt de undersökningar, som sedan länge bedrivits å Statens skogsförsöksanstalt angående försumpningsfrågan (se H e s s e l m a n, 1910 c), vill det synas, som om de mera i stort försiggående skogsförsumpningarna bero på djupt liggande orsaker och ytavrinningen av nederbördsvatten synes ej spela så stor roll.

Om detta är riktigt, reduceras givetvis i någon mån ortstenens roll som försumpningsorsak. Härtill kommer som redan nämnts, att den autoktona ortstenen aldrig bildar fullt sammanhängande bankar. Det finnes alltid kanaler, där vattnet kan sippra ned. I dessa ytliga lager, som delvis genomarbetats av rötter är också marken ganska genom-

släpplig och tyckes av allt att döma förmå avleða betydande mängder vatten.

För uppfattningen angående ortstenens roll vid skogsmarkens försumpning är det av intresse att studera ortstenens förhållande i övergångszonerna mellan torr och försumpad skogsmark. Som framgår av flere i det följande anförda exempel, vill det synas som om ortstenen så fort marken börjar övergå till försumpad blir mörk, humös och mindre hård (humuspodsol).- Samtidigt avtager järnhalten och hårdheten, vilken i ej ringa grad synes vara betingad just av limoniten. Vid alltmera tilltagande försumpning under mäktigare torv försvinner ortstenen alldeles. Stundom finner man alloktona ortstensbankar i torvmarkernas omgivningar men aldrig under desamma. Detta sammanhänger antagligen med att koncentrationsbetingelserna för de lösta humusämnen äro helt andra i torven än i fastmarken. På grund härav uppnås kanske ej de koncentrationsområden, som möjliggöra kolloidernas utfällning. Redan befintliga, utfällda kolloider kunna åter lösas upp, varvid i fråga om järnet antagligen reduktionsprocesser medverka.

Belysande exempel på ortstenens förhållande vid skogsmarkens försumpning har jag studerat i Rokliden, Norrbotten, å skogsförsöksanstaltens försöksfält, se yta 1, kap. 11:A. I den oförsumpade *Myrtillus*grannmarken därstädes förekommer oftast en mycket hård och ganska mäktig ortsten. I den försumpade granskogen saknas densamma. På övergången mellan torr och försumpad mark synes ortstenen vara underkastad en uppluckringsprocess. Jag anträffade här ortsten i form av klumpar, som voro mörka och humösa å ytan, ljusare och mera rostfärgade inuti. Detta är troligen beroende på det ovan anförda om ökad tillförsel av humusämnen och en börjande upplösning av limoniten. Vid tilltagande försumpning övergår ortstenen till en mycket lös humusortsten och till sist försvinner den alldeles när torven blir mäktig, t. ex. 0,5 m.

Över huvud taget är det ej ovanligt att anträffa lös humusortsten i svagt försumpade skogsmarker, medan sådan ej synes förekomma i torvmarker med mäktig torv och mera höggradig försumpning eller under verkliga myrar. Enligt vad jag iakttagit i Älvdalens socken i Dalarna, äro de därstädes ofta förekommande svagt försumpade tallskogarna å obetydligt sluttande terräng mycket ofta underlagrade av en 5—10 dm mäktig humusortsten med karaktäristisk skivformig struktur.

Vid närmare undersökning av den skivformiga humusortstenen visa sig skivornas inre vara ljusare och mera limonitiskt, deras yttre mörkare och mera humöst, således alldeles såsom beträffande de beskrivna ortstensklumparna i Rokliden. Antagligen börjar limoniten i den vid inträdande försumpning redan befintliga rostjorden eller ortstenen att lösa upp sig

varjämte en ökad tillförsel av lösta humusämnen äger rum. Troligen sker upplösningen av limoniten, resp. utflockningen av humusämnen ej likformigt i hela massan, utan går efter fina sprickor. Resultatet blir då en klumpformig eller skivformig struktur i ortstenen.

Huruvida uppkomsten av de nämnda försumpade tallskogarna sammanhänger med förekomst av ortsten har ej varit möjligt att avgöra. Det får ej anses uteslutet, men å andra sidan tyckes den typiska humusortstenen ha utbildats först i samband med försumpningen, ty så omfattande och sammanhängande ortstensbankar som under de svagt försumpade tallskogarna i Älvdalen har jag ej observerat i fastmarken omkring dem.

Till ortstens roll för skogsmarkens försumpning hoppas jag framdeles att i annat sammanhang få återkomma. Min nuvarande uppfattning är emellertid, att ortstens betydelse i detta hänseende ej bör överskattas. Då den ortsten, som finnes i försumpade marker alltid är relativt lucker och lätt genomtränglig och då ortsten saknas i starkt försumpade marker har den sannolikt ej någon betydelse för skogen i en en gång utdikad, förut försumpad mark.

3. Exempel på ortstensförekomster i mossrika skogar.

a. Ett exempel på svagt utpräglad ortstensbildning må nämnas från Jörnstrakten. Å en plan liten avsats i en med gammal degenererad och utglesnad granskog bevuxen nordsluttning ned mot den lilla sjön Gäddträsk fanns under en hopfildad råhumus av cirka 10 cm:s mäktighet och ett skarpt utpräglat blekjordsskikt, i medeltal 10 cm, en rostjord av omkring 20 cm:s tjocklek. I denna funnos här och där kakor av mycket ljus men fast och hård ortsten, som vid analys visade sig vara synnerligen fattig både på limonit och humus, se kap. 11:G, nr 101.

b. I en granskog i samma trakt invid vägen norr om Åsträskbäcken i en svag sluttning mot SV föreligger en något mera utpräglad ortstensbildning. Skogen är en normal, utglesad granskog av *Myrtillustyp*. Under ett minst 10 cm mäktigt, starkt hopfildat råhumuslager finnes ett skarpt utpräglat 10—11 cm:s blekjordslager. Under detta följer ett mycket hårt ortstenslager av varierande mäktighet. Ibland var det nästan ogenomträngligt för spade. Å en punkt, där det genomgrävdes, var det endast 12—15 cm och underlagrades av en grå, normal, sandig morän. I en undersökt profil fanns ej någon ortsten. Skogens dåliga tillstånd kan tänkas i viss mån sammanhänga med ortstenen. Fullt ut lika dåliga gamla granskogar utan ortsten finnas dock även i trakten omkring. Gemensamt för alla dessa ytor är det starkt hopfildade råhumustäcket, vilket

förefaller vara en omedelbar orsak till skogens tillstånd, som också är en följd av trädens höga ålder. Analys av ortstenen, se 91, kap. 11:G.

c. I Bollnästrakten, Hälsingland, nära Röstebo, invid landsvägen Röstebo—Vexbo antecknades en ortstensförekomst. I en ovanligt sandig morän, som här och där är täckt av små sandlager, förekomma lokala lager av en ganska hård ortsten (analys se nr 123, kap. 11:G). Markvegetationen är mossrik med såväl blåbärsris som lingonris och ljung; podsoleringen är normal för trakten med cirka 5 cm:s råhumus och 7—8 cm:s blekjord. Skogen är växtlig tallskog med graninblandning. Någon påtaglig olägenhet för beståndet av ortstenen är svår att påvisa.

d. Ett exempel på utpräglad ortsten i granmark av *Myrtillustyp* erbjuder yta 1, kap. 11:A. Ehuru denna ortsten förefaller vara mycket utpräglad synes den enligt analysen ej vara så mycket rikare på bindemedel än övriga undersökta varieteter. Denna ortsten kan anses vara typisk för den ortsten som är vanlig i Norrbottens moränlider.

e. En nästan ändå mera utpräglad ortstensbildning observerade jag strax norr om Stenträsk by, Jokkmokk, Lappland. Under den i medeltal 15 cm mäktiga blekjorden funnos mycket starkt rostbruna, halvmetermäktiga, som det tycktes nästan sammanhängande, hårda ortstensbankar. Marken är en plan, sandig-grusig morän. Skogstypen är en gammal granskog, som delvis övergår i en tallhed. Träden stå synnerligen glest, men äro rätt vackra, särskilt i betraktande av att höjden över havet är 420 meter (cirka) och att läget är strax söder om polcirkeln. Tallarna ovan ortstenen ha utpräglade flackrotsystem. Fullt sammanhängande äro ortstensbankarna ej. En tall stod på ortstensfri mark och hade där utbildat en obetydlig pålrot.

f. En intressant ortstensförekomst må anföras från Älvdalen, Dalarna, å cirka 370 m ö. h. (enl. barometeravläsn.) ej långt från Björnbergs fäbodard vid vägen Kyrkbyn-Lokbodarna. I en isolerad liten kulle förekom en sammanhängande cirka en halv m mäktig oerhört hård ortstensbank, överlagrad av 20 cm:s blekjord och cirka 5 cm:s råhumus. Beståndet är en tallskog med en markvegetation av lingonris, ljung, kråkbär, mossor och lavar av en i Älvdalen ganska vanlig typ, som står på gränsen mellan mossrik tallskog och lavrik tallhed. Ortstenens utseende framgår ganska väl av fig. 18. Den är den hårdaste ortsten, jag hittills anträffat. För att få loss ett prov av densamma måste hammare användas. Moränstenarna hänga med ena änden fast i ortstenen. På själva ortstenslinsen står stubben av en väldig tall, vars rotsystem ej har kunnat genomtränga ortstenen, men som icke desto mindre har utväxt till aktningvärd dimensioner. Ortstenen utgör en lokal lins, som blottats vid vägens anläggande. Dess frampreparerade del är ett par meter lång. Den kemiska samman-



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 18. Ortstensprofil vid vägen från Älvdalens kyrkby till Lokbodarna, Dlr. Ortstenen, som är mycket hård men ljus och fattig på bindemedel, ligger i en liten kulle, överlagrad av omkr. 20 cm blekjord. Märk: Stenar hänga med ena änden fast i ortstenen. Grov tallstubbe med deformerat rotsystem. — (Ortsteinsprofil, Älvdalen, Dalarna. Der Ortstein ist sehr hart, aber licht gefärbt und arm an Limonit und Humus. Er liegt in einem kleinen Hügel. Die Bleicherde ist etwa 20 cm. Ein auf dem Ortstein gewachsener Kiefernstrunk hat ein deformiertes Wurzelsystem.)

sättningen framgår av nr 124, kap. 11:G. Den är en på sammankittande beståndsdelar fattig ortsten, vars färg ej nämnvärt avsticker från den av porfyrmaterial något rödaktiga moränen.

g. Ett exempel på ortstens utbildning i svagt försumpade marker ger bl. a. en lokal strax väster om Rokån vid landsvägen Fagerheden—Långträsk, Norrbotten. Under den 20 cm mäktiga blekjorden finnes här en minst 1 m mäktig ortstensbank av mörkbrun färg, vars kemiska sammansättning framgår av nr 118 och 119, kap. 11:G. Denna ortsten är starkt humös och faller lätt sönder vid försök att taga prov. I sitt naturliga läge bildar den dock en fast bank. Även humusortsteningen kan utbildas som blott små isolerade klumpar, som vanligen äro ganska lösa. Exempel härför är nr 112, kap. 11:G från Kulbäcksliden, Västerbotten, från en svagt försumpad mark. Ett exempel på den mycket vanliga, skivformiga humusortsteningen i norra Dalarna är nr 125, som härstammar ur en svagt försumpad granskog å morän med diabasinblandning nära Björnbergs fäbodrar vid vägen Älvdalens Kyrkby—Lokbodarna. Under en 10—20 cm mäktig torv förefinnes 25—30 cm blekjord. Under denna kommer cirka 30 cm svartbrun, skivformig, ganska lös humusortsten. Ortsteningen var möjlig att genomtränga med spade och föreföll ej heller alldeles ogenomtränglig för rötter. Ortsteningen är, såsom framgår av analysen, starkt humös; den förefaller vara typisk för de i norra Dalarnas svagt försumpade gran- och tallskogar mycket vanliga ortstentyperna.

4. Ortsten i tallhedar.

Ovan är redan betonadt, att de lavpodsolerade tallhedarna sakna ortsten. I de båda andra grupperna, de starkt och medelstarkt podsolerade finnes däremot ej sällan sådana. Ju starkare podsolerad en tallhed är, ju vanligare är det att finna ortsten i densamma, ehuru det visst ej är någon regel.

De starkt podsolerade, ljungrika tallhedarna i övre Dalarna äro ganska ofta ortstensförande. Vanligen bildar ortsteningen ett par dm mäktiga lokala skikt eller linser av 1—2 meters utsträckning under blekjorden å rostjordens plats. Ett exempel på sådan ortsten är nr 126, kap. 11:G, från trakten 1 km söder om Bunkris, Älvdalen. Någon större betydelse för skogen synes ortsteningen här knappast äga.

I starkt podsolerade tallhedar, som genom brand o. d. uppkommit ur *Myrtillus*granskogar förekommer naturligtvis ortsten på samma sätt som i dessa. I Degerforstrakten, Västerbotten, där autokton ortsten är ytterst sällsynt i tallhedar och f. ö. ej heller vanlig i granskogar, har jag iakttagit små ortstenslinser i en tallhed å sandig moränmark å kronoparken Mullkälven, invid vägen Vindeln—Robertsfors. Skogen företer tydliga spår

av skogsbrand och föreföll att snabbt utveckla sig mot en mossrik skogstyp. Ortstenen är mycket ljus, dess sammansättning framgår av nr 86, kap. 11:G.

Ofta finner man ortsten i de starkt podsolerade övergångszonerna mellan medelstarkt podsolerade tallhedar och fuktigare associationer; exempel härpå skall nedan anföras i samband med beskrivningen av ortstensförekomsterna å Fagerheden, Norrbotten.

De medelstarkt podsolerade tallhedarna äro såsom i kap. 5:D2 framhållits de vanligast förekommande å moränmark i övre Norrland. Där emot äro de ej så vanliga å sand och grusterrängar. Om man emellertid jämför moräntallhedar av denna typ med sandtallhedar av samma typ, förefaller det som de senare äro betydligt mera benägna för ortstensbildning än de förra. Den ortsten, som förekommer, är städse ljus till färgen och föga rik på bindemedel (se nr 120, 89, 102, kap. 11:G). På moräntallhedarna plägar man finna den endast i form av spridda klumpar och smärre linser i de små svackor och fördjupningar, som alltid finnas i denna marktyp och då gärna åtföljd av den något starkare podsoleringsgrad, som råder å dessa lokaler. Ett stort antal exempel härpå skulle kunna framdragas från Jörnstrakten och vissa delar av Jokkmokks socken, i vilka jag undersökt ortstenarnas sätt att förekomma.

En ovanligt utpräglad ortstensbildning som dock möjligen är delvis allokten iaktogs å sandig morän vid Junkarhällan, Jokkmokk, Lappland. En ganska omfattande terräng invid landsvägen från Jokkmokk är bevoxen med en mycket tät tallungskog, uppkommen efter en brand, varom talrika förkolade stubbar m. m. bära tydligt vittnesbörd. Markvegetationen består av en blandning av ris, mossor och lavar. Bland risen dominerar blåbärsris, men lingonris, kråkbärsris, skvattram och odon förekomma även. Moränen är i allmänhet ganska stenig och hårt packad. I en mycket svag sluttning mot NO är moränen betydligt mera sandig och samtidigt lösare. Å den större delen av ytan med hårt packad morän är podsoleringen svag med omkring 4 cm mäktig blekjord. I en begränsad yta av 6—8 års storlek i den flacka sluttningen är den däremot stark med 10—15 cm:s blekjord. Lokalt fanns här en hård ortstensbank av ungefär 20 cm:s mäktighet, tabl. 3. Som vanligt funnos punkter utan ortsten, där rötter kunde söka sig ned (se bilden). Ortstenen hade en egendomlig skiktad struktur, i någon mån påminnande om de förut beskrivna humusortstenarna i Älvdalen. I övrigt är den ljus till färgen och säkert fattig på bindemedel. Markvegetationen är å ortstensytan likartad med å ytan i övrigt; den hade tydligtvis uppkommit efter samma brand. Någon skadlig inverkan av ortstenen på det täta tallbeståndet kunde ej förmärkas (jfr bilden). Det förefaller sannolikt, att ortstenen uppkommit delvis

genom att vatten från den högre belägna delen av ytan med tätare morän runnit ned över den lägre delen. Ortstenen är sålunda möjligen i viss mån alloktion.

Förekomst av ortsten i samband med medelstark podsolering har ganska ingående studerats å Fagerheden, Norrbotten.

Den autoktona ortstenen förekommer snart sagt över hela heden, fastän i olika grad. Stundom finnas blott små linser, klumpar eller lösa skikt på varierande nivåer, från 10—15 till 50 cm:s djup under markytan. Så är förhållandet omkring Statens skogsförsöksanstalts försöksfält, där av Hesselman (1910 a, 1917 c) lämnats noggranna uppgifter på markprofilens utseende. Han nämner ortstensliknande sandskikt, som bilda tunna skivor under rostjorden. I själva verket är ortstenen ej så vanlig i denna del av heden som på många andra ställen. Nästan alltid ligger den emellertid ett stycke under den mest utpräglade rostjorden, vilket synes vara vanligt i tallhedar. Möjligen beror detta på en redan i kap. 5:C och 5:D₂ nämnd omständighet, nämligen att kolloiderna i ytor med torrt humustäcke, särskilt lavhumus, synas vara benägna att avsätta sig i vertikalt vidsträckt område än i andra skogstyper. Den högsta nivå i markprofilen, på vilken jag observerat ortsten å tallheden i Fagerheden är 10—15 cm under markytan. Detta var förhållandet i ett grustag vid landsvägen några 100 meter väster om Fagerheden. Här framträdde ett ganska sammanhängande och hårt ortstenslager av 10—30 cm:s mäktighet, blottat i grustaget på en längd av 10 m (analys 120). Här och var funnos emellertid ortstensfria punkter, där tallrötter trängde ned. Blekjorden har alldeles normal mäktighet, d. v. s. den är omkring 6 cm, vilket jag funnit vara den genomsnittliga mäktigheten å flere olika delar av heden.

Den här beskrivna fläcken var en av de mest svårartade. Likartade ortstensbankar äro visserligen flerstädes vanliga, men de ligga i allmänhet på 20—30 cm:s djup under markytan. Städse finnas fläckar fria från ortsten omväxlande med ortstensfläckar. Talrika grustag utmed landsvägen ge möjligheter att undersöka ortstensens förekomstsätt. Ofta synes gruset grävt ut just i de ortstensfria fläckarna och ortstenslagren ha därigenom frampreparerats. Någon större, från ortsten alldeles fri yta torde knappast förekomma å heden.

I kap. 5:D₂ har nämnts, att vissa delar av heden äro be vuxna med tätare skogsbestånd och en mossrikare markvegetation med stark podsolering, tydande på ökad markfuktighet. En sådan yta från området i närheten av Rokån har sålunda omtalats. Denna yta är betäckt med ett tunnt mjällager. Här är ortstenen synnerligen hård. Den förekom i sex av tio profiler. Den är som vanligt utbildad i rostjordens nedre del under

mjålan och är av flere decimeters mäktighet. Merendels är den så hård, att det är omöjligt att genomtrånga den med spade. Skogen visade här emellertid en synnerligen nöjaktig växt. (Se Hesselman, 1910 a, sid. 43—44). Sammalunda var ock förhållandet i den starkt podsolerade övergångszonen mellan heden och den öster därom liggande myren. Här fanns hård ortsten å 30—60 cm:s djup (analys 102). Under själva myren saknas ortsten, varom jag övertygade mig genom grävning i där befintliga djupa och rätt nyligen upptagna diken.

I den av grundvatten påverkade växtliga heden närmast kronojägarebostället fanns ortsten i alla upptagna profiler (7 st.). Den tycktes vara av för heden normal karaktär. Däremot fanns i den växtliga, nyligen avbrända delen (se kap. 5:D2, lokalen även beskriven av Hesselman l. c. sid. 43—44) endast spridda, tämligen lösa ortstensklumpar.

Sandheden är på ett ställe genomskuren av Rokån. På andra sidan denna å hade i en liten svacka i marken utbildat sig en cirka 4 dm mäktig ortstenslins å 0,5 cm:s djup i marken. Blekjorden är här lokalt 12 cm mäktig. Linsen är delvis blottad i ett grustag. Genom grävning konstaterades att ortstenen är 1,20 m bred och cirka 4 m lång. I svackan var markvegetationen rikare på ris och mossor än normalt å heden.

De anförda exemplen skulle ytterligare kunna mångfaldigas. Av dem framgår, att ortstenens frekvens snarast är större i de mera mossrika övergångsassociationer, där också blekjorden är mäktigast. Även tycktes ortstenen i allmänhet här vara hårdare och ibland mäktigare. Detta är även helt naturligt, då dessa markytor städse varit betäckta av en mäktigare råhumus än den övriga heden (jfr kap. 5:D2).

Slutligen har jag sökt observera, om de på heden förekommande talrika uppfrysningsfläckarna (jfr kap. 3:B2) stå i något samband med förekomst av ortsten. Så tyckes emellertid ej vara fallet, då fläckar såväl med som utan ortsten finnas.

De kemiska egenskaperna hos ortstenarna på Fagerheden belysas av analyserna nr 120, 89, 102, kap. 11:G. De äro alla mycket ljusst rostfärgade och fattiga på bindemedel. Ofta nog skilja de sig till färgen ej märkbart från det ej sammankittade underlaget.

Åt frågan om ortstenens betydelse för skogsbeståndet å heden har ägnats mycket uppmärksamhet. Man kunde förvänta att ortstenen på två sätt skulle förorsaka skada. Dels vid markens föryngring — heden hör till de svårföryngrade (se Hesselman l. c.) — dels på själva beståndets växt. Hesselman (1917 c) har visat att föryngringssvårigheterna på denna hed sammanhånga med vissa egenskaper hos humustäcket. Mina undersökningar bekräfta detta så till vida som jag ej funnit att podsoleringen eller ortstenen ha något samband med föryngringssvårigheterna.

Svårföryngrade och mera godartade ytor växla, men alldeles oberoende av om där finnes ortsten eller ej, vilket framgår av de ovan meddelade beskrivningarna. De mest lättföryngrade ytorna (vid Rokån och intill kronojägarebostället) äro starkt ortstensbemängda. Den ovanligt svår-föryngrade heden omkring försöksfältet däremot ortstensfattig. Försöks-fältet förlades just hit, emedan föryngringen var dålig.

Ortstenens inverkan på de äldre bestånden är ej så lätt att säkert bedöma. Även härvidlag gäller det, att flere av de tätaste och växtligaste partierna av heden äga stark podsolering med ortsten. Detta visar, att förekomst av sådan ej är av vital betydelse. Den gynnsamma inverkan, som ett av mossor bildat, friskt humustäcke utövar på den överallt av medelgrov, stundom något grusblandad sand bestående plana marken, är uppenbarligen så stor att ortstenens eventuella skadegörelse alldeles försvinner därbredvid.

Huruvida de små skillnader, som fläckvis förekomma i tallarnas växtlighet, möjligen kunna tillskrivas ortstenens inverkan är utan mycket ingående och tidsödande tillväxt- och markundersökningar omöjligt att avgöra. Man kan emellertid påstå, att ortstenens skadegörelse rör sig inom relativt trånga gränser, då den ej framträder vid okulär besiktning. En bidragande orsak härtill är måhända tallens kända benägenhet att i dessa nordliga trakter utbilda fläckrotsystem (se H e s s e l m a n l. c.). För att studera ortstenens inverkan på tallens rotsystem har jag grävt upp och undersökt ett trettiotal tallstubbar av olika dimensioner å mark med och utan ortsten. De upptagna stubbarna härstammade till större delen från grova timmerträd, men även några ungräd undersöktes.

Det visade sig, att tallen på ortstenfri mark ofta men ej alltid utbildar en pålrot (se fig. 19), medan den på ortstenmark alltid har fläckrotsystem. Stundom fanns ovan ortstenen rotsystem i två étager, av vilka den högre ligger i markens övre lager och den undre, som alltid är mycket svagt utbildad, på ortstenen. Ortstenen har sålunda här en rotdeformerande inverkan på tallen.

Emellertid visade samtliga de undersökta rotsystemen att sidorötterna i markens övre lager voro synnerligen kraftiga, även där en tydlig pålrot fanns utbildad. Den senare var nästan alltid svag vid jämförelse med de yttligare liggande rötterna. Det har därför sannolikt liten betydelse för trädet om pålroten förhindras att utväxa. Å fullkomligt ortstensfria tallhedar i Norrbotten, såsom Pitholmsheden och andra, är pålroten, där den överhuvudtaget finnes, även högst obetydlig, jämfört med de grova sidorötterna.

Slutligen kan det frågas, om ortstenen har någon inverkan på markfuktigheten. Huruvida de rätt porösa, ofta av lösa partier genomsatta ort-

stenslagren ha någon större förmåga att kvarhålla det nedsipprande vattnet är svårt att säga. Om en sådan förmåga finnes, är den givetvis en god egenskap i en torr tallhed. Måhända bidrager ortstenen i de växtligare hedpartierna att åstadkomma en gynnsammare markfuktighet än å de övriga delarna av heden. Denna fråga skall närmare belysas i samband med beskrivning av alloktona ortstensförekomster.



Tall med pålrot å ortstensfri mark.
(Kiefer mit Pfahlwurzel auf ortsteinsfreiem Boden.)

Tall med flackrotsystem å ortstenmark. Rötterna äro omböjda ovan ortstenen.
(Kiefer mit flackem Wurzelsystem auf Ortsteinsboden. Die auf den Ortstein angelangten Wurzeln sind umgebogen.)

Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 19. Rotsystemen av tvänne nära varandra uppvuxna tallar från Fagerheden, Nb. —
(Wurzelsysteme zweier benachbarten Kiefern von Fagerheden, Norrbotten.)

Som allmän slutsats torde kunna gälla, att ortstenen på Fagerheden ej utövar någon svårare skadegörelse på skogen; möjligen kan den t. o. m. i vissa avseenden vara nyttig för denna.

En annan tallhed å sand, som i många avseenden liknar den vid Fagerheden har jag undersökt, ehuru blott flyktigt, vid Stenträsk by, Jokkmokk, Lappland.

Marken är en plan terrass å fluvioglacial sand, som vilar på morän. Dess mäktighet synes vara cirka tre m, där jag gjorde mina observationer. Troligen bidrager moränen att hålla kvar grundvatten i sanden, varigenom denna ej blir så torr och varigenom den ganska starka podsoleringen kan förklaras. Skogsbestånd, markvegetation, föryngring och podsoleringsgrad likna i hög grad tallheden vid Fagerheden. Nästan överallt finnas ortstensbankar av ungefär 0,5 m:s mäktighet synliga i grusgropar. De äro hårdare, där sanden är finare, lösare där den är grövre. Ibland är en primär, stupande deltaskiktning i sanden synlig även i ortstenen. Färgen är ljus. Ortstensbankarna äro ej sammanhängande, utan här och var finnas ortstensfria partier. Ortstensbildningen är tydlig avsevärt intensivare än å Fagerheden; läget är omkr. 410 m ö. h.

D. Alloktion ortsten.

I det föregående har redan åtskilligt om de alloktiona ortstenarnas allmänna egenskaper meddelats. De kunna utbildas överallt, där humus- eller järnhaltigt vatten transporterats i horisontal led och endera bringas att avsätta sina lösta beståndsdelar eller också förorsaka en lokal podsolering. Ofta synes nog såväl direkt avsättning som lokal, stark podsolering medverka till uppkomst av mäktig ortsten och det är svårt att skilja de båda processerna åt.

Ett exempel på en ortsten som utan tvivel är en ren gleybildning (se kap. 1:B) iakttog jag nära Talliden vid vägen mellan Jörns station och Petikträsk, Västerbotten. Nedanför en skarp sluttning fann jag i ett dike hårda ortstenskakor. Deras sammansättning framgår av nr 100, kap. 11:G. De voro mycket järnrika. En analog bildning har jag även observerat i sluttningen av Tåsjöberget i nordligaste Ångermanland. Här hade formliga lager av myrsmalm utbildat sig i sluttningen, några cm under markytan.

Betydligt intressantare än dessa extrema och mycket lokala bildningar äro de väldiga ortstenslager, ofta förbundna med mäktiga blekjordsbildningar, vilka man stundom finner i omgivningarna omkring myrar. Särskilt är detta fallet, då myrar gränsa mot genomsläppliga avlagringar som älvsand eller fluvioglacial sand, vilket i övre Norrland ej är någon sällsynthet. I sådana fall uppkomma lätt vattenrika grundvattenströmningar i myrarnas omgivning, vilket just är ägnat att ge upphov till alloktiona ortstenslager. Jag har iakttagit ett ganska betydande antal sådana fall i övre Norrland. Som naturligt är, visa dylika ortstensförekomster stora variationer i egenskaper, varför de ej lämpligen kunna inordnas i be-

stämnda typer. Den bästa inblicken i deras egenskaper torde ges genom beskrivning av några mera i detalj undersökta förekomster.

1. Omgivningarna kring Brånet, Degerfors kyrkby och Rosinedal, Västerbotten.

Öster om Degerfors kyrkby ligger det låga skogsberget Brånet. På detta utgöres marken av skogbeväxt morän, men vid dess rand vidtager såsom vanligt är i de norrländska ådalarna först tät glaciallera och något lägre ned finsandiga, mera genomsläppliga älvsediment. Å den svagt slutande leran närmast Brånet finnas flere myrar och numera torrlagda och delvis uppodlade torvmarker. Särskilt NO om kyrkbyn vid vägen till Robertsfors finnas stora, genom ett antal djupa diken torrlagda mossar. Lermarkerna liksom älvsedimenten äro merendels uppodlade och på flere ställen i åkrarna finner man fläckar, som tydligen varit små myrar, men nu äro fullständigt torrlagda. De stora mossarna vid Robertsforsvägen underlagras (enligt mina iakttagelser i de djupa dikena) av lera. Ibland händer emellertid att mot torvmarkerna gränsa ytor med genomsläppliga älvsediment. Dessa äro då regelbundet oerhört starkt podsolerade i en zon närmast torvmarken med 30—60 cm:s skarpt vit blekjord, i ytan stundom genom plöjning, gödsling o. s. v. mullblandad. Under blekjorden ligger en ganska hård, rödbrun ortsten, som i allmänhet bildar fullt sammanhängande bankar av 0,5—1,5 m:s mäktighet. Ortsten är blottad i talrika djupa diken mellan åkrar och vägar i den tätt bebodda och uppodlade bygden.

Huru stora arealer, som intagas av denna ortsten är svårt att säga. Säkertligen är det flere hektar. Inom en zon av 100—200 m från torvmarkerna är ortstenen vanlig och den förekommer under en betydande del av Degerfors kyrkby. Enligt befolkningens uppgifter sänker den sig mot väster, d. v. s. ned mot älven och försvinner till sist. Där lera föreligger, saknas enligt mina observationer såväl blekjord som ortsten.

Allra tydligast och bäst utbildad är ortstenen i en smal landtunga av älvsand, som skjuter ut i den stora mossen NO om kyrkbyn. Just på denna landtunga är landsvägen till Robertsfors anlagd. Blekjorden är här omkring 40 cm mäktig och den roströda ortstenen 1 à 2 m. Ortstensbanken bildar här en synnerligen solid grundval för vägbanan, vilken obetydligt höjer sig över myrens yta, som efter dikningen sjunkit ihop högst avsevärt och troligen från början legat i jämnhöjd med fastmarken.

I diken, som gå in i myren, kan man studera markprofilens förhållande i övergångszonen mellan fastmark och torvmark. Blekjorden blir under torven alltmer humös och grå till färgen. Ortstenen blir en ganska lucker

humusortsten, i vilken man lätt kan gräva med spade. Av allt att döma försvinner den alldeles under den mäktigare torven.

Å andra ställen i kyrkbyn, längre bort från myren, äro både blekjorden och torven mindre mäktiga. Vid smärre, nu till åker förvandlade torvmarker kan man emellertid få se nästan lika kraftigt utbildade blekjords- och ortstenslager, som de vid Robertforsvägen.

Åtskilliga åkrar i byn äro belägna på blekjords-ortstensmark. Att jorden här är mager och behöver mycket gödsel (enligt uppgifter av flere jordbrukare) förefaller naturligt. Där blekjorden ej är alltför mäktig, brukar vid plöjningen stycken av ortstenen följa med, varigenom åkern anses bli förbättrad. Med de i Norrland brukliga mångåriga vallarna skedde detta dock i synnerhet förr tämligen sällan. För att förbättra jorden har man mångenstädes kört ut lera på åkrarna.

Vid södra sidan av Brånet intill gården Rosinedal finns en blekjords-ortstensbildning av alldeles samma skaplynne som de ovan beskrivna. Här finnes dock ej någon större myr. Troligen äro de torvmarker, som här uppträtt som ortstensbildare nu genom torrläggning etc. undanröjda. De topografiska förhållandena äro emellertid alldeles desamma som på Brånets nordsluttning. Med all sannolikhet har vatten från bergets sluttning flutit ned över de genomsläppliga älvsandsavlagringarna och där framkallat den mycket starka podsoleringen.

Ortstenen vid Rosinedal varierar mellan 50 och 100 cm:s mäktighet, är fast och till färgen kraftigt roströdbrun. Den överlagras av 30—40, stundom 50 cm mäktig blekjord. Moderavlagring och underlag är en älvsand, som närmast under ortstenen är röd av limonit. Ortstensbanken är blottad i flere djupa tegdiken och ett grustag samt en ravin. Den synes vara fullständigt sammanhängande utan några lösare partier. Den intager en areal av omkring tre hektar.

Denna yta är delvis lagd under åker, delvis skogbevuxen. Det blev härigenom möjligt att studera ortstenens förhållande till skogen.

Landsvägen Degerfors—Umeå går strax öster om Rosinedal över ortstenen. Söder om vägen vidtagna vidsträckta, lavpodsolerade tallhedar å älvsand, som med stor enformighet utbreda sig över betydande arealer. Enligt observationer i det ovannämnda grustaget, ravinen samt femton grävda profiler, sträcker sig ortstenen 40—50 m in i skogen, varefter profiltypen mycket långsamt övergår i den lavpodsolerade tallhedsprofilen. Analys av ortstenen från denna lokal, se kap. 11:G, nr 87. Blekjorden ovan ortstenen är i skogen 30—40 cm och ortstenen 50—70 cm. Tavl. 4 ger en ganska belysande bild av profilens utseende härstädes.

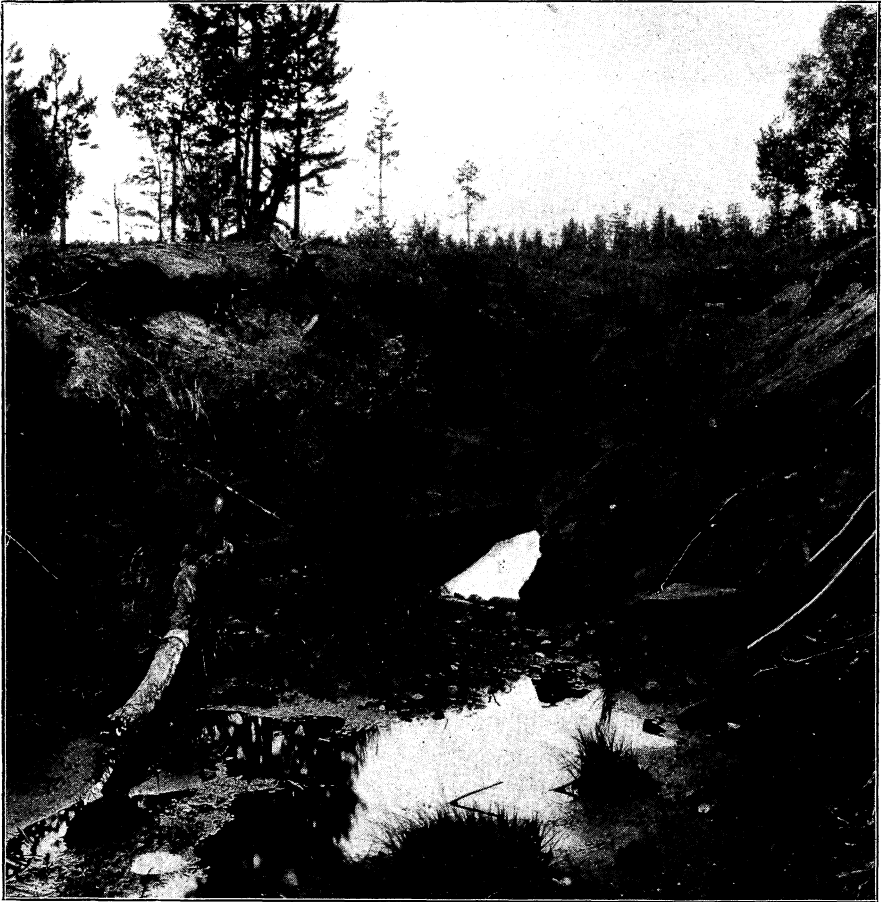
Ovan ortstenen och i dess närmaste omgivningar är skogen av en helt annan typ än å de vidsträckta enformiga markerna däromkring. I stället

för torr lavtallhed växer här mossrik barrblandskog av *Vaccinium*typ (se bilden). Granarna förete ett växtligt och vackert utseende, medan de i den omgivande tallheden saknas eller föra ett mycket tynande liv. Humustäcket är ovan ortstenen 5—7 cm:s råhumus av normalt utseende, medan det i den omgivande tallheden som vanligt är tunnt, torrt och smuligt och 1—2 cm mäktigt. Hela skogsbeståndet är genom djupa diken och den omnämnda ravinen fullständigt avspärrat från varje vattentillförsel från Brånets sluttningar, vare sig som ytvatten eller grundvatten.

Ortstenen har alltså säkerligen en högst gynnsam inverkan på den torra älvsanden. Ovan ortstenen uppstår en gynnsam markfuktighet, som medger mossor, bärris och gran betydligt bättre existensmöjligheter än den ortstensfria sanden runt omkring. *Att beståndet är hänvisat att låta sina rötter gå i det näringsfattiga blekjordslagret ovan ortstenen tyckes vara en faktor av underordnad betydelse bredvid den gynnsamma inverkan som en lagom markfuktighet har på beståndet.* Lokalen är därför ett synnerligen gott bevis för att tallheden betingas huvudsakligen av för låg fuktighetshalt i marken, ej av brist på mineralisk näring. Har blott ett friskt humustäcke uppkommit, är detta i stånd att tillfredsställa skogens behov av näringsämnen dels genom egen produktion av sådana, dels genom sin upplösande inverkan på den visserligen magra, men visst ej på värdefulla mineral utblottade blekjorden. I den svagt podsolerade tallheden omkring är marken rikare på värdefulla mineral, men humustäcket är torrt och tunnt. Härigenom blir skogsbeståndet avsevärt mindre producerande. Visserligen äro tallhedarna i närheten av Rosinedal ej dåliga, men det betyder i alla fall ett betydande tillskott i produktionsmöjligheter, om man kan förvandla dem i en granblandad, tätare skog. Detta har ortstenen förmått göra, trots den rotdeformerande effekt, som den samtidigt utövar. Denna senare företeelse är tydligen en mindre central fråga i skogens liv.

2. Området omkring Svanamyrs, Skaite kronopark, Råneå socken, Norrbotten.

Den svagt podsolerade, ortstensfria tallheden å Skaite kronopark har ovan omtalats (kap. 5:D2). Svanamyren vilar på samma sandplan, som bildar den nämnda heden. Den södra delen av sandplanet, där myren är belägen, är emellertid svagt undulerad. Flere parallella, flacka åsar genom-sätta terrängen. Nivåskillnaden mellan sandytan å åsarna och i mellanliggande svackor kan högst vara 2—3 m. Åsarna, som äro några tiotal m breda äro be vuxna med en tämligen fuktig och risrik tallhed, bl. a. karaktäriserad av förekomst av *Ledum palustre*, medan partierna mellan åsarna



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 20. Allohton ortstensförekomst i en flack sandrygg, som genomsätter Svanamyren, synlig i bakgrunden. Skaite krpk, Råneå s:n, Nb. — (Allochtoner Ortstein im einem Sandrücken, der das »Svanamoor« durchläuft. Skaite, Norrbotten.)

äro täckta av utlöpare från myren. För närvarande ligger sandåsarnas nivå i allmänhet cirka 50 cm högre än torvens yta. Denna senare har emellertid efter en kraftig dikning sjunkit ihop avsevärt.

I sandsträngarna hade en regelbunden, mäktig, roströd ortsten utbildat sig å en nivå av 20 till 50 cm under markytan. Ovan ortstenen finnes en mäktig blekjord. Talrika profiler äro blottade i de tämligen nyligen upptagna dikena. Hela profilen liknar mycket de ovan beskrivna ortstensprofilerna från kyrkbyn i Degerfors. Bild 20 ger en föreställning om ortstenens utseende. Ortstenens kemiska egenskaper framgå av nr 85,

kap. 11:G. Det är påtagligt, att ortstenen bildats av myrens vatten, som runnit ut över och podsolerat sina av genomsläpplig sand bestående omgivningar.

Mot myrgränsen blir ortstenen mörkare och lösare och förefaller att försvinna alldeles under den mäktigare torven. Invid gränsen mellan Svanamyren och den ovan nämnda svagt podsolerade tallheden, som ligger högre än myren, var podsoleringen visserligen starkare än i tallheden, och ortstenslinser förekomma här och där, men någon ortsten av det förut beskrivna slaget finnes ej. Småningom övergår markprofilen i den karaktäristiska lavpodsoleringen.

Ortstenens inverkan på tallbeståndet är ej fullt tydlig. Tallhedarna omkring Svanamyrr äro i allmänhet mycket glesa och svårföryngrade. Mest gles och framförallt mest svårföryngrad syntes mig den svagast podsolerade, torraste heden, där ortsten ej förekommer. Vissa fuktigare fläckar intill myren, där ortsten finnes, äro mer lättföryngrade. År 1913 plöjdes stora delar av heden med finnplog, och följande år bredsåddes densamma. Detta har emellertid ej lett till någon nämnvärd föryngring utom å fuktigare lokaler intill myren, där humustäcket är mäktigare. Men just å sådana lokaler plägar ortsten förekomma. (Vid mitt besök 1917 kunde jag ej se säkert resultat av föryngringen. Dess nuvarande tillstånd har meddelats mig av kronojägare J. O. Liljebäck i Grundträsk, sept. 1919.)

Av allt att döma har ortstenen ej någon betydelse för föryngringssvårigheterna å Skaitteheden. Dessa synas bero på samma faktorer i humustäcket, som de av Hesselman (1917 c) påvisade. Ungskogsgropper omkring gamla lågor och tullar äro vanliga företeelser. För ett studium av ortstenens inverkan på äldre tallar voro hedarna omkring Svanamyrr mindre lämpliga. Dikningen hade nyligen utförts, och först sedan härigenom myrvattnet fullständigt blivit avlett och förhållandena stabiliserat sig, bör det vara möjligt att jämföra bestånd å ortstensmark och å ortstensfri mark. Det konstaterades, att tallar ovan ortstenen hade utbildat rotsystem i två våningar. Emellertid anträffades också såsom vanligt i Norrbotten tallar med flackrotsystem å alldeles ortstensfri mark.

3. Området invid en myr, närmast öster om Fagerhedens by, Norrbotten.

Öster om byn Fagerheden fortsätter den fluvioglaciala sandavlagring, som i det föregående redan flere gånger omnämnts och som bildar den vidsträckta tallheden invid nämnda by. Sandplanet sluttar emellertid mot öster och är där täckt av en myr, på vilken odlingar, tillhörande byn, äro

upptagna. Öster om myren vidtager en sluttning av cirka 150 m:s längd och en lutning av 1:20 (enligt spegelavvägning). Marken har här uppenbarligen ej varit täckt av något alltför mäktigt torvlager, men synes i alla fall varit försumpad till följd av vatten, som kommit från den högre liggande myren. Då landsvägen anlades år 1869, nådde de nyupptagna vägdikena ned i den mycket genomsläppliga glacifluviala sanden, som bildade torvens underlag, och dränerade fullständigt två cirka 30—40 m breda remsor mark å ömse sidor om vägen. På dessa remsor uppstod en synnerligen växtlig tallskog, något blandad med gran, björk- och albuskar. En markyta i ett grustag från denna lokal har beskrivits i kap. 5:A. Långt efter vägdikenas anläggande ha omfattande dikningar gjorts för odlingsändamål i den ovanför liggande myren, varigenom marken här på stora ytor är torrlagd.

Under myren ovan tallbeståndet finnes ej någon ortsten (flera gropar ha upptagits i de befintliga djupa dikena). Inom stora delar av tallbeståndet finnas däremot väldiga, mycket hårda ortstensbankar. I gränzonen mellan myren och tallbeståndet är profilen i allmänhet en utpräglad humuspodsol med ofta 20—30 cm:s blekjord och en humös, mäktigt rostjord, som dock ej kan kallas ortstensartad.

Ortstenen i tallbeståndet är synnerligen hård och livligt roströd. Dess sammansättning framgår av nr 84, kap. 11:G. Denna ortsten hör tydligen till de allra järnrikaste. I de lägre delarna av terrängen är ortstenen överlagrad av 20—30 cm blekjord. I de övre delarna finns merendels ingen blekjord alls, utan sanden är starkt röd ända upp i markytan. Den är dock förhårdnad först å 30—40 cm:s djup. Detta visar, att ortstenen åtminstone i de högre, närmast myren belägna delarna av terrängen är en äkta gleybildning. Den ovanligt höga järnhalten beror tydligen just på detta, jämför nr 100, kap. 11:G. Ortstensbankarna äro i vägdiket nära myren 60—70 cm mäktiga; i allmänhet voro de omöjliga att gräva igenom. De äro i allmänhet sammanhängande och medge ej rötter att tränga ned. I vissa delar av ytan, där ortsten ej förekommer, är den lösa sanden starkt och ganska likformigt rostfärgad till ett djup av minst 120 cm.

Hela limonitimpregnationen, som delvis resulterat i ortstensbildning, beror tydligtvis på att vatten från den högre liggande myren har trängt ned i den genomsläppliga sanden. Marken har före dräneringen varit svagt försumpad, varvid en kraftig blekjordsbildning uppstått, utom där det framträngande grundvattnet varit alltför rikligt. Där har limonitimpregneringen sträckt sig till själva markytan. Att marken ej är en gammal skogsmark utvisas bl. a. av det nuvarande beståndets egendomliga karaktär, som antyder ett kolonisationsbestånd samt av att rester saknas

av tidigare bestånd. Myrmarker med synnerligen tunn torv å sand äro ej ovanliga i trakten; efter torrläggning sjunker torven på sådana hastigt ihop och multnar fort, om den blir skogbeväxt.

Ur skoglig synpunkt är ytan av stort intresse, enär *den visar ett utmärkt växtligt, för den klimatiskt karga trakten ovanligt tätvuxet bestånd, som uppkommit på en mark med hård och sammanhängande ortsten.* Förmodligen utgjorde den ursprungligen befintliga, multnande, tunna torven i den torrlagda marken ett för skogsplantorna mycket gynnsamt humustäcke. Fördelarna härav ha fullständigt uppvägt eventuella olägenheter av ortstenen, som i stället bidrager att kvarhålla en lämplig fuktighet i den genomsläppliga sanden sedan genom dikningarna det tillrinnande vattnet från myren åtminstone till vissa delar av ytan avspärrats.

4. Området invid Kvarntjärn, Fagerheden, Norrbotten.

På den glacialfluviala sandheden vid Fagerheden äro några små tjärnar belägna. En av dessa, cirka 1 km väster om byn, är Kvarntjärn. Den är runt omkring omgiven av en rismosse, som på vissa ställen övergår i en *Scirpus cespitosus* mosse. Tjärnen växer igen på så sätt att ett gungfly utbildat sig vid stranden. Tjärnen skall enligt uppgift av befolkningen stå i grundvattensförbindelse med en annan närbelägen sådan. Hela terrängen lutar något mot söder. Över tjärnens södra del med utloppet har fil. kand. C. Malmström ritat en kartsbild (se fig. 21), som tjänat mig till grundval för inmätning av en ortstensförekomst.

Tjärnens avlopp utgöres av en grävd ränna, som tydligtvis är gjord där det naturliga avloppet förut sökt sig väg. Söder om landsvägen (se kartan) vidtager snart en ravin med lodräta väggar, i vilka en väldig ortstensbank blivit genomskuren. Markprofilen visar överst cirka 5 cm mäktig råhumus, därunder i medeltal 10 cm mäktig skarpt utpräglad blekjord, som ibland når en mäktighet av 15—20 cm och ibland går ned till 2—3 cm. Härunder kommer 3—10 cm rostjord, dock ej så starkt färgad. Under denna vidtager hård, starkt rostbrun ortsten av 1,5—2 m:s mäktighet (se fig. 22). Nedåt ljusnar ortstenen så småningom. Dess kemiska sammansättning framgår av nr 114 och 115, kap. 11:G. Stundom synes ortstenen nedåt vara begränsad till ett särskilt grusigt och stenrikt lager, medan sanden under densamma är mera likformig. Under ortstenen observerades på vissa ställen ett mjällager. Mot söder sträcker sig ortstenen ända till den lilla tvär-svacka, som skär över ravinen (se bilden höjdkurvorna). I en stor grop nära vägen kunde en fullkomligt likartad markprofil iakttagas, likaså i en längre österut utanför kartans område belägen större grop.

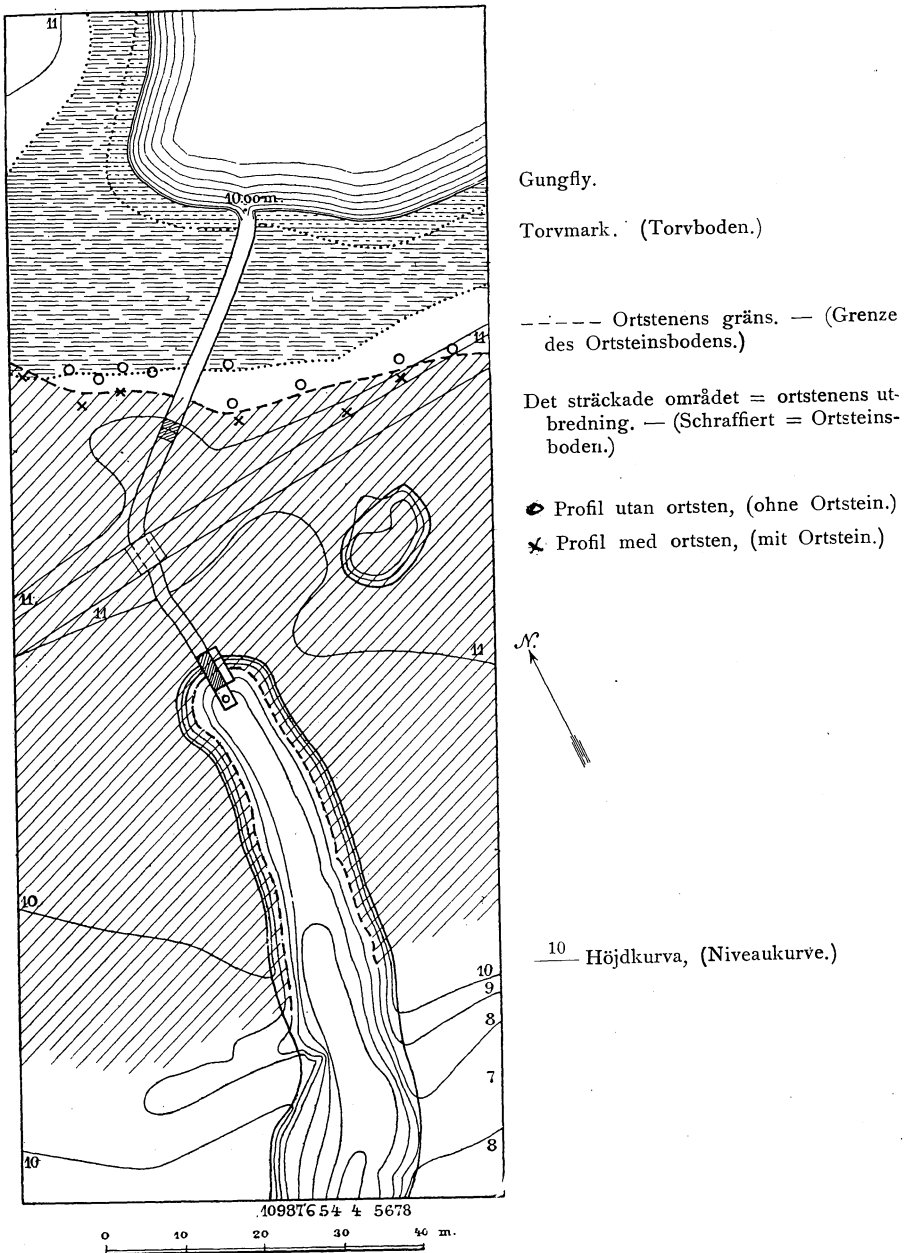
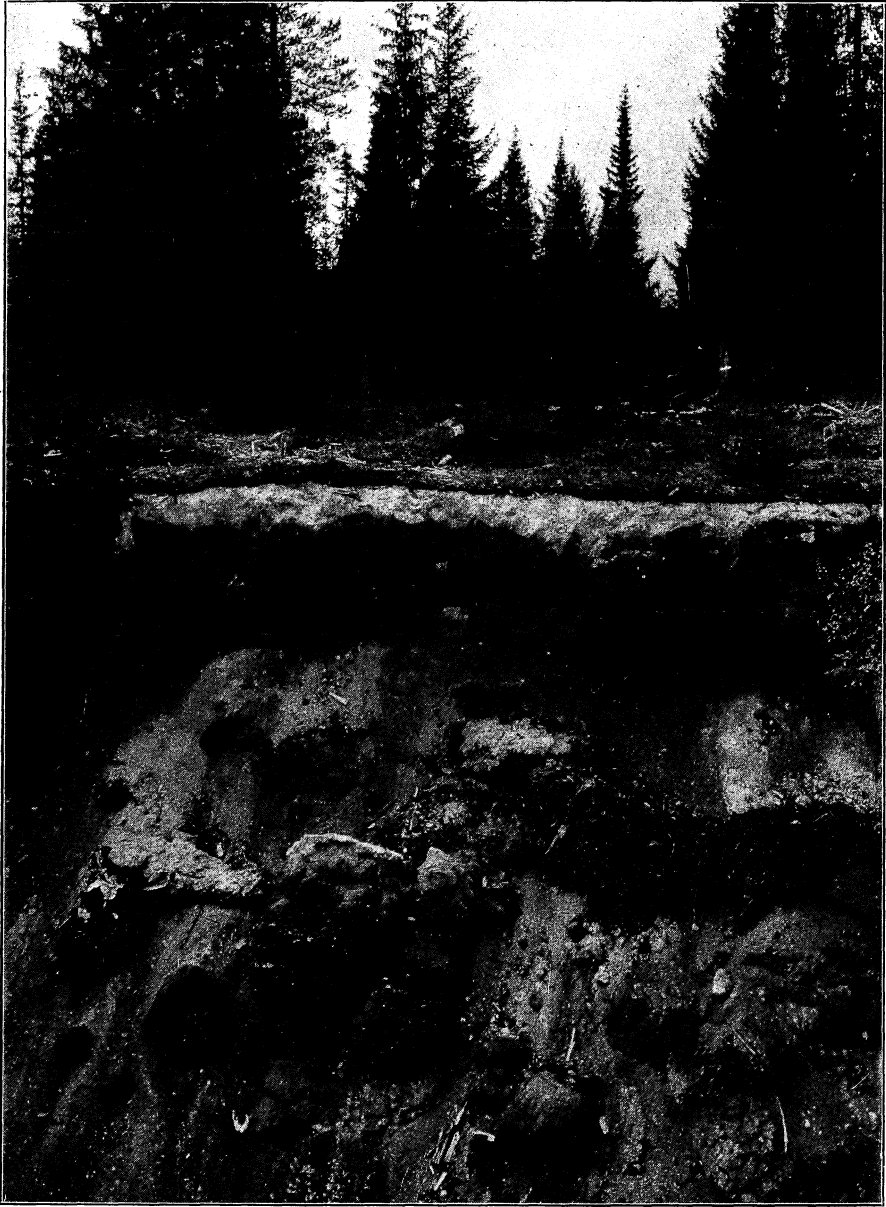


Fig. 21. Kartskiss över området vid Kvarntjärns utlopp, Fagerheden, Nb. Utanför torvområdet är sanden täckt av råhumus. — (Kartenskizze von dem Abfluss des Kvarntjärn, Fagerheden, Norrbotten. Der Sand ausserhalb det Torvbodens ist mit Rohhumus bedeckt.)



Ur Skogsförsöksanstaltens saml.

Foto av förf.

Fig. 22. Ortstensprofil i ravinen vid Kvarntjärn, Fagerheden, Nb. Överst 5—8 cm humus. Därunder omkr. 10 cm blekjord och 1,5—2 m rostbrun ortsten. Växtliga granar stå på ortstenslagret. — (Ortstensprofil in der Ravine bei Kvarntjärn, Västerbotten. Von oben: 5—8 cm Humus, 10 cm Bleicherde und 1,5—2 m rostbrauner Ortstein. Gutwüchsige Fichten auf dem Ortsteinboden.)

Försök gjordes att genom grävningar i området konstatera ortstenens utsträckning. I avloppsrännan, som vid mitt första besök å lokalen i aug. och sept. 1917 var fullständigt torr, visade det sig, att ortstenen räcker nästan ända till torvens gräns. Genom ett antal profiler (se bilden) fastställdes ortstenens gräns mot torvmarken. Mot denna blir ortstenen alltmera mörk och humös och samtidigt luckrare. Denna ortstens sammansättning framgår av nr 116, 117, kap. 11:G. Medan sålunda limonithalten i den normala ortstenen i ravinen är 1,73 %, sjunker den mot mossen till 0,06 %, medan humushalten stiger från 1,86 till 2,34 %.

Mot öster och väster sträcker sig ortstenen minst cirka 50 m inåt heden. Det möter svårigheter att säkert konstatera dess gränser åt dessa håll, enär här och var i den omgivande tallheden finnas autoktona ortstenar och ortstenen ej utan spett och helst även dynamit kan genomträngas. Dess mäktighet har därför ej kunnat granskas annat än i de stora, befintliga skärningarna.

Medan hela den vidsträckta sandheden omkring Fagerheden är bevuxen med en tämligen gles och svärföringrad tallhed, är området bredvid Kvarntjärns avlopp bevuxet med mossrik granblandskog av en växtlig typ, se även fig. 22. Granskogsområdet tyckes i huvudsak sammanfalla med ortstenens utbredning, men övergår så småningom utan bestämd gräns i den omgivande tallheden.

Allt talar enligt min mening för att terrängen omkring Kvarntjärns utlopp genomlöpt följande utveckling. Ursprungligen har tjärnen och mossen endast haft ett grundvattensavlopp. Härvid infiltrerades järn- och humushaltigt vatten i sanden söder om mossen, varigenom ortstenen uppkom. Anmärkningsvärt är, att blekjorden ej är särskilt mäktig, visserligen mäktigare än i tallheden, men ej alls såsom i de beskrivna fallen från Degerfors kyrkby och andra liknande lokaler. Detta tyder på, att ortstenen ej direkt sammanhänger med blekjorden utan är en grundvattensbildning, varpå även dess läge i själva profilerna i viss mån antyder. Ortstenens nivå i förhållande till tjärnens yta inbjuder (jfr höjdkurvorna) till en sådan tolkning, helst som tjärnens vatten antagligen tidvis stått något högre än nu för tiden, sedan rännan grävts.

Efter ortstenens bildning inträffade det någon gång att tjärnens vatten steg över avloppströskeln och att vattnet grävde ut en liten avloppsränna i sydlig riktning. Därvid blev ortstenens övre yta rännans botten. Nere vid den förut nämnda lilla tvär-svackan, där ortstenen tager slut, uppkom ett litet vattenfall, genom vars erosion den i ortstenen vackert utskurna lilla ravinen uppstod. Sedermera har man tidvis dämt upp tjärnen och byggt en liten såg, som blott om vårarna och vid starka regnflöden

kunnat hållas i gång. Härvid har nog ytterligare erosion i ravinen förorsakats.

Orsaken till skogens goda beskaffenhet ovan ortstenen jämfört med i den omgivande terrängen kan dels vara ortstenen själv, som i hög grad bidrager att kvarhålla fuktigheten i sanden, dels möjligen att grundvatten fortfarande infiltreras från tjärnen och håller marken lagom fuktig. Sedan numera tjärnen dränerats genom rännan och ravinen och därjämte den omgivande sanden genom befintligheten av ortstenen måste ha blivit mycket svårgenomsläpplig för en grundvattenrörelse i sidled, är det sannolikt, att intet vatten längre infiltreras från tjärnen och att den *gynnsamma skogstypens existens huvudsakligen kan skrivas på ortstenens konto*. Det är belysande, att tjärnen (och mossen) på flere håll omgives av ortstensfri sand, vars yta ligger obetydligt högre än avloppsränns tröskel. Här är emellertid sanden bevuxen med normal tallhed även nära intill tjärnens strand. Det föreligger här sålunda ej vare sig någon infiltration eller temporär översvämning av tjärnen av den storlek, att den förmår omvandla tallheden i en mossrik skogstyp.

5. Lokal vid Kulbäcksliden, Degerfors, Västerbotten.

Även må anföras en egendomlig ortsten, som jag iakttagit i ett terrasshak med grov sand i moränliden nedanför Degerö Stormyr å kronoparken Kulbäcksliden, Degerfors socken, Västerbotten. Skogen är granskog, som fläckvis är försumpad. Å själva terrasshaket var markvegetationen av *Vaccinium*typ, blekjorden 5—20 cm och rostjorden normal, 20—25 cm mäktig. Under denna, till synes utan något samband med densamma, finnes en hård, omkring 0,5 m mäktig ortstensbank, kem. sammansättning nr 88, kap. 11:G. Måhända är denna ortsten utslutande ett grundvattensfenomen, ty i hela den sluttande moränliden, i vilken Skogsförsöksanstaltens försöksfält är beläget, framrinner grundvatten.

6. Slutsatser.

De anförda exemplen må vara tillfyllest för att belysa de alloktona ortstenarnas egenskaper. Ytterligare flera ortstenar av typer, liknande de anförda, har jag sett på åtskilliga andra lokaler i översta Norrland. De äro ej ovanliga, där torvmarker gränsa mot genomsläpplig sand.

Som allmän slutsats av undersökningarna angående alloktona ortstenar gäller att de i det hela taget äro gynnsamma för skogen genom sin vattenkvarhållande förmåga i torra sandhedar, i vilka dessa ortstenar nå den

största omfattningen. Någon olägenhet för skogen av dem har ej kunnat spåras trots att ortstenarna mången gång bilda mäktiga, sammanhängande, för rötter fullkomligt ogenomträngliga bankar, överlagrade av mäktig blekjord. Under sådana förhållanden torde man ej heller kunna tillerkänna den mindre utpräglade autoktona ortstenen så stor betydelse för skogarna i Norrland. Om man blott sörjer för att humuslager och markfuktighet äro i ett gynnsamt skick, kan skogen växa bra även å ortstensmark. Förhållandena å sådana marker gestalta sig sålunda betydligt gynnsammare i vårt land än i Danmarks och Nordtysklands klassiska ortstenstrakter, vilket sannolikt beror dels på att skogsträden i norra Sverige ha ytliga rotsystem och dels på att blekjorden därstädes är mångdubbelt rikare på värdefulla mineralbeståndsdelar. Även i de nämnda utländska områdena börjar man bli benägen att ej betrakta ortstenen som en under alla förhållanden ödesdiger företeelse (jfr E r d m a n n, 1917; P. E. M ü l l e r, 1918, sid. 486). A l b e r t (1910, sid. 339) är t. o. m. benägen att tillskriva ortstenen gynnsam inverkan på skogen i vissa speciella fall, just på grund av dess roll som fuktighetsvarhållande faktor i torr sandmark.

De utförda undersökningarnas resultat ur skoglig synpunkt skall ytterligare beröras i kap. 10.

KAP. VII.

Podsoleringen i Nordsverige ur klimatologisk synpunkt.

I det föregående har framhållits, dels att podsolprofilen är vårt lands klimatiskt betingade marktyp, dels att klimatet i många fall synes inverka på podsoleringsgraden. I ett område med så olikartat klimat som Sverige vore det också egendomligt om ej klimatets inverkan på markprofilens utbildning vore märkbart.

Efter ryssarnas arbeten (se G l i n k a, 1914) har klimatet ansetts vara den i sista hand avgörande faktorn för uppkomsten av en viss markprofiltyp. Härvid har alltid medeltemperaturen och medelnederbörden varit de klimatfaktorer, som ansetts mest betydelsefulla. Utom den ryska skolan ha andra markforskare såsom H i l g a r d (1910) och R a m a n n (1911) betonat detta. På denna åskådning vilar ju också särskiljandet av humida och arida jordmånstyper, varom närmare hos H e s s e l m a n (1917 a), R a m a n n (1911, 1918). På senare tid har denna synpunkt ytterligare betonats av L a n g (1915), som infört en s. k. regnfaktor, vilken enligt

honom är den avgörande för bildningen av en klimatologisk markprofiltyp. L a n g s regnfaktor är förhållandet mellan medelnederbörden och medeltemperaturen. Enligt hans resonemang skulle man kunna vänta sig samma markprofiltyp i ett land med låg nederbörd och låg temperatur, som i ett land med hög nederbörd och hög temperatur. L a n g hade innan han uppställt sin teori också kunnat påvisa existensen av råhumus med därav betingade markprofiler i tropikernas mest regnrrika trakter.

Emellertid ha L a n g s regnfaktorer blivit utsatta för en mycket skarp kritik av S t r e m m e (1917). Denne påvisar dels beräkningsmetodens oanvändbarhet för trakter med medeltemperatur omkring och under noll, således stora delar av norra Sverige, dels också i övrigt åtskilliga felaktigheter i L a n g s slutsatser.

Ehuru den L a n g s ka beräkningsmetoden nog skulle kunna utsträckas till trakter med låg medeltemperatur genom att blott ta hänsyn till den del av året, då temperaturen är över t. ex. 1 grad C., så måste man nog ge kritiken rätt i att metoden är föga lycklig. Den vilar nämligen på det antagandet, att markbildningens beroende av temperatur och nederbörd är en enkel relation. Så är emellertid med säkerhet ej förhållandet. Podsoleringens intensitet t. ex. är beroende av ett flertal rent kemiska och biologiska processer, vilkas beroende av temperatur och fuktighet är mycket komplicerat. Att söka fastställa några enkla klimatfaktorer, som skulle vara bestämmande för podsoleringen i olika delar av det nordsvenska barrskogsområdet har därför synts mig omöjligt.

Från L a n g s och alla tidigare författares diskussioner om klimatets betydelse för podsolprofilens utbildning, kvarstår som ett bestående resultat, att man bör kunna vänta stark podsolering vid låg medeltemperatur och hög medelnederbörd, svagare vid högre temperatur och lägre nederbörd.

För att belysa klimatets förhållande till markbildningen i Sverige äro i tab. 6 och 7 månatliga och årliga medeltemperaturen och medelnederbörden för ett antal representativa orter angivna (se fig. 3). Tre stationer i södra delarna av landet ha även medtagits. Medeltemperaturen rör sig i det nordsvenska barrskogsområdet ungefärligen mellan + 4,80 grader Celsius (Nora) och — 2,88 grader (Karesuando) och medelnederbörden mellan 669,4 mm (Nora) och 307,3 mm (Karesuando). De sydvästra delarna av området äro de nederbördsrikaste, de nordligaste de kallaste.

Beträffande klimatets inflytande på podsoleringen, så borde detta visa sig i form av en starkare podsoleringsgrad i mera kalla och nederbördsrika områden. Saken kompliceras emellertid i högsta grad därav, att klimatet på två olika sätt kan inverka på podsoleringen. Det ena är en

Tab. 6. Medeltemperaturen i olika delar av Sverige i grader C. Stationernas nivå ö. h. (Efter H. E. HAMBERG, 1908.)

Die Mitteltemperatur verschiedener Teile von Schweden. (Niveau der Stationen.)

	Året Das Jahr	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Karesuando, Lappland	— 2,88	— 14,77	— 14,89	— 11,41	— 4,54	+ 1,64	+ 8,86	+ 12,26	+ 10,21	+ 4,89	— 2,81	— 10,03	— 13,95
Jokkmokk, »	— 1,18	— 14,73	— 13,75	— 8,70	— 1,30	+ 4,49	+ 11,68	+ 14,43	+ 11,64	+ 6,27	— 1,37	— 8,89	— 13,95
Stensele, »	— 0,09	— 12,16	— 11,70	— 7,87	— 0,79	+ 5,06	+ 11,69	+ 13,99	+ 11,52	+ 6,77	+ 0,21	— 6,16	— 11,67
Piteå, Norrbotten	+ 1,53	— 10,14	— 9,98	— 6,35	— 0,13	+ 5,30	+ 12,56	+ 15,67	+ 13,60	+ 8,88	+ 2,17	— 4,25	— 9,02
Umeå, Västerbotten	+ 1,94	— 8,50	— 8,86	— 5,92	+ 0,01	+ 5,45	+ 12,27	+ 14,99	+ 13,15	+ 8,61	+ 2,58	— 3,07	— 7,48
Hernösand, Ångermanland	+ 3,28	— 6,43	— 6,71	— 3,71	+ 1,19	+ 6,09	+ 12,45	+ 15,14	+ 13,83	+ 9,84	+ 4,08	— 0,92	— 5,48
Östersund, Jämtland	+ 1,84	— 8,53	— 8,26	— 5,18	+ 0,77	+ 5,64	+ 11,65	+ 13,50	+ 11,91	+ 8,12	+ 2,63	— 2,48	— 7,73
Särna, Dalarna	+ 0,65	— 11,51	— 10,52	— 6,18	+ 0,20	+ 5,82	+ 12,20	+ 13,51	+ 11,60	+ 7,46	+ 1,37	— 5,40	— 10,75
Falun, »	+ 4,09	— 5,95	— 5,98	— 3,19	+ 2,55	+ 8,40	+ 14,41	+ 16,23	+ 14,19	+ 10,06	+ 4,43	— 0,67	— 5,37
Nora, Västmanland	+ 4,80	— 4,39	— 4,49	— 2,55	+ 2,86	+ 8,88	+ 14,57	+ 16,17	+ 14,43	+ 10,43	+ 5,04	+ 0,30	— 3,61
Kalmar, Småland	+ 6,84	— 1,14	— 1,19	+ 0,08	+ 4,24	+ 9,04	+ 14,29	+ 16,89	+ 16,09	+ 12,70	+ 7,81	+ 3,37	— 0,08
Lund, Skåne	+ 7,12	— 0,83	— 0,73	+ 0,87	+ 5,23	+ 10,09	+ 14,63	+ 16,39	+ 15,68	+ 12,63	+ 7,87	+ 3,44	+ 0,22
Göteborg, Västergötland	+ 7,25	— 0,73	— 0,86	+ 0,65	+ 5,36	+ 10,37	+ 15,03	+ 16,79	+ 15,91	+ 12,68	+ 7,84	+ 3,59	+ 0,35

Anm. De olika stationerna äro angivna på kartan, fig. 3.

Die verschiedenen Stationen sind (mit ihren Anfangsbuchstaben) auf die Karte, Fig. 3 angegeben.

Tab. 7. Medelnederbörden i olika delar av Sverige i millimeter. (Efter H. E. HAMBERG, 1911.)

Mittelniederschläge in verschiedenen Teilen von Schweden.

	Året Das Jahr	Jan.	Febr.	Mars	April	Maj	Juni	Juli	Aug.	Sept.	Okt.	Nov.	Dec.
Karesuando, Lappland	307,3	11,8	9,9	6,6	8,2	18,9	32,1	71,2	60,1	33,4	22,0	16,5	10,6
Jokkmokk, »	408,5	22,2	16,4	14,3	16,3	25,7	35,6	72,5	64,0	45,8	40,7	26,0	21,3
Stensele, »	448,6	23,1	17,6	19,8	20,2	31,0	41,8	66,4	80,6	48,2	43,4	24,7	23,2
Piteå, Norrbotten	435,4	26,7	21,9	21,9	22,1	31,0	32,6	46,9	56,6	54,2	46,0	40,0	28,3
Umeå, Västerbotten	568,8	41,5	35,4	32,3	27,4	36,4	42,7	47,2	73,7	68,6	60,2	52,1	42,2
Hernösand, Ångermanland	591,2	36,1	31,0	36,0	25,0	41,8	42,5	58,9	77,7	68,5	66,6	54,4	42,6
Östersund, Jämtland	490,5	23,1	23,7	25,8	24,0	40,9	51,3	58,0	83,1	50,3	45,5	25,3	30,7
Särna, Dalarna	514,5	18,9	17,9	20,3	20,6	43,2	60,9	79,0	84,0	56,3	47,5	27,1	29,1
Falun, »	529,5	29,0	27,2	26,3	28,0	46,2	54,1	68,7	78,7	53,5	44,7	33,1	30,7
Nora, Västmanland	669,4	34,1	35,7	39,2	41,2	50,0	64,2	81,9	87,3	66,2	64,1	46,5	47,6
Kalmar, Småland	434,1	23,0	25,1	27,4	31,2	31,9	37,1	50,3	49,2	40,5	40,2	39,6	31,8
Lund, Skåne	600,6	40,0	36,9	35,7	36,4	38,5	53,7	68,3	70,1	57,1	57,5	52,5	44,0
Göteborg, Västergötland	778,6	64,2	53,8	51,0	41,3	48,8	54,9	69,5	91,6	80,1	78,0	66,0	66,9

direkt påverkan på de kemiska och biologiska processer, som försiggå i markytan. Det andra är en indirekt, i det att klimatet i hög grad bestämmer vilken skogstyp, som beväxer en viss yta. Denna senare indirekta inverkan torde säkerligen många gånger vara den största. I de södra delarna av området befordrar sålunda klimatet mångenstädes uppkomsten av mullrika skogstyper, där markprofilen är utbildad på ett helt annat sätt än i råhumusmarkerna. I de nordligaste delarna av området befordrar klimatet konkurrensförmågan hos tallhedarna, varigenom stora områden bli svagare podsolerade, än om de skulle ha varit beväxta med *Myrtillus*granskog. Den indirekta inverkan av klimatet på markprofilutvecklingen kan sålunda gå tvärt emot den direkta.

För att söka spåra klimatets direkta inverkan på podsoleringen, måste man jämföra så vitt möjligt likartade skogstyper. Härvid lämpa sig egentligen endast två sådana: den mossrika granskogen eller barrblandskogen av mer eller mindre utpräglad *Myrtillustyp* och den lavpodsolerade tallhedstypen. Dessa båda skogstyper äro de mest resistenta (se kap. 5).

Vad den förstnämnda beträffar, så kan man i Norrland fastslå ett tydligt tilltagande av podsoleringsgraden mot norr allteftersom medeltemperaturen sjunker. I mellersta Norrland synes blekjordens mäktighet i allmänhet vara 5—8 cm, i Västerbotten 10 cm. Vid Rokliden i Norrbotten är den 11—12 cm och på den 410—420 m ö. h. belägna Stenträskplatån i Jokkmokk är den omkring 15 cm. Härtill kommer att ortstensbildningen, som ovan nämnts är mycket vanligare i de nordliga trakterna. Även härvid är exemplet från Stenträskplatån belysande. Man finner ortsten härstädes mycket allmänt både i granskogar och tallhedar, på både moränmarker och glacifluviala sandmarker. I det på något lägre nivå (360—380 m ö. h.) liggande nordligare området omkring Tårrajaure är ortsten ej en så vanlig företeelse. I ännu högre grad gäller detta om trakten omkring Jokkmokks kyrkby, som ligger betydligt lägre (250—300 m ö. h.) och därför har ett gynnsammare klimat. I Kåbdalistrakten (340 m ö. h.), närmast söder om Stenträskområdet är även ortsten mindre vanlig. Denna trakt förefaller av vegetationen att döma ha ett mycket gynnsamt lokalklimat, förmodligen beroende på att den ligger i en utlöpare av Pite älvs ådal.

Även där ortsten ej förekommer plägar rostjorden i de nordligare, klimatiskt kargare trakterna anta en mera mörkt brun färg, beroende på hög halt av humusämnen. I fjällhedarna ovan skogsgränsen är den mörk och starkt humös. I övre Norrland är rostjorden i *Myrtillus*-skogarna vanligen ganska mörkt rostfärgad, medan den i mellersta och södra delarna av undersökningsområdet är klart roströd, stundom övergående i rostgult. I mellersta Sveriges slättrakter slutligen är den allt mera gul och över-

huvudtaget svagare färgad. Detta förhållande har antagligen sin förklaring i att en moss- och risrik granmark är allt fuktigare ju längre norrut man kommer. Fjällhedarna äro, även där försumpning ej råder, relativt starkt fuktiga. I svagt försumpade marker blir alltid rostjorden mörk och humös, d. v. s. profilen utbildas som en humuspodsol.

Även å geologiskt mycket unga ytor med mossrik vegetation kunde som i kap. 5:A nämnts ett tilltagande av podsoleringens intensitet mot norr spåras.

Beträffande tallhedarna, så tyckas även de svagast podsolerade av dessa i övre Norrbotten och Lappland uppvisa en mäktigare blekjord än i Västerbotten. För att nämna ett typiskt exempel så är blekjorden på den lavpodsolerade Skaiteheden (se kap. 5:D) 2—3 cm medan den på yta 7 (se kap. 11), Degerfors blott är 1—2 cm. Någon skillnad i rostjordens utbildning mellan dessa hedar kunde däremot ej konstateras. Något säkert tilltagande av podsoleringens intensitet i det inre Norrland jämfört med kustlandet har jag ej lyckats observera. Måhända kompenseras medeltemperaturens lägre värde i det inre, högre belägna landet i viss mån av att också nederbörden är lägre.

Medan Norrland i det stora hela visar en ganska tydlig stegring av podsoleringens intensitet mot norr äro förhållandena annorlunda i de sydvästra delarna av det nordsvenska barrskogsområdet. I Bergslagen och Värmland är sålunda uppenbarligen podsoleringen mycket intensivare än i mellersta Norrland. Den klimatfaktor, vars inflytande här synes dominera, är nederbörden. Medan denna i mellersta Norrland är omkring 450—550 mm per år, är den i Bergslagen (utom nordligaste delen) och Värmland 600—700 mm. Detta är tydligen tillräckligt att i mossrika skogstyper med råhumus framkalla en efter utseendet att döma lika intensiv blekjordsbildning som i Norrbotten. Ortsten förekommer dock här mycket sällan. Dennas uppkomst synes sålunda i Nordsverige stå i samband med delvis andra klimatfaktorer än blekjordens. Särskilt synes orstenen gynnas av låg medeltemperatur och därav förorsakad låg avdunstning från själva markytan, medan blekjordsbildningen måhända står i mera direkt relation till den mängd nederbördsvatten, som årligen sipprar ned genom markytan.

Vid jämförelse av marker i Bergslagen och Värmland med nordliga Sverige får man även räkna med att podsoleringen i de förstnämnda trakterna har haft längre tid på sig. Å andra sidan är väl som i kap. 5:D₁ framhållits, podsoleringens nuvarande stadium till en viss grad orsakat av den postglaciala klimatförsämringen, som väl får anses ha inträffat samtidigt i hela området.

I norra Dalarnas ljungrika tallhedar är podsoleringen mycket stark och

ortsten ej ovanlig. Detta kan måhända återföras på klimatets inverkan; en bidragande orsak är nog även den kemiskt fattiga mineraljorden (se kap. 9). I centrala Jämtland är podsoleringen betydligt svagare, men detta står sannolikt i nära samband med den på vittrande beståndsdelar rika moränen och kan ej direkt återföras på klimatets inverkan.

Ett visst tilltagande i podsoleringsgrad i de torraste tallhedarna i de sydvästra delarna av det nordsvenska barrskogsområdet kan även förmärkas. Härvidlag torde emellertid även tidsfaktorn vara av betydelse, varföre man ej utan vidare kan skriva fenomenet på klimatets konto. Ju längre tid, som dessa hedar existerat, särskilt om klimatet varit varmare och måhända fuktigare än nu, desto större ha troligen möjligheterna varit för invasion av mera mossrika associationer, som kunnat podsolera marken starkare.

Podsoleringsens tydliga allmänna tilltagande mot väster inom de södra delarna av det nordsvenska barrskogsområdet motsvaras av analoga förhållanden i södra Sverige. I Kalmartrakten är sålunda podsoleringen mycket svag, i sydvästra Sverige däremot stark. Den mycket starka podsoleringen i Jylland och Nordtyskland med dess stundom ödesdigra ortstensbildning är allbekant. Det vill synas som om ett varmare klimat av maritim anstrykning är gynnsammare för podsoleringsprocesserna än ett kallt klimat av mera kontinental karaktär. Det är också givet, att de kemiska processer, som utspelas vid själva podsoleringen måste gå avsevärt långsammare och trögare i ett kallt klimat med kort vegetationsperiod än i ett varmare. Detta inflytande motväges dock i t. ex. övre Norrland till väsentlig grad av att under de där rådande klimatiska förhållandena en mäktig och utpräglad råhumus uppkommer, som kan alstra mycket stor mängd urlakande agens. Mängden sådana kompenserar alltså de kemiska reaktionernas kortvarighet och minskade hastighet.

Slutligen kan förtjäna påpekas, att ehuru podsoleringen som nämnts är i hög grad klimatiskt påverkad, så kunna tämligen likartade profiler med 5—10 cm:s blekjord och rostjord uppkomma i trakter med så pass olika klimat som Skåne och fjällområdet ovan skogsgränsen i Norrland.

KAP. VIII.

Om podsolprofilens omvandling vid markens uppodling.

I övre Norrland finner man ofta tydlig, skarpt utpräglad blekjord och rostjord ligga synliga i dagen efter plöjning av de mångåriga gräsvallarna,

de s. k. lejdborna eller lindorna. Ända så långt söderut som i Tiveden i Västergötland (trakten av Gårdsjö) har jag iakttagit detsamma. Först har fenomenet i Norrland observerats av H e s s e l m a n, som uppmärksamgjort mig på det. Då det vid ytligt betraktande kan te sig som om blekjord och rostjord ganska hastigt uppstodo under grässvålen i vallarna, har jag underkastat saken en granskning. Sålunda har ett antal lejdbor och upplöjda åkerland undersökts i Västerbotten inom Degerfors socken, i trakten av Kusfors samt å en del andra lokaler. Här nedan må anföras några typiska exempel.

1. Lejda i den lilla byn Kulbäcksliden, intill en väg, som förbinder den sydostligaste gården med de övriga. Marken är ganska starkt sluttande. I den övre delen av lejdan syntes vid min undersökning den 5. 8. 1917 esomoftast blekjords- och rostjordspartier i det översta skiktet, som var 20—25 cm mäktigt och omfattade den omplöjda delen av jorden. I övrigt var detta skikt sandigt, något humusblandat och gult till färgen. Alven under det omplöjda lagret bestod av rostjord, som här och där i övre delen innehöll strimmor av en gammal blekjord. Under vägen var profilen av helt normal karaktär med i medeltal 10 cm:s blekjord och 15—20 cm:s rostjord. Den plöjning, som ägt rum hade sålunda i de flesta fall trängt ett stycke ned i det gamla rostjordsskiktet. Härövan befintlig blekjord och rostjord ha vid markbearbetningen endast omblandats men ej till sin karaktär förändrats. Vid ny plöjning kommer opåverkad rostjord och även något blekjord i dagen. Underlaget är sand.

2. Lejda nedanför den s. k. nedre gården i Kulbäcksliden. Vid grävning i markytan anträffar man undantagsvis strimmor och mindre partier av blekjord. Under en asp har marken tydligen ej varit underkastad plöjning; här förekom ett normalt, sammanhängande blekjordsskikt, med material av alldeles samma utseende som i de ovan nämnda strimmorna. Underlaget är sand.

3. Lejda, belägen mellan den s. k. övre och den s. k. nedre gården i Kulbäcksliden. Marken var just upplöjd vid mitt besök (21. 9. 1917). Enligt brukarens, hemmansägarens Nils Olssons, utsago var lejdan 5 år gammal. Därförut hade potatis odlats å densamma. I allmänhet bestod det vid plöjningen omvända lagret av ett mörkt mullhaltigt skikt av omkring 20 cm:s mäktighet. Här och var synas emellertid i plogtillorna spridda strimmor och smärre klumpar särskilt av en tydlig rostjord, men även stundom av blekjord. Även rester av ett gammalt humuslager, inbakat tillsammans med blekjorden observerades. Underlaget är sand. En undersökning av alven under plogtillorna gav vid handen, att denna vanligen består av rostjord. Stundom var emellertid denna överlagrad av en tunn men utpräglad blekjord, av samma utseende som den i trakten vanliga. Dess mäktighet var 2—5 cm. På sina ställen var det mullrika ytlaget tämligen tunnt, varför relativt mycket av alven kommit med vid plöjningen. På sådana ställen saknades blekjorden fullständigt. Däremot, där det mullrika lagret var mäktigare, fanns något av det gamla blekjordsskiktet bevarat under plogtillorna.

Förklaringen till det beskrivna förhållandet måste tydligen vara följande: Det ursprungliga ytlaget har under tidigare jordbruk och särskilt potatisodlingen väl omblandats, varvid podsolskikten utplånats. Fragment av blekjorden jämte större delen av rostjorden finnas emellertid kvar på tjugo cm:s

djup, tämligen orörda. Potatisen sättes enligt uppgift på cirka 15 cm:s djup, och till ungefär denna nivå sträcker sig även bearbetningen av marken vid potatisens upptagning. Sedan marken blivit igensådd till vall, har den satt sig ej obetydligt, och den senaste plöjningen har förmått något uppärbeta underlaget under det mullrika skiktet, varvid oförändrade rester av blekjord och rostjord kommit i dagen.

4. Kornåker, Degerfors, Västerbotten, intill vägen till Tvärålund, nära landsvägens korsning med järnvägen. I åkern, som är plöjd, harvad etc. syntes spridda klumpar av blekjord (den 10/8 1917). Omkring en liten lada invid var marken tydligen ej på lång tid plöjd och företedde egenskaper av en mycket gammal lejda, i vilken ljung, lingonris och mossor börjat vandra in. Här fanns en nått och jämnt skönjbar podsolerung med knappt 0,5 cm ytterligt svagt utpräglad blekjord under humuslagret. Å en upplöjd lejda alldeles intill funnos spridda stänk av gammal blekjord inblandade i matjorden. Intill en annan lada med vegetation av samma karaktär som omkring den förstnämnda kunde ingen antydning till nybildad blekjord upptäckas. Där emot kunde vid grävning på enstaka ställen partier av gammal, uppräglad blekjord observeras. Stundom kom närmast under humustäcket rostjord, där under en blekjordsklump, så rostjord igen.

Av allt att döma visar det undersökta fallet, hurusom de gamla vittringsskikten vid markens bearbetning blivit delvis men ej fullständigt utplånade och omblandade med varandra.

5. Kufors, Västerbotten. I en kornåker nära järnvägsstationen observerades stänk och klumpar av blekjord kringspridda utan ordning. I en dikeskärning utmed en strax intill liggande väg var blekjorden 8—15 cm mäktig. I ett potatisland, som omedelbart förut varit en gammal lejda, syntes blekjordsklumpar. I ett närbeläget potatisland voro de däremot mycket sällsynta; denna yta hade emellertid varit potatisland 4—5 år. I en nioårig lejda hade ris och mossor börjat vandra in. Intet spår av nybildad blekjord kunde förmärkas men väl spridda oordnade partier av gammal sådan.

6. Degerfors, Västerbotten. Å talrika åkrar, belägna å de förut omnämnda, starkt podsolerade markerna omkring det flacka skogsberget Brånet kunde man iakttaga flere olika stadier av bearbetningens inverkan på markprofilen. Härvid kan anmärkas, att denna trakt är en tidigt bebyggd och uppodlad del av Västerbotten. Där blekjorden är 30 cm mäktig och därutöver uppnås i regel ej den underliggande ortstenen vid plöjning. Det omplöjda lagret består av mullblandad blekjord. Där blekjorden är något tunnare, komma vid varje markberedning partier av rostjord och ortsten tillika med oförändrad blekjord i dagen. Ofta söker man, naturligt nog, när skenhålla finnes under en åker, plöja så djupt, att man något luckrar dennas övre lager. Till och med potatisland i Degerfors kyrkby visa ganska allmänt helt små klumpar eller stänk av ljus, oförändrad blekjord, som tydligen under långa tider motstått markbearbetningens omblandande inverkan. Troligtvis har man på senare tid sökt plöja djupare och markbereda intensivare, varigenom nya lager av alven kommit i dagen.

7. Ett nyuppodlat potatisland på älvsand mellan Degerfors kyrkby och Rosinedal. Terrängen omkring är beväxt med torra tallhedar och markprofilen är mycket svagt podsolerad, se kap. 11:A, yta 7. Potatisjorden är rostgul till färgen och består synbarligen mest av rostjord. Trots att blekjorden

från början enligt omgivningarnas vittnesbörd blott varit 1—2 cm mäktig, ligga synliga blekjordsklumpar bevarade här och var i potatislandet. Å ett (enligt uppgift av ägaren) minst två år gammalt potatisland i närheten å samma sorts mark kunde också talrika blekjordsstänk i jorden förmärkas. Egendommeligt nog voro de särskilt talrika å några fläckar, där potatisen var sämre än å det övriga landet. Antagligen hade markberedningen å dessa fläckar ej varit så intensiv som å den övriga ytan.

De anförde exemplen må vara tillräckliga för att belysa frågan om markskiktens förhållande vid odling. Å ett flertal lokaler har jag funnit förhållandena fullt överensstämmande. Aldrig har jag i odlad mark kunnat påvisa någon ny podsolering, undantagandes en högst 0,5 cm:s ytterst svag, nästan omärklig blekjord, som stundom iakttagits i mycket gamla lejdor, där bärrisen och mossor vandrat in.

Det är av det anförda tydligt, att podsolprofilens skikt, särskilt blekjorden, besitta en höggradig resistens vid all markberedning. Icke desto mindre skulle det vara nästan omöjligt att förstå att blekjordsklumpar under långa tider kunna undgå förstöring i en åker, om ej de norrländska åkrarna voro synnerligen fattiga på daggmaskar. Det synes av allt att döma, som om dessa ej spela nämnvärd roll annat än i de mest bördiga och mullrika marker. Den vanligen mycket skarpa gränsen mellan det omplöjda skiktet och alven visar att eventuellt befintliga maskar högst obetydligt förmå omblanda mullen med mineraljorden.

En annan omständighet, som i hög grad bidrar att förklara blekjordens resistens i åkerjorden, är de norrländska jordbrukarnas ofullkomliga markberedningsmetoder. Om dessa uttalar sig en sådan auktoritet som professor H e l l s t r ö m (1917, sid. 308) på följande sätt: »Jordens bearbetning är på många ställen i Norrland så ofullständig, att den ej är i stånd att under de år jorden ligger öppen utrota den vegetation, som ingått i den gamla vallen.»

När bearbetningen ej förmår utrota en gammal vallvegetation är det mindre underligt, att den ej förmår förstöra fasta partier av blekjord, helst då den ej nämnvärt understödes av maskarnas verksamhet.

De gjorda undersökningarna angående podsolprofilens förhållande vid markens odling belysa på ett i ögonen fallande sätt blekjordens allmänna resistens. Dessa undersökningar ha sålunda lämnat ett intressant komplement till studierna över blekjordens förhållande i begravnade markprofiler o. s. v. Se kap. 3:B. Det tyckes behövas avsevärda krafter för att kunna förstöra en en gång bildad blekjord, varför det synes berättigat att såsom i kap. 5 gjorts, tillerkänna blekjordsskiktets mäktighet en stor betydelse såsom indikator på den vegetationsutveckling, som en mark genomgått.

KAP. IX.

Återblick på podsolprocessen samt försök till teori för densammas uppkomst.

På grundval av den inblick i podsoleringens kemiska natur och allmänna utvecklingsförlopp, som i det föregående vunnits, är det möjligt att förklara uppkomsten av de olika skikten och därmed förknippade egendomligheter. Blekjorden är tydligen ett starkt vittrande skikt, som från början uppstår som en tunn zon, som sedan ökar sin mäktighet. Å äldre marker är, som redan framhållits, blekjordens mäktighet i *Myrtillus*granskogar i stort synnerligen likformig inom en och samma trakt. Man frågar sig huru detta är möjligt, då somliga ytor podsolerats under hela postglacialtiden, andra å något lägre nivåer blott under ett par årtusenden. Analoga förhållanden föreligga i de lavpodsolerade tallhedarna.

En bidragande orsak till denna egendomliga likhet i profilens utbildning å äldre och yngre ytor kan vara, att podsoleringen först i och med den klimatiska nutiden tagit större fart. Med hänsyn till en mängd i det föregående nämnda fakta, särskilt den märkbara podsoleringen i den relativt torra och varma Kalmartrakten, är det emellertid omöjligt att tänka sig, att podsoleringen i Norrland under den relativt långa tid, som förlutit mellan isens avsmältning och den klimatiska nutiden skulle ha varit så långsam, att den ej märkbart bidragit till den nuvarande podsoleringsgraden.

Ehuru det således är troligt, att den i relativt sen tid inträdda klimatförsämringen är en bidragande orsak till podsoleringens likformiga utseende å marker av mycket olika ålder, kan denna likformighet även fullständigt förklaras på annat sätt. Den följer nämligen direkt av den tolkning av podsoleringens arbetssätt, som osökt låter uppställa sig med ledning av de utförda undersökningarna. Nedan skall framläggas ett försök till teori för podsoleringen, som synes gälla för nordsvenska förhållanden.

När blekjorden börjar bildas, angripa vittringsagensen, som i en viss, ändlig mängd bildas i råhumustäcket och sippra ned med regnvattnet, alla upplösbara mineral. Vissa av dessa, särskilt apatit, limonit och mörka mineral lösas mycket lättare än andra, såsom fältspaterna (jfr tab. 3, kap. 4:B2). Mängden lättlösliga mineral utgöra i allmänhet blott en tiondedel av mängden fältspater (se tab. 1, kap. 2:A1). När lösningarna med de mineralupplösande agensen passerat blekjorden ha de blivit mät-

tade, d. v. s. förmå ej upplösa mera. Detta visas av att i rostjorden, omedelbart under blekjorden, finnas stora mängder limonit samt även fosforsyra, vilka ämnen väl ej skulle vara stabila här, om de nedsipprande lösningarna ännu hade förmåga att upplösa mineral. Visserligen föreligger i rostjorden antagligen en jämvikt mellan utflockning och återupplösning, men man torde dock vara berättigad att antaga, att i genomsnitt de vittrande agensen i lösningarna hunnit neutraliseras under passagen genom blekjorden.

Så länge blekjordens ytliga skikt innehålla avsevärda mängder av de lättast vittrande mineralen bli de upplösande agensen i vattnet fort mätade, varvid en tunn blekjord alstras. I samma mån som dessa mineral minskas, tvingas de nedåtträngande lösningarna att passera en allt längre väg, innan de bli mättade, varvid blekjorden växer i mäktighet. På samma gång tvingas emellertid agensen att allt mera slå sig på svårupplösligare mineral, såsom kali- och natronfältspat, vilka finnas i stora mängder. I den mån, som vittringen till stor del övergår till dessa mineral, kommer blekjordens mäktighet tydligen att växa med en retarderad hastighet, som småningom närmar sig noll. Teorien förklarar således naturligt, att blekjorden har samma mäktighet å marker av helt olika åldrar, trots att själva vittringsprocesserna måste tänkas vara i gång i ungefär samma omfattning, om humustäcket, klimatet m. fl. faktorer äro lika.

Enligt teorien bör blekjorden i sin övre del vara fattig på lättvittrade mineral. Så är även städse förhållandet å äldre marker. Limonit och apatit saknas fullständigt, särskilt i blekjordens övre del och järn-magnesiummineralen finnas där i mycket låg procent. (Jfr kap. 4:B2, analyser yta 1 och 6, kap. 11:A.) Alla mineral, som över huvud förete spår av vittring synas vara mera angripna i blekjordens övre del än i dess undre. Ännu har emellertid blekjordsbildningen ingenstädes nått det stadium, då även fältspaterna börjat försvinna ur blekjordens övre del. Däremot synas dessa mineral i brist på lättare lösliga bli allt kraftigare angripna. En kemisk och mineralogisk granskning av blekjord styrker sålunda obetingat den ovan framförda teorien. Fullständigt kan man knappast vänta sig att ens de lättare upplösbara mineralen skola vara försvunna ur blekjordens övre del, när det dels kan förekomma stora korn, som långsamt lösas, och dels inneslutningar av lättare lösliga mineral i svårare lösliga. Måhända antyder den i kap. 4:B4g anmärkta låga procentsiffran för magnesium i flodvattnet att vittringen numera mest bearbetar de magnesiumfria fältspaterna.

Teorien fordrar vidare, att om lättare vittrade mineral saknas i en mark måste de mera svårupplösliga angripas i desto högre grad. Så är

också förhållandet i yta 5, Älvdalen, där kvarts och kalifältspat tillsammans utgöra 88—89 % av hela massan. Här uppvisar den svårvittrade kalifältspaten högre vittringsgrad än i någon annan profil. Vidare borde blekjorden utbildas med större mäktighet å ett svårvittrat underlag än å ett lättvittrat. Måhända bidrager denna omständighet att förklara den relativt mäktiga blekjorden i övre Dalarna (yta 5) samt den ganska tunna i Jämtlands silurtrakter (yta 4); på grund av vegetationens olikhet och andra omständigheter kan dock intet med någon säkerhet sägas om denna sak.

Mycket talar sålunda för riktigheten av den framförda teorien; utan att tillgripa densamma vore podsoleringen i Norra Sverige ganska svår-förståelig, då processen ständigt måste förutsättas fortskrida. Att genom direkta kemiska undersökningar påvisa olika vittringsgrader i blekjordar av olika åldrar, fränsett de mycket unga (se yta 9, 10, 11, kap. 11:A) torde vara mycket svårt, enär skillnaderna utom möjligen i fråga om de allra lättast vittrande mineralen ännu äro så pass små, att de i varje specialfall stundom ej alldeles klart framträda bredvid skillnader, förorsakade av primära olikheter i det ursprungliga materialet. Den relativt unga ytan 12 (kap. 11:A) visar t. ex. lägre procent utlöst fosforsyra än de äldre i övrigt analoga ytorna, men säkra slutsatser kunna härav knappast dragas.

Vad rostjorden beträffar, har i det föregående ett flertal olika iakttagelser av förloppet vid dess bildning vidrörts. Härav framgår, att rostjorden alltid anlägges med en större mäktighet än blekjorden, vanligen 5—10 cm. Ofta finnes tydlig blekjord i unga profiler utan att rostjorden ännu är märkbar, men stundom synes rostjorden vara det, som först framträder. De första antydningarna till rostjord visa sig i förm av horisontala strimmor i profilväggen på rostjordens plats. Den närmaste orsaken till rostjordens utbildning är kolloidernas utfällning, förmodligen i ungefärlig samklang med Aarnios experiment (se kap. 4:B4c). Men orsaken till att detta sker återstår att utreda. Av det föregående torde framgå, att rostjorden ej befinner sig i livlig vittring och därför ej från början är särskilt rik på elektrolyter. Orsaken till kolloidernas avsättning under blekjorden vid processens början anser jag då snarast kunna tänkas på följande sätt: Vatten sipprar långsamt ned från markytan. Vid passagen genom humustäcket och blekjorden upptar det därstädes frigjorda kolloider och elektrolyter. När vattnets upplösningsförmåga efter passagen genom blekjorden är uttömd, vidtager genast en utflockning av olika kolloider, som nu ha uppnått de koncentrationsområden inom vilka de delvis fälla ut varandra. I fuktigare marker med mäktigare humustäcke sker en betydligt större produktion av lösliga

Tab. 8.¹ Genom vittringen i medeltal årligen frigjorda mängder av olika ämnen i blekjorden, yta 12.

Durch die Verwitterung in der Bleicherde jährlich im Mittel freigemachte Mengen verschiedener Stoffe, Probefläche 12.

	Upplöst mängd i gr per år och kvm
	Gelöste Menge in gr pro Jahr und kvm
Al ₂ O ₃	2,2
Fe ₂ O ₃	1,1
CaO	0,3
MgO	0,5
Na ₂ O	0,3
K ₂ O	0,5
P ₂ O ₅	0,15

humusämnen. Detta bör naturligtvis i hög grad påverka utsträckningen av de områden inom vilka kolloiderna flocka ut varandra. Det förefaller som om i torra marker, t. ex. de flesta tallhedar, kolloiderna falla ut inom ett vertikalt vidsträckt område än i något fuktigare, varigenom rostjorden i de förra kommer att obetydligt skilja sig från underlaget, som till betydande djup är något limonitpigmenterat, delvis måhända till följd av oxidation. I fuktigare marker sker utfällningen i en något mer begränsad zon. Här produceras större kvantiteter kolloider och utfällningen blir därför också intensivare, skiktet mera utpräglat.

Man får nog tänka sig, att i rostjorden försiggår både upplösning och utfällning av kolloider. Under olika årstider med olika nederbörd försiggå processerna troligen på olika sätt. Det torde i rostjorden föreligga en jämvikt, som regleras av vissa bestämmande faktorer, den genomsnittliga, genomrinnande vattenmängden och andra. Måhända äro de i det nedsipprande vattnet befintliga kolloiderna ständigt instabila och börja falla ut redan i blekjorden, fastän de därstädes vid andra tillfällen åter snabbt upplösa.

Sannolikt verkar ett skikt, där kolloider börjat utfalla, absorberande på nya kolloidmängder, vilket bidrager till rostjordens fortbildning; det är möjligt, att det blott behöves en impuls till rostjordsbildning för att densamma sedan skall fortbildas (jfr Ehrenberg, 1918). I en begraven podsolprofil fastna sålunda kolloiderna ej i det gamla blekjordsskiktet, som är fritt från ursprungliga kolloider, utan låta detta ligga intakt med nybildad rostjord ovan och gammal inunder.

¹ En dylik beräkning gjordes av mig redan i mitt preliminära meddelande (TAMM 1915). Den anfördes där som en uppskattning av helt preliminär natur. Sedan dess har emellertid min uppfattning av hela podsolprocessen undergått en viss fördjupning, varför beräkningen nu utförts på något annorlunda sätt. Olyckligtvis hade i den preliminära uppskattningen ett räknefel insmugit sig, varigenom de urlakade mängderna per år multiplicerats med en faktor, som var 10 ggr för stor.

Beträffande en av de undersökta provytorna, nr 12, är tiden, under vilken man kan antaga, att podsoleringen fortskridit, tämligen noga känd. Den är högst 600 år. Man kan då här med ledning av värdena på de utlakade mängderna av olika ämnen uträkna de årligen i medeltal per kvm genom vittringen frigjorda kvantiteterna. Klimatet och skogstypen ha sannolikt hela tiden varit ungefärligen likartade. Resultatet av beräkningen framgår av tab. 8.

Ehuru beräkningen av de årligen genom vittring lösliggjorda mängderna ej är att betrakta som ett vetenskapligt resultat, utan mera som ett experiment, vågar jag dock tillerkänna densamma ett visst värde, såsom åtminstone angivande rätt storleksordning. En motsvarande beräkning för de andra ytorna har ej samma intresse, då ju sannolikt vittringen varierat mycket i intensitet med klimatets och skogssamhällets växling och med markens växande ålder övergått till svårösligare mineral. Genomgående ge sådana beräkningar av årligen lösliggjorda mängder för dessa ytor betydligt lägre värden. Måhända kan man häri se ett symptom av, att blekjordsbildningen under stora delar av postglaciertiden, då klimatet varit gynnsammare än nu, förlöpt långsammare.

De i tab. 8 framställda siffrorna avse att i någon mån söka belysa huru stora saltmängder, som en Myrtillusskog i mellersta Norrland tillföres genom den kemiska vittringen i markytan. Per hektar och år bli värdena för de viktiga ämnena kalk, kali och fosforsyra resp. 2 kg, 5 kg och 1 kg. Härtill komma sedan de mängder, som frigöras vid förmultningen av humuslagret, vilka äro att betrakta som magasinerade mängder, som tidigare alstrats genom vittringen. De lösliggjorda mängderna kisel-syra, järn och aluminium torde till betydande del absorberas i rostjorden.

Om man antager, att årligen omkring 250 mm nederbördsvatten rinner ned i marken och där bildar grundvatten (årliga nederbörden, se tab. 7), så kan man uppskatta de koncentrationer som böra uppnås av de genom vittringen frigjorda mängderna av de ovan angivna ämnena, vilka ej nämnvärt synas absorberas i rostjorden. Man kommer då till värden, vilka ungefärligen överensstämma med koncentrationerna för motsvarande ämnen i Byskeälvens vatten enl. H o f m a n - B a n g (1905).

Vad ortstensbildningen beträffar, har det som i kap. 6 nämnts, ej lyckats mig att tillfredsställande förklara densamma. Ortsten uppstår företrädesvis, men ej nödvändigt, där den allmänna podsoleringen är stark, och allra helst och i största mäktighet, där vatten från torvmarker få tillfälle att starkt podsolera dessas omgivningar. I dylika fall kan även blekjorden uppnå stora mäktigheter, vilket väl förklaras av den abnormt stora tillförseln av vatten och vittringsagens.

KAP. X.

Skogligt betydelsefulla slutsatser av de utförda undersökningarna.

Av de utförda undersökningarna kunna åtskilliga slutsatser av skogligt-praktiskt värde dragas. De ha också i det föregående här och var blivit berörda, men torde förtjäna att i ett sammanhang och med större utförlighet framhållas.

Marken äger i det nordsvenska barrskogsområdet en stor rikedom på för skogen värdefulla mineral, som ställer den i en betydligt gynnsammare klass än t. ex. de nordtyska sandhedarna (se sid. 73, 74). Endast där större områden med kemiskt fattiga och svårvittrade bergarter föreligga såsom i övre Dalarnas porfyr- och sandstenstrakter, är markens kemiska och mineralogiska beskaffenhet svag. Av det viktiga ämnet kalk finnes sålunda i den undersökta ytan i Älvdalen, Dalarna (se sid. 252) endast omkring en sjättedel av vad som är normalt i skogsmarken. De svagare skogsmarker, som finnas i dessa trakter, härleda säkerligen i icke ringa mån sitt mindre gynnsamma skick ur mineraljordens primära egenskaper (se sid. 152) och torde därför erbjuda stora svårigheter vid försök att omvandla dem till en produktivare skogstyp än den nuvarande ljungrik: tallhed med relativt mäktig råhumus. I de flesta andra delar av det nordsvenska barrskogsområdet, där berggrunden utgöres av graniter, gnejser, syeniter m. m. lägger däremot med säkerhet mineraljordens kemiska beskaffenhet ej några hinder i vägen för en betydligt ökad produktion.

Sandjord är mineraliskt fullt ut lika värdefull som morän eller mjåla och då vittringen synes försiggå på samma sätt även om materialet är grövre (se sid. 128), så torde sanden i fråga om produktion av näringsämnen ej ställa sig mycket ogynnsammare än morän. Dock måste naturligtvis absorptionen av de lösliggjorda salterna vara förminskad i ett jordslag, som är fattigt på finkorniga beståndsdelar. Den viktigaste skillnaden mellan sand- och moränmarker ligger emellertid ej på det kemiska området utan i förmågan att kvarhålla fuktighet, vilket nedan skall beröras.

Den i kemiskt avseende minst gynnsamma egenskapen hos den nordsvenska skogsmarken är utan tvivel att kalken föreligger i en svårvitrad form: som beståndsdel i en ganska sur fältspat. I övrigt kan sägas

att alla för skogen behövlige ämnen finnas i ganska riklig mängd. Problemet gäller att söka bringa marken i ett sådant skick, att största möjliga kvantiteter näringsämnen bli tillgängliga i en för skogsträden assimilerbar form.

Ovan sid. 102 har framhållits att den karbonatbundna kalken relativt hastigt försvinner ur skogsmarken. Denna process har emellertid endast lokal betydelse inom de trakter, där jordlagren äro inmängda med kalkstensmaterial. Processen har säkerligen haft en stor betydelse för skogen i t. ex. det centrala Jämtland. Man kan förutsätta, att medan stora förråd av kalciumkarbonat ännu funnos i ytan på de leriga moränerna i siluområdet, mullmarker med örtrik markvegetation böra haft en mycket stor utbredning. Nu har karbonatet mångenstädes försvunnit ur de övre lagren på de högt liggande skogsterrängerna (jfr sid. 251) och i och med detta har skogstypen mångenstädes övergått till en ris- och mossrik granskog, som ej mycket skiljer sig från den i det övriga Norrland vanliga. (Jfr Hesselman, 1917 a, sid. 399). På dessa marker har ej längre kalkurlakningen någon så stor betydelse, enär processen redan kommit in i ett stadium, då marken blivit betydligt utarmad på kalciumkarbonat. Processens fortskridande torde knappast kunna genom några åtgärder påverkas. I sluttningar och lägre belägna terränger har kalktransporten ur marken såsom Hesselman framhållit en stor betydelse genom att där framkalla en rik växtlighet. I sluttningarna uppstå ofta vackra örtrika granskogar och å lägre terränger mycket gynnsamma, efter avdikning särdeles alstringskraftiga torvmarker. Möjligheten av att kalkutlakningen rent av påverkat utbredningen av vissa skogselement har framhållits av Halden (1917, s. 206).

Blekjordsbildningen betyder en stadig utarmning av marken på värdefulla mineralbeståndsdelar, såsom de viktiga ämnena kalk, fosforsyra och kali (se sid. 109, tab. 3). Ju mäktigare blekjorden är, desto fattigare är marken på dessa beståndsdelar, vilket i ringa mån kompenseras genom att helt små mängder av dem, åtminstone fosforsyran, absorberas i rostjorden. Emellertid frigöras genom vittring i blekjorden ständigt nya mängder, särskilt av kalken och kalit, i mindre mängd fosforsyra, som redan till största delen försvunnit ur blekjorden (se sid. 121—123). Antagligen existerar det för skogen ett fosforsyreproblem, som ännu så länge undanskymmes av de viktigare kalk- och kvävefrågorna, men som i den mån dessa bli lösta, kommer att göra sig gällande.

Det är anmärkningsvärt att det vanliga fosforsyremineralet i marken, apatit, utom fosforsyra innehåller stora mängder kalk i en mycket lättlösligare form än i de silikatiska kalkmineralen (jfr sid. 121). Apatiten är sålunda ett av de allra värdefullaste mineralen i skogsmarken och

säkert är bristen på apatit en ur skoglig synpunkt mycket dålig egenskap hos blekjorden. Att denna apatitbrist dock ej behöver vara ödesdiger visas av att vacker skog mången gång förmår växa i mäktig och utpräglad blekjord (se sid. 213). Järn-magnesiummineralen äro av betydelse för skogen genom sin halt av lättlöslig magnesia och den visserligen rätt obetydliga halt av kalk och kali i mera lättlöslig form än i fältspaternas, som de innehålla. Även en försvinnande liten del av deras järnhalt torde komma skogen till godo. Järnhalten har även den betydelsen att utgöra råmaterialet för de järnföreningar, som delvis bilda bindemedlet i ortsten. Ingen blekjord torde ens i sina övre delar vara alldeles uttömd på järn-magnesiummineral (se sid. 109) men vittringen torde dock mångenstädes hunnit till det stadium, då övervägande fältspater angripas. Dessa innehålla de största mängderna kalk och kali och förmå praktiskt taget i det oändliga leverera lika stora mängder lösliga kali och kalkföreningar som för närvarande.

Även bortsett från sin förminskade halt av åtskilliga för skogen värdefulla ämnen har blekjorden emellertid även andra mindre gynnsamma egenskaper. Dessa torde sammanhånga med blekjordens fattigdom på utflockade kolloider. I det föregående (se sid. 126) har visats, att blekjorden saknar tendenser att kvarhålla sådana. De utflockade kolloiderna ha emellertid en viktig uppgift att fylla i marken. Dessa kroppar innehålla nämligen alltid små mängder absorberade salter, vilka kunna gå i lösning vid större vattentillförsel och därigenom komma skogen till godo. Vid ökad koncentration i markvätskan kunna nya mängder salter absorberas; med andra ord de utflockade kolloiderna verka som ett slags nyttiga regulatorer på tillförseln av växternas näringsämnen. Det måste då vara en olägenhet, om det i en marks övre del finnes ett skikt, som i utpräglad grad saknar utflockade kolloider. Blekjorden blir ett i viss mån isolerande skikt mellan den på kolloider rika rostjorden å ena sidan och humuslagret å andra sidan. Detta demonstreras av rötternas benägenhet att utbreda sig dels i humustäcket och dels i rostjorden.

Det blir på grund av blekjordens olika egenskaper en fråga av stort skogligt intresse att söka utreda med vilken hastighet den tillväxer i mäktighet. Ovan sid. 162 har emellertid visats, att blekjordbildningen är en mycket långsam process, och att dessutom (se sid. 232) tillväxten i mäktighet avtager i hastighet. Det fordras minst 100 år för att bildas en märkbar blekjord, som dock kemiskt sett är mycket litet utpräglad (se sid. 148). En ordinär blekjord behöver omkring 1 000 år för sin uppkomst. Man kan sålunda ur skogens synpunkt taga blekjordens fortbildning med stort lugn och det är ej i en snabbt tillväxande blekjord, som faran för våra skogsmarkens degeneration ligger.

Förekomsten av en blekjord har emellertid även ur en annan synpunkt ett intresse: den har en symptomatisk betydelse. Blekjorden är nämligen ett resistent minnesmärke av att en mäktig råhumus länge har betäckt en mark. En mäktig blekjord, (i mellersta Norrland 7—8 cm, i övre Norrland 10 cm och däröver, likaledes i Bergsslagen och Värmland), är ett tecken på att marken sannolikt länge varit bevuxen med en mossrik granskog eller barrblandskog.

Då blekjordens fortbildning är en långsam process, som dessutom f. n. svårigen kan direkt av människan påverkas, är det uppenbarligen på omvandling av humuslagret, som alla markförbättrande åtgärder (såsom bränning av hyggen, markberedning) måste inriktas. Dessa åtgärders inflytande och betydelse ha belysts av Hesselman (1917 b o. c). Den fråga som uppställer sig är då om dylika åtgärder även på en mark med utpräglad och mäktig blekjordsbilning i övre Norrland kunna nå goda resultat. Detta är utan tvivel fallet.

Man ser ofta i övre Norrland att en trakts bästa skogar, om man bortser från vissa rätt sällsynta granbestånd å mullrik mark, växa på starkt podsolerade terränger. I Degerfors socken i Svarttjärnstrakten iakttog jag sålunda ett mycket produktivt bestånd å sådan mark. Nästan alltid är det i dylika fall fråga om gamla brännor, som blott äro femtio eller hundra år gamla. Det allra vackraste exempel härpå, som jag anträffat är Lillgranberget nära Talliden i Jörnstrakten. Här var en omkring år 1827 inträffad mordbrand (enligt kronojägare K. G. Stenberg i Jörn) orsaken till att en gammal granskog med stark podsolerung övergått i en utomordentlig växtlig tallskog, som torde vara ortens produktivaste bestånd. Marken hör till de starkast podsolerade, ej försumpade markerna i trakten med omkring 10 cm:s blekjord. Klimatet är ganska strängt och berggrunden porfyr. De allra flesta marker i trakten österut på granitgrund äro betydligt svagare podsolerade och bevuxna med tämligen dåliga tallhedar. Dåliga, svagt växande granskogar å starkt podsolerade marker förekomma där även. Överallt bildas jordmånen av en mycket likformig morän; hela trakten ligger över marina gränsen.

Likartade förhållanden å gamla brännor finner man allmänt i övre Norrland. Orsaken till skogens gynnsamma växt å brännorna är såsom Hesselman (1917 b) visat humustäckets goda tillstånd. Denna faktor övertägar synbarligen alldeles den ogynnsamma faktor, som den mäktiga blekjorden utgör. Det är ingen tillfällighet, att just de mycket godartade skogarna i dessa trakter stå på starkt podsolerade marker. Att marken är starkt podsolerad är nämligen beroende på att den länge varit täckt av ett relativt mäktigt råhumuslager. Ett sådant är ett

gynnsamt objekt för en ej för häftig skogsbrand att förbättra utan att förtära. Ett tunnare och torrare humuslager blir däremot nästan förtärt av en brand och skogsbeståndet omvandlas kanske i en mer eller mindre lågproduktiv form: tallhed.

Man kan sålunda säga, att den starka podsoleringen, ehuru i sig själv en skadlig faktor, dock är ett symptom av att marken varit betäckt av ett humuslager, som visserligen kanske varit ganska hopfilitat och svårartat, men dock erbjuder möjligheter att genom tjänliga medel, t. ex. hyggesbränning, kunna omvandlas i ett gynnsamt humuslager, som förstår att skänka marken en hög produktionsförmåga. De väldiga arealer trögväxande granmarker av *Myrtillustyp*, som finnas i övre Norrland, äro starkt podsolerade. Man kan trots detta vara övertygad om att det ej föreligger någon faktor i mineraljorden, som omöjliggör deras försättande i ett bättre skick, ty mineraljorden är där likvärdig med mineraljorden i många utmärkt växtliga bestånd. Tvärt om, kommer humuslagret i gynnsamt tillstånd, bör marken kunna producera mycket mera. Att få humuslagret i detta tillstånd ligger i skogsvårdarens makt (se Hesselman 1917 b). Med hänsyn till mineraljordens egenskaper kan man alltså hysa stor optimism angående de flesta av våra nordliga granskogars framtid. Att märka härvid är även topografiens stora roll för skogsbeståndet. Då alla de slutsatser, som dragits, gälla plana och svagt sluttande marker, är det tydligt, att förhållandena i starkare sluttningar kunna ställa sig än gynnsammare.

Podsoleringens betydelse på tallhedarna är annorlunda. De lavpodsolerade markerna ha en mycket tunn blekjord (se sid. 173) och äro sålunda i själva verket rikare än andra på värdefulla mineral och äga de andra företräden, som sammanhånga med en obetydligt utvecklad blekjord. Den svaga podsoleringen vittnar emellertid om att marken alltid varit bevuxen med en torr, lavrik tallhed. Felet med marken, som gör att ingen produktivare skogstyp trives, är den låga fuktighetsgraden, ej näringsbrist. Detta framgår med stor tydlighet av att å ena sidan lavrika tallhedar kunna uppkomma å mäktigt, torr älvsand, som innehåller betydande mängder kalciumkarbonat (se sid. 140), å andra sidan av att befintligheten av ett ortstenslager kan möjliggöra att en fläck i en torr tallhed blir bevuxen med en mossrik skogstyp, trots att trädens rötter uteslutande måste gå i en utpräglad blekjord (se sid. 212). Fuktighetsförhållandena äro på en lavpodsolerad hed nästan alltid beroende på avlagringens geologiska natur (sand och rullstensgrus) och äro därför svåra att väsentligt förbättra utan bevattning, som i de flesta fall är utförbar. Man kan därför misstänka, att en dylik tallhed kommer att trotsa försök att omvandla skogstypen i en mossrik sådan. Ofta

äro lyckligtvis dylika tallhedar lättföryngrade (t. ex. i Degerfors, yta 7, se sid. 254). Detta sammanhänger antagligen med deras belägenhet på älvsand i de klimatiskt gynnsamma ådalarna. När de emellertid äro svårföryngrade (ex. Skaiteheden, se sid. 175, 215), torde de vara det otacksammaste objekt, som kan tänkas för skogsvården. I själva verket har jag iakttagit tre fall av misslyckade markberedningar med sådd å mycket torra tallhedar i översta Norrland, om också det är för tidigt att ännu yttra sig med säkerhet angående resultatet av dessa åtgärder.

De medelstarkt och än starkare podsolerade tallhedarna böra kunna ge anledning till vissa förhoppningar. Dessa hedar äro också de på moränmark så gott som alltid förekommande. Här har alltid ett ris- och mossrikare humustäcke funnits, varav just den starkare podsoleringen är ett resultat (se sid. 186). Fuktigheten är väsentligt gynnsammare än på de lavpodsolerade hedarna och bör i många fall kunna räcka till för en mossrik markvegetation. Har en sådan vandrat in och alstrat ett humuslager, kan detta sedermera medels tjänliga metoder förbättras och som resultat torde i många fall en produktivare, mossrik skog erhållas. Det är givet, att en dylik utveckling ej går fort. I naturen försiggår den säkerligen av sig själv, om skogen skyddas för brand. Det blir då skogsvårdarens uppgift att på allt sätt befrämja och påskynda denna utveckling, vilket säkerligen kan ske genom att söka hålla beståndet så tätt som möjligt och att vid föryngring genom tjänliga medel (se Hesselman 1917 c) söka framkalla ett så tätt plantbestånd som möjligt, och, då så är möjligt, befrämja invandring av gran och björk. Gran- och björkbuskar, om än oväxtliga, göra nytta som markbeskuggare och befrämja risens och mossornas trevnad. Stora arealer dylik tallhed, som blott på grund av elden är i lågproduktivt tillstånd bör på detta sätt småningom kunna omvandlas.

Allra fortast torde resultat erhållas med de starkast podsolerade tallhedar i Norrland, som uppkommit ur granmarker eller gränsa mot myrar o. s. v. (se sid. 179, 180). I norra Dalarna däremot ha de starkt podsolerade tallhedarna ett helt annat skaplynne än å de mineraliskt kraftigare markerna i Norrland (se sid. 152). De äro som ovan nämnts säkerligen ganska stabila; de torde erbjuda stora vanskligheter vid försök att omvandla dem i produktivare skogstyper. Problemet ligger här ej i fuktigheten, som ofta är ganska riklig, utan sannolikt i humustäcket och närsalttillgången. Det synes därför svårslösligt, för så vitt ej man t. ex. är i stånd att genom bevattning tillföra friskt och näringsrikt vatten.

Podsoleringen å tallhedarna har sålunda ur skoglig synpunkt ett stort, symptomatiskt intresse. En tallhed bör emellertid utom av den svaga podsoleringen även städse bedömas med ledning av markvegetationen

(se sid. 182). Det är just den artfattigaste, svagast podsolerade tallhedstypen, som av flere forskare ansetts vara mest resistent. I de större delarna av Norrland, där berggrunden huvudsakligen är granit och gnejs, bör man sålunda med en viss rätt kunna vänta att ju starkare podsoleringen i en tallhed är, desto lättare bör man kunna förvandla den i en produktivare typ, därest klimatförhållandena det medgiva. Måhända äro svårigheterna större på de porfyrområden, som finnas i det inre Lappland; dessa ha knappast berörts av mina undersökningar.

Beträffande ortstensförekomsternas betydelse för skogen, så råder en viss skillnad i fråga om granskogar och tallhedar. I de förra måste ortstenen betraktas som en skadlig företeelse, om ock dess skadegörelse för närvarande är föga påtaglig och ej alls jämförlig med den motsvarande å hedarna i Danmark och Nordtyskland. Ortstenen kan skada på två sätt: genom att hindra rötternas framträngande och försvåra vattentransporten i marken. Av dessa båda fenomen torde det senaste vara det viktigaste, men ej heller dettas betydelse framträder klart vid undersökning. (Se sid. 199—201, 222.)

På tallhedar är ortstenen övervägande nyttig. Här är fuktigheten den viktigaste faktorn, som, om den också ej synes reglera tallens liv och ej heller dess föryngring (se Hesselman, 1910), har den allra största betydelse för den råhumusbildande markvegetationen. Därigenom har den indirekt stort inflytande på tallbeståndet och möjliggör produktionsens framtida höjande. Problemet på en tallhed måste städes vara att öka humuslagrets mäktighet och samtidigt förbättra detsamma. Detta kan ske, om man förmår öka markytans fuktighetsgrad, varvid gran, björk, ris och mossor genast invandra och bildning av en gynnsam humus inträder. Ett ortstenslager bidrager, om det är mäktigt och tätt, i hög grad att kvarhålla fuktigheten i marken, varigenom just de nämnda växterna finna trevnad (se sid. 213). Vid sidan härav är ortstensens skadliga inflytande som rotdeformerande faktor av oväsentlig betydelse (se sid. 208).

Beträffande ortstensbildningens hastighet ha ej säkra data kunnat erhållas; att döma av markprocessernas allmänna förlopp och hastighet i Norrland torde det dock vara antagligt att den är en långsam process, som fordrar minst många hundra år för att kunna åstadkomma resultat av någon betydelse (se sid. 197).

De markvårdsåtgärder (bränning, markberedning m. m.), som pläga utföras å granmarker äro alla ägnade att bringa humuslagret i en gynnsammare, på lättillgängliga, absorberade närsalter mera rik form. Härigenom avtrubbas antagligen podsoleringsprocessen något (jfr sid. 150, 155),

utsikterna för ortstenbildning minskas; i lyckliga fall bör humustäcket småningom åtminstone nedtill bli något mullartat och markvegetationen inblandad med *Oxalis acetocella*.

De markvårdsåtgärder, som kunna utföras å tallhedar (markberedning m. m.) avse alla att söka framkalla ett tätare bestånd och en ökad råhumusbildning. Härav blir givetvis en hastigare podsolering följden (se sid. 186). Det nybildade humustäcket bearbetar kraftigt det mineraliskt rika materialet. Även om detta har relativt grov kornstorlek, som på vissa sandhedar, synes vittringen försiggå nästan lika raskt som eljest. En ökad podsolering blir följden och det är ej heller uteslutet, att ortstensbildning kan inträda som följd av de markvårdande åtgärderna. En sådan ortstensbildning, som f. ö. antagligen aldrig skulle nå någon större omfattning, utan blott resultera i spridda klumpar (jfr sid. 205), är på de torra marker i övre Norrland, där den skulle kunna ifrågakomma, emellertid att betrakta som nyttig, enär den skulle öka markfuktigheten och därmed minska faran för att marken återföle i sitt lågproduktiva skick. Att genom markvård nå så långt, att även å tallhedarna humustäcket bleve så gynnsamt, att podsoleringen åter avtrubbades, och *Oxalis acetocella* kunde trivas anser jag tillsvidare vara en utopi. Allra svårast torde det som nämnts vara att genom åtgärder förbättra produktionen på de allra torraste, *lavpodsolerade* tallhedarna i övre Norrland. Markprofilen i dessa antyder, att aldrig naturen själv lyckats bereda möjligheter för mossornas trivsel på dessa hedar, och då är det troligt att det även är svårt för människan att uppnå detta resultat (utom genom bevattning). Utan mossor blir det emellertid ej något verkligt gynnsamt, friskt humustäcke, vilket av allt att döma synes vara det bestämmande elementet för skogen i den norrländska marken.

Som allmän slutsats angående podsoleringens skogliga betydelse torde kunna sägas, att den för närvarande är svår att säkert skönja bland de många andra faktorer, som influera på skogen. De på unga, svagt podsolerade marker (se sid. 147) växande skogarna äro ofta i ett mycket gynnsamt skick, som till någon del nog kan bero på podsoleringens svaga utveckling men säkerligen mest på den gynnsamma fuktigheten. En mycket god produktion borde därför kunna åstadkommas på de klimatiskt välbelägna sandhedarna i de norrländska ådalarna, om man genom bevattning från de högre liggande, sluttande moränterrängerna kunde sörja för deras fuktighetsfråga.

De olägenheter, som skogen eventuellt kan ha av såväl blekjord som ortsten komma måhända en gång till synes, då man genom god markvård bringat humuslagret i bästa möjliga tillstånd och nått det gräns-

värde för möjlig produktion, som på varje mark bör kunna nås. Då kommer förmodligen mineraljordens kemiska egenskaper, dess blekjord och dess ortsten tillsammans att utgöra en viktig del av det komplex av faktorer som bestämmer det nämnda gränsvärdets storlek.

Den tidpunkt, då gränsvärdet för markens produktion i Norrland är nådd, är säkerligen ännu långt avlägsen. Innan dess torde den värdefullaste konsekvensen av den uppnådda kännedomen om markens kemiska och mineralogiska beskaffenhet vara den, att det huvudsakliga problemet för höjandet av skogsproduktionen ej ligger i mineraljorden. På granmarkerna ligger det i humustäcket och på tallhedarna i humustäcket och fuktigheten i markens ytlager. Humustäckets betydelse har redan framhållits av Hesselman, som dess bättre delvis även kunnat klarlägga verkningarna av de metoder, som kunna tillgripas för att förbättra detsamma. Mina undersökningar synas ådagalägga att, bortsett från vissa speciella trakter med svårvittrad berggrund såsom Dalarnas sandstens- och porfyrområden och därmed likvärdiga, i mineraljorden intet hinder finnes för uppnående av en hög produktion om man bortser från en del block- och stenmarker, av havet starkt bearbetade moränmarker, grövre grusmarker o. s. v., som dock äro undantagsfall.

Berggrunden är inom det nordsvenska barrskogsområdet till allra största delen bestående av gnejs och granit, och moränerna, särskilt i det väldiga området ovan marina gränsen, äro ganska likformiga. På allra största delen av detta område bör, där ej klimatet lägger oöverstigliga hinder i vägen, om skogseldar förhindras å tallhedar och marken vårdas såväl där som i granskogarna produktionen kunna höjas med mycket stora belopp. Vid den tidpunkt när detta inträffat, medge måhända virkespriserna en tillförsel av kalk och möjligen fosfat i lämplig form till marken, varigenom sedermera produktionen torde kunna höjas ännu väsentligt mer.

Som slutomdöme om den utförda undersökningen kan framhållas, att den är ägnad att inge en allmän optimism beträffande vårt svenska skogsbruks framtid. Den har visat, att mineraljorden nästan överallt är rik på värdefulla mineral och att den degeneration, som vissa marker ha undergått, egentligen endast nått någon ödesdigrare följd i fråga om humustäcket. Detta är emellertid åtkomligt för bearbetning i markvårdande syfte. I vissa mycket högt ö. h. belägna och nordliga trakter lägger naturligtvis klimatet hinder i vägen för en hög produktion, men även i klimatiskt mycket karga trakter av övre Norrland kunna mycket goda bestånd uppväxa, om blott humustäcket är i ett gynnsamt skick. Man finner sålunda, att i stora delar av det nordsvenska barrskogsområdet det bör vara möjligt att väsentligt höja den nuvarande skogsmar-

kens produktivitet. Medlen därtill äro reglering av beståndens sammansättning, inverkan på markvegetationen på olika sätt, särskilt genom reglering av ljusställförseln, samt de vanliga markvårdsåtgärderna. Den svåraste faktorn att övervinna torde vara den fuktighetsbrist, som vidlåder de allra torraste markerna och som beror på jordlagrens mäktighet och struktur. Den optimism, som den utförda undersökningen ger anledning till kontrasterar sålunda ganska mycket mot den mer eller mindre berättigade pessimism, som analoga undersökningar givit anledning till i vissa andra länder såsom i de på värdefulla mineral ytterst fattiga nordtyska hederna (jfr Graebner, 1904, sid. 236—241).

Kap. XI.

Detaljundersökningar och tabeller.

Beteckningar och förkortningar, som kommit till användning i tabellerna.

Bezeichnungen und Verkürzungen.

An. = analys eller analysprov, Analyse oder Analysprobe.

Blekjord, Bleicherde. Rostjord, Orterde. Underlag, Untergrund. (Se kap. 1:B2.)

Centimetertalen avse djupet under markytan, die Centimeterzahlen geben die Tiefen unter der Bodenoberfläche an.

a = den utförda analysen, die ausgeführte Analyse.

b = den på mineralisk substans och procentsumman 100 omräknade analysen, die auf mineralische Substanz und die Procentsumme 100 umgerechnete Analyse.

Finm. = Finmaterial med kornstorlek under 2 mm, feines Material mit Korngrösse unter 2 mm. Sil. = silikatisk, als Silikat. Lim. = limonitisk, als Limonit. Apat. = apatitisk, als Apatit. Översk. = Överskott, Überschuss. Mörka mineral = summan av MgO, den däremot svarande mängden SiO₂ (om MgO beräknas som metasilikat), sil. Fe₂O₃ och TiO₂, dunkle Minerale (MgSiO₃ + Sil. Fe₂O₃ + TiO₂). sp. = spår, Spuren, ej b. = ej bestämd, nicht bestimmt.

Färgning = färgning med fuchsin enligt (i kap. 1:C) beskriven metod. Färbung mit Fuchsin.

h = humuspartiklar och fragment starkt färgade. Humusteilchen stark gefärbt.

○○○ = stark färgning. Tydliga hinnor omkring de flesta mineralkornen. — Starke Färbung, deutliche Häutchen um die meisten Mineralkörner.

○○ = Svag färgning. Somliga korn ha tydliga hinnor. — Schwache Färbung. Einige Körner haben deutliche Häutchen.

○ = Ingen eller mycken svag färgning. Inga tydliga hinnor. — Keine oder sehr schwache Färbung. Keine deutlichen Häutchen.

De inom parentes stående talen i tabellerna för utlakade mängder och vittringsgrader avse värden, som uträknats under förutsättning av att kiselnyran varit konstant vid blekjordsbildningen. Dessa värden äro minima och avse blott att ge en viss kontroll (jfr kap. 4:B2). — Die zwischen Klammern angegebenen Werte in den Tabellen der in Lösung gebrachten Mengen und Verwitterungsgraden sind unter der Voraussetzung, dass die Kieselsäure bei der Bleicherdebildung nicht ausgelaugt worden ist, ausgerechnet. Diese Werte sind Minima und geben eine gewisse Kontrolle.

A. Markytor med kemiskt undersökta profiler.

Yta 1. Nb. Piteå s:n, Rokliden. Skogsförsöksanstaltens försöksfält. Myrtillustyp.
Tab. 9 a—f.

Gammal, degenererad, timmerblådad granskog (se även Hesselman, 1910 c) av den i övre Norrland vanliga typen. Svag NO-sluttning å normal urbergsmorän, 250 m ö. h., över marina gränsen. Vegetationen illustreras av följande ståndortsanteckning: (av Hesselman, 24. 8. 1905):

Träd: *Picea excelsa* rikl.-ymn., *Betula odorata* spr., *Betula verrucosa* enst., *Pinus silvestris* enst., *Sorbus aucuparia* enst., *Salix caprea* enst. 1 ex.

Buskar: *Sorbus aucuparia* rikl. i öppna fläckar, *Betula odorata* str., *Picea excelsa* spr., *Betula verrucosa* enst.

Ris: *Myrtillus nigra* ymn., *Lycopodium annotinum* spr., *Vaccinium vitis idæa* str., *Empetrum nigrum* spr., *Linnæa borealis* spr., *Pyrola secunda* enst. spr.

Örter: *Majanthemum bifolium* str.-rikl., *Trientalis europæa* str.-rikl., *Phegopteris*, flv. rikl., *Cornus suecica* spr., *Solidago virgaurea* spr., *Melampyrum pratense* spr., *Goodyera repens* flv. str., *Listera cordata* enst.

Gräs: *Aira flexuosa* str., *Luzula pilosa* spr.

Mossor: *Hylocomium proliferum* ymn., *H. parietinum* ymn., *Polytrichum commune* flv. rikl., *Hypnum crista castrensis* spr.-flv. rikl., *Dicranum undulatum* spr., *D. scoparium* spr., *Sphagnum russovii* enst. fläckar.

Lavar: *Cladina rangiferina* spr., *Cladonia* spr.

Humuslagret är ganska varierande i mäktighet. Ibland är det endast 5 cm men kan nå 20 cm särskilt i sådana fall, där rester av multnande stammar ligga kvar å marken. I allmänhet torde det vara 10 cm, varav förna 2—3 cm och resten en mycket seg och hopfildad råhumus av just den typ, som är karakteristisk för övre Norrlands äldre, degenererade granskogar. Blekjorden är överallt mycket skarpt utpräglad och askvit till färgen. Den varierar mycket i mäktighet, från ett par till 30 cm. I medeltal är den 11,6 (mf 0,53 cm) (50 mätningar). Där den underlagras av ortsten förekommer ehuru sällsynt, att den i sin undre del är impregnerad med limonit och därför rostfärgad. Blekjordskaraktären är dock fortfarande väl märkbar. Lagret under blekjorden är i allmänhet omkring 20 cm mäktigt och är merendels utbildat som ortsten eller ortstensartad rostjord. Av 20 profiler i den torra (oförsumpade) marken var endast en fullständigt fri från ortsten, men i de flesta funnos endast ortstenslinsor, vilka ej visade fast sammanhang. Endast i ett fåtal fall (fem profiler) funnos verkligt hårda, svårgenomträngliga ortstensbankar. En sådan profil hade en omkr. 15 cm mäktig, mörkt rostbrun, övre ortstensbank och därunder cirka 40 cm mäktigt ljusare ortstensbank. I denna profil togos analysproven till de fem Bauschanalyserna.

Det är sålunda tydligt, att ortstenen ej bildar några sammanhängande bankar över stora arealer. Under ortstenen finnes städse en normal, grå, mycket hårt packad bottenmorän.

Fastmarken på försöksfältet i Rokliden bildar ett slags öar i den svagt sluttande, försumpade granskogsliden. I den mer eller mindre försumpade marken har cirka hundra markprofiler undersökts. Ingenstädes fanns här ortsten. På gränsen mellan den torra och den försumpade marken förekommer rätt ofta en 10—15 cm mäktig, lös humusortsten. Ofta finner man klumpar

av mörk ortsten, som förefalla vara humösa på ytan, men som i det inre äro ljusst rostfärgade. Ofta synes ortstenen i övergångszonen mellan den torra och den försumpade marken vara stadd i uppluckring. Det är alltid mycket lättare att gräva en profil i den försumpade marken jämfört med den torra. Det förefaller sålunda nästan som om själva moränen i den försumpade marken blivit något uppluckrad.

Tab. 9 a. Kemiska analyser.

Finm. ...	Blekjord 10—30 cm An. 69 I		Övre Ortsten 30—45 cm Oberer Ortstein An. 70		Undre Ortsten 45—75 cm Unterer Ortstein An. 71		1. Underlag 90—100 cm An. 72		2. Underlag 200 cm An. 135 I	
	60 %		63 %		73 %		68 %		69 %	
	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus.....	1,35	—	2,48	—	1,68	—	0,57	—	0,45	—
H ₂ O.....	0,84	—	1,95	—	2,57	—	1,33	—	1,33	—
SiO ₂	75,30	77,32	70,95	74,58	71,30	74,91	73,28	74,34	73,16	74,25
TiO ₂	0,47	0,49	0,42	0,44	0,38	0,40	0,38	0,39	0,39	0,39
Al ₂ O ₃	11,52	11,84	12,21	12,85	12,61	13,25	13,58	13,78	13,32	13,52
Sil. Fe ₂ O ₃ ...	1,97	2,02	1,99	2,09	2,43	2,53	2,21	2,24	2,34	2,37
Lim. Fe ₂ O ₃ ...	0,08	0,08	0,97	1,02	0,23	0,24	0,20	0,20	0,38	0,39
CaO.....	1,54	1,58	1,91	2,01	1,80	1,89	2,03	2,06	1,86	1,93
MgO.....	0,63	0,65	0,98	1,03	0,80	0,84	0,84	0,85	0,89	0,93
Na ₂ O.....	2,70	2,77	2,79	2,93	2,69	2,82	2,87	2,91	3,05	3,10
K ₂ O.....	3,14	3,22	2,86	3,01	2,88	3,02	3,10	3,14	3,05	3,10
P ₂ O ₅	sp.	sp.	0,02	0,02	0,08	0,08	0,07	0,07	e) b	—
SO ₃	0,030	0,03	0,024	0,02	0,018	0,02	0,023	0,02	0,023	0,02
S:a	99,57	100,00	99,56	100,00	99,47	100,00	100,48	100,00	100,24	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 0,90	—	+ 1,15	—	+ 2,06	—	+ 1,98	—	+ 1,64
Färgning.....	h		OOO		OOO		OO		O	

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 9 b. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.

Aus den Analysen berechneter Gehalt an verschiedenen Mineralien.

	Blekjord %	1. Underlag %	2. Underlag %
Kvarts.....	43,4	37,0	37,1
Kalifältpat.....	19,1	18,5	18,4
Natronfältpat.....	23,4	25,2	26,2
Kalkfältpat.....	7,8	9,8	9,1
Mörka mineral.....	4,2	4,8	5,1
Limonit (som Fe ₂ O ₃).....	0,1	0,2	0,4
Apatit.....	sp.	0,2	c, 2 ¹⁾
Kaolinkomplex.....	2,0	4,3	5,3

Tab. 9 c. Undersökning av en nedtill limonitimpregnerad blekjord ovan ortsten.

Untersuchung einer unten Limonit enthaltenden Bleicherde.

	Övre, normal blek- jord, 6—12 cm Obere, normale Bleicherde	Undre, limonithaltig blekjord, 12—20 cm Untere Bleicherde
Sil. Fe ₂ O ₃	1,45 %	0,99 %
Lim. Fe ₂ O ₃	0,05 »	0,82 »

¹⁾ Apatithalten antages vara densamma som i nr 72.

Tab. 9 d. Analys av blekjord, stickprov från olika nivåer i en markprofil.

Analysen von Bleicherdeproben aus verschiedenen Tiefen eines Bodenprofils.

Djup under humuslagret Tiefe unter dem Rohhumus	Tot. Fe ₂ O ₃ %
2 cm	1,14
8 »	1,45
14 »	2,21
18 »	4,41

Tab. 9 e.¹⁾ Vid blekjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent av moderavlagringen. — Vitringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung in Lösung gebrachte Mengen verschiedener Stoffe in Prozent der Mutterablagerung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder gr	Vitringsgrader %
Tot. SiO ₂	8,42 —	11 —
Sil. SiO ₂	8,42 —	22 —
TiO ₂	—	—
Al ₂ O ₃	3,69 (2,39)	27 (17)
Sil. Fe ₂ O ₃	0,52 (0,30)	23 (13)
Tot. CaO	0,71 (0,54)	34 (26)
Sil. CaO	0,62 (0,45)	31 (23)
Apat. CaO	0,09 (0,09)	100 (100)
MgO	0,30 (0,23)	35 (27)
Na ₂ O	0,55 (0,25)	19 (9)
K ₂ O	0,40 (0,04)	13 (1,3)
P ₂ O ₅	0,07 (0,07)	100 (100)
S:a	14,69	

Tab. 9 f. Kemiska analyser av utslammat lermaterial (av kornstorlek under 0,002 mm).

Analyse der abgeschlammten Tonmenge (Korngrößen unter 0,002 mm).

Lermaterial i % av hela provet Ton in % der ganzen Probe	Ble k j o r d An. 69 II		U n d e r l a g An. 135 II	
	2		5	
	a %	b %	a %	b %
Humus	21,85	—	3,12	—
Hygroskopiskt H ₂ O	4,94	—	2,08	—
Kemiskt bundet H ₂ O	6,69	—	6,80	—
SiO ₂	37,73	56,74	46,43	52,23
TiO ₂	3,19	4,80	0,94	1,06
Al ₂ O ₃	15,55	23,39	22,02	24,77
Sil. Fe ₂ O ₃	5,32	8,01	6,88	7,74
Lim. Fe ₂ O ₃	ej b	—	2,99	3,36
CaO	0,52	0,78	1,25	1,41
MgO	0,98	1,47	3,02	3,40
Na ₂ O	1,01	1,52	1,73	1,95
K ₂ O	2,19	3,29	3,64	4,09
S:a	99,97	100,00	100,90	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 15,90	—	+ 14,55
K ₂ O : Na ₂ O	—	2,16	—	2,10

Analytiker: O. TAMM.

1) Vid beräkningen användes An. 69 I och 72.

Yta 2. Vb., Degerfors s:n, Kåtaåsen, kronoparken Kulbäcksliden. Myrtillustyp. Tab. 10.

Hygge å platå i granskog av *Myrtillustyp* å normal urbergsmorån cirka 320 m ö. h., över marina gränsen. Råhumus ganska väl multnad, omkring 2 cm mäktig. Blekjorden varierar mycket i mäktighet, mellan 1 och 30 cm. I medeltal är den 10,9 (mf 1,4) cm, 14 mätningar. Den är utpräglat askvit, relativt skarpt avgränsad mot humuslager och rostjord. Rostjorden är överst, 10—15 cm, livligt rostfärgad. Färgen förtonar sedan i en allt svagare rostfärgad morån, som vid 70 cm under markytan är normalt grå. I den undre delen av rostjorden finnas här och var horisontala roststrimor.

Tab. 10. Kemiska analyser.

	Blekjord	Rostjord	U n d e r l a g	
	2—12 cm	12—25 cm	50—55 cm	
	An. V	An. 8	An. 85	
Finm.	89 %	71 %	60 %	
	a	a	a	b
	%	%	%	%
Humus.....	0,95	3,14	0,52	—
Kem. b. H ₂ O	ej b.	ej b.	1,33	—
Hygr. H ₂ O	0,23	1,79	0,35	—
SiO ₂	ej b.	ej b.	74,87	76,98
TiO ₂	»	»	0,41	0,43
Al ₂ O ₃	»	»	11,87	12,21
Sil. Fe ₂ O ₃	»	»	1,52	1,56
Lim. Fe ₂ O ₃	0,15	2,41	0,50	0,52
CaO.....	ej b.	ej b.	1,79	1,84
MgO.....	»	»	0,80	0,82
Na ₂ O.....	»	»	2,86	2,94
K ₂ O.....	»	»	2,63	2,70
	S:a	—	99,45	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	—	—	+ 1,05

Analytiker: O. TAMM.

Yta 3. Jtl., Håsjö s:n. Nära Håsjö station. Myrtillustyp. Tab. 11 a—d.

Ganska växtlig, blådad granskog med inblandad tall å typisk moränmark. I det närmaste plan platå cirka 320 m ö. h., alltså över marina gränsen. Berggrunden är Revsundsgranit och moränen är huvudsakligen bildad av urbergsmaterial. Den är grå, sandig, packad, allt hårdare mot djupet. Markvegetationen karaktäriseras av följande arter: *Myrtillus nigra* ymn., *Vaccinium vitis idæa* str., *Linnæa borealis* str., *Aira flexuosa* spr., *Hylocomium parietinum* och *H. proliferum* ymn., *Hypnum crista castrensis* str., *Polytrichum commune* str., *Dicranum* sp. str.

Humuslagret 5—6 cm, varav förna 1—2 cm och råhumus 4 cm, blekjorden i medeltal 7,5 (mf 0,72) cm, 20 mätningar, den varierar mellan 2 och 20 cm. Den är skarpt utpräglad, askvit och tydligt avgränsad från såväl det över som under liggande skikter. Rostjorden är i allmänhet omkring 10 cm men varierar mellan 5 och 20 cm. Den är starkt roströd-gul, ej ortstensartad. Analysproven äro generalprov, åstadkomna genom blandning av prov ur 20 profiler. (Juli 1913).

Tab. II a. Kemiska analyser.

Finm.	Blekjord 5—13 cm An. 50		Rostjord 13—23 cm An. 51		Underlag 50 cm An. 52		
	79 %		71 %		76 %		
	a %	b %	a %	b %	a %	b %	
Humus	2,15	—	3,03	—	1,17	—	
H ₂ O	2,00	—	4,27	—	2,32	—	
SiO ₂	79,14	81,85	70,28	75,60	74,15	76,64	
TiO ₂	0,45	0,47	0,44	0,48	0,44	0,46	
Al ₂ O ₃	9,21	9,51	11,46	12,37	10,82	11,19	
Sil. Fe ₂ O ₃	1,12	1,16	2,04	2,17	3,24	3,33	
Lim. Fe ₂ O ₃	0,13	0,13	1,85	1,97	0,64	0,65	
CaO	1,77	1,84	1,74	1,88	1,86	1,93	
MgO	0,52	0,58	0,96	1,04	1,05	1,09	
Na ₂ O	1,89	1,96	1,62	1,75	1,99	2,06	
K ₂ O	2,41	2,50	2,36	2,54	2,45	2,54	
P ₂ O ₅	sp.	sp.	0,19	0,20	0,11	0,11	
	S:a	100,79	100,00	100,24	100,00	100,24	100,00
Al ₂ O ₃ översk.			+ 0,23		+ 3,57		+ 1,57
Färgning	h		OOO		OO		

Anm. Vid beräkningen av aluminiumöverskottet i rostjorden anses samma mängd kalk som i underlaget vara apatitbunden. — Bei der Berechnung vom Al₂O₃-Überschuss ist der Apatit-Gehalt der Orterde gleich dem des Untergrundes gesetzt.
Analytiker: O. TAMM.

Tab. II b. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.

Aus den Analysen berechneter Gehalt an verschiedenen Mineralien.

	Blekjord %	Underlag %
Kvarts	55,8	47,6
Kalifältspat	14,8	15,0
Natronfältspat	16,6	17,3
Kalkfältspat	9,2	8,9
Mörka mineral	3,1	6,5
Limonit (som Fe ₂ O ₃)	0,1	0,7
Apatit	0,0	0,3
Kaolinkomplex	0,5	3,4

Tab. II c. Vid blekjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procen av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung ausgelagte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten der Mutterablagierung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder	Vittringsgrader
SiO ₂	6,80 —	9 —
Sil. SiO ₂	6,80 —	24 —
TiO ₂	0,06 (0,02)	13 (5)
Al ₂ O ₃	3,08 (2,29)	28 (20)
Sil. Fe ₂ O ₃	2,34 (2,24)	70 (67)
Tot. CaO	0,36 (0,21)	19 (11)
Sil. CaO	0,22 (0,07)	11 (4)
Apat. CaO	0,14 (0,14)	100 (100)
MgO	0,39 (0,55)	54 (51)
Na ₂ O	0,40 (0,23)	19 (11)
K ₂ O	0,41 (0,20)	16 (8)
P ₂ O ₅	0,11 (0,11)	100 (100)
	S:a	14,15

Tab. 11 d. Separering med Thoulet's lösning och taxering av antalet mineralkorn i mikroskopet.

Scheiden mit Thoulet's Lösung und Rechnen der Mineralkörner im Mikroskop.

	Blekkjord %	Underlag %
Sp. v. < 2,75, kvarts o. fältspat m. m.	97,60	95,60
» 2,75—3,05, glimmer m. m.	0,88	1,93
» > 3,05.....	1,52	2,47
Hornblende	0,2	0,8
Biotit	0,03	0,3
Muskovit	0,1	0,2
Magnetit, titanjärn	0,2	0,2

Yta 4. Jtl. Hammerdals s:n, invid Sikås järnvägsstation. Myrtillustyp. Tab. 12.

Hygge i granskog av *Myrtillustyp* å plan mark, ungefär 320 m ö. h., över marina gränsen. Lerig morän, som består till allra största delen av siluriska bergarter, mest skifferar, även kvartsiter och något kalksten. Enligt en uppskattning av grusmaterialet i ett prov utgör skiffer och kalksten 86 %, kvartsit, gnejs och granit m. m. 14 %. Råhumusen (inklusive förnan) är omkring 5 cm. Rostjorden är rostgul, omkring 10 cm mäktig. Profilen undersöktes av H. Hesselman och O. Tamm. Den utgjorde en större skärning, upptagen för grustag. Ungefär 1 m under markytan är moränen kalkhaltig och fräser starkt för saltsyra. Högre upp är den fri från fint fördelat kalciumkarbonat men innehåller större block och stycken därav, vilka bevisa, att hela moränen ursprungligen innehållit betydande mängder kalkmaterial. Profilen är beskriven av Hesselman (1917 a, sid. 400, där även en bild av densamma finnes).

Tab. 12. Kemiska analyser.

Finm.	Blekkjord 5—10 cm		Rostjord 10—20 cm		Underlag 50 cm		Underlag 200 cm	
	An. 96		An. 97		An. 98		An. 99	
	79 %	79 %	65 %	65 %	59 %	59 %	59 %	59 %
	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus.....	1,34	—	1,03	—	0,64	—	0,42	—
Hygr. H ₂ O	1,06	—	1,44	—	0,71	—	0,47	—
Kem. bundet H ₂ O	1,01	—	2,65	—	1,72	—	1,53	—
SiO ₂	81,40	84,01	69,26	72,75	70,93	72,87	69,07	73,22
TiO ₂	0,52	0,54	0,60	0,63	0,59	0,61	0,36	0,38
Al ₂ O ₃	7,88	8,13	12,56	13,18	12,20	12,54	12,54	13,30
Sil. Fe ₂ O ₃	2,66	2,75	3,79	4,01	4,76	4,89	3,66	3,88
Lim. Fe ₂ O ₃	0,11	0,11	2,74	2,89	1,20	1,24	1,56	1,65
CaO.....	0,81	0,84	1,03	1,08	1,15	1,18	3,12	1,07
MgO.....	0,45	0,46	1,36	1,43	1,74	1,79	1,05	1,11
Na ₂ O	1,20	1,23	1,47	1,54	1,65	1,70	1,86	1,97
K ₂ O.....	1,87	1,93	2,30	2,42	2,99	3,07	3,02	3,21
P ₂ O ₅	sp.	sp.	0,07	0,07	0,11	0,11	0,20	0,21
CO ₂	0,08	—	0,08	—	0,13	—	1,66	—
S:a	100,39	100,00	100,38	100,00	100,52	100,00	100,52	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 2,49	—	+ 6,22	—	+ 4,49	—	+ 5,10
CaCO ₃	—	—	—	—	—	—	—	3,77

Analytiker: N. SAHLBOM. Limonit-, humus- och de tre första kolsyrebestämningarna av O. TAMM.

Anm. An. 99 b är beräknad på CaCO₃-fri substans.

An. 99 b ist auf CaCO₃-freie Substanz berechnet.

Yta 5. Dlr. Älvdalens s:n, Kronoparken, cirka 5 km söder om Bunkris vid landsvägen. Ljungrik tallhed. Tab. 13 a—c.

Gammal gles, ljungrik tallhed, se fig. 14. Plan moränmark omkr. 550 m ö. h. Således över marina gränsen. Moränen består av 40 % porfyrrer, 40 % kvartsitsandsten samt i övrigt svårbestämbara bergarter, enligt uppskattning av grusmaterialet i ett prov. Den är ganska rik på finkorniga beståndsdelar och är något rödaktig till färgen beroende på de ingående bergarterna. Markvegetationen karakteriseras av följande arter: *Calluna vulgaris* rikl., *Vaccinium vitis idæa* spr. enst., *Myrtillus nigra* spr.-enst., *Hylocomium parietinum* str., *Cladina rangiferina* och *C. silvatica* flv. ymn., *C. alpestris* spr., *Cladonia* spp. spr., *Cetraria islandica* enst. Råhumusen är ganska fast och sammanhängande. Dess mäktighet varierar mellan 2 och 6 cm. Blekjorden är mycket skarpt utpräglad med en mycket svag, rödaktig färgton. Dess mäktighet varierar mellan 5 och 20 cm och är i allmänhet 10—15 cm. Rostjorden är

Tab. 13 a. Kemiska analyser.

	Blekjord 2—15 cm		Rostjord 15—25 cm		Underlag 30—40 cm	
	An. 136		An. 137		An. 133	
	89 %		66 %		70 %	
	a	b	a	a	b	
	%	%	%	%	%	
Humus.....	1,27	—	4,02	0,42	—	
H ₂ O.....	0,52	—	ej b.	1,06	—	
SiO ₂	92,41	94,17	»	87,68	89,74	
TiO ₂	0,24	0,24	»	0,30	0,31	
Al ₂ O ₃	3,12	3,19	»	5,76	5,90	
Sil. Fe ₂ O ₃	0,38	0,39	} »	0,75	0,77	
Lim. Fe ₂ O ₃				1,95	0,10	
CaO.....	0,20	0,20	ej b.	0,29	0,30	
MgO.....	0,13	0,13	»	0,16	0,16	
Na ₂ O.....	0,26	0,26	»	0,43	0,44	
K ₂ O.....	1,39	1,42	»	2,22	2,28	
	S:a	99,92	100,00	—	99,17	100,00
Al ₂ O ₃ översk.....	—	+ 0,85	—	—	+ 2,14	
Färgning.....	h	—	OOO	O	—	

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 13 b. Mineralsammansättning, beräknad av analyserna.
Gehalt an verschiedenen Mineralien, aus den Analysen berechnet.

	Blekjord %	Underlag %
Kvarts.....	85,6	75,0
Kalifältpat.....	8,4	13,5
Natronfältpat.....	2,2	3,7
Kalkfältpat.....	1,0	1,5
Mörka mineral.....	0,9	1,6
Limonit (som Fe ₂ O ₃).....	ej b.	0,1
Kaolinkomplex.....	1,9	4,7

Tab. 13 c. Vid blekjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung in Lösung gebrachte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten der Mutterablagerung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder	Vittringsgrader
SiO ₂	7,24	9
TiO ₂	0,10	30
Al ₂ O ₃	3,10	53
Sil. Fe ₂ O ₃	0,43	51
CaO.....	0,13	43
MgO.....	0,05	31
Na ₂ O.....	0,21	48
K ₂ O.....	1,03	45
	S:a	12,29

mycket intensivt rostfärgad och 10—15 cm mäktig. Den förtonar i underlaget. Marken undersöktes i en större profil (grustag invid landsvägen).

Den undersökta ytan och profilen tyckas, att döma av talrika observationer och profilundersökningar i trakten norr om Hållstugan i Älvdalens s:n vara synnerligen karakteristisk för de där mycket allmänt förekommande starkt ljungrika tallhedarna med relativt mäktig råhumus å moränmark. Dessa tallhedar äro ej sällan svärförnygrade, såsom den stora Grimsåkersbrännan. Förekomst av ortstenslinser är ej ovanlig i desamma.

Yta 6. Nb., Piteå s:n, Fagerheden. Normal norrländsk tallhed. Tab. 14a—c.

Gles, svärförnygrad tallhed å medelgrov, stundom något grusblandad glaci-fluvial sand som bildar en ganska vidsträckt, i det närmaste plan terrassyta 220 m ö. h., alltså nära under marina gränsen. Å heden är ett av Skogsför-söksanstaltens försöksfält beläget. Heden såväl som försöksfältet äro nog-grannt beskrivna av Hesselman (1910 a och 1917 c). Markvegetationen illustreras av följande ståndortsanteckning från området intill försöksfältet (av H. Hesselman, 1910 a): Buskar spr. *Populus tremula*, förkrympt, risartad, spr., *Betula odorata* enst. Ris str.-rikl. *Calluna vulgaris*, str.-rikl., *Vaccinium vitis idaea* spr., *Empetrum nigrum* spr.-flv. str., *Myrtillus nigra* spr., *Lycopodium complanatum* spr. — i vissa delar str., *Myrtillus uliginosa* m. enst., *Arctostaphylos uva ursi* spr. Örter och gräs saknas.

Mossor spr. *Polytrichum juniperinum* spr., *P. piliferum* spr., *P. commune* enst. Lavar ymn. *Cladina rangiferina*, *C. silvatica* och *C. alpestris* tillsammans ymn., *C. uncialis* spr., *Stereocaulon paschale* rikl. — i vissa delar ymn., *Cladonia deformis* och *Cladonia* spp. str.

Å lavytor torr smulig råhumus av 1—2 c:ms mäktighet. I risfläckar något mäktigare (se Hesselman, 1917 c). Blekjorden är askvit och mycket skarpt utpräglad. Dess medelmäktighet omkring försöksfältet är 5,5 mf 0,4 cm, 40 mätningar. Vid landsvägen, nära väster om bron över Rokån är blekjorden 6,8 (mf 0,7) cm, 20 mätningar, en annan del av heden med ovanligt svårartad ortsten 6,3 (mf 0,5) cm, 10 mätningar, och på ytterligare en annan del 6,3 (mf 0,9) cm, 15 mätningar. I allmänhet varierar blekjorden mellan 2 och 15 cm. Rostjorden är starkt rostfärgad i allmänhet 10—20 cm, förtonar i underlaget. Ortsten förekommer ofta, se kap. 6:C4. Starkt podsolerade delar av heden äro beskrivna i kap. 5:D2, de talrikt förekommande uppfrysnings-fläckarna i kap. 3:B2.

Tab. 14 a. Kemiska analyser (från HESSELMAN 1917 c, sid. 1273).

	Blekjord	Rostjord	Underlag, 45 cm
	b	b	b
	%	%	%
SiO ₂	83,47	71,29	75,11
Al ₂ O ₃ , Fe ₂ O ₃ m. m.	9,73	19,26	15,95
CaO.....	0,78	2,00	1,57
MgO.....	0,24	0,56	0,46
Na ₂ O.....	2,88	2,73	3,23
K ₂ O.....	2,93	4,10	3,63
P ₂ O ₅	0,00	0,06	0,05

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 14 b. Kemiska analyser, utförda medels extraktion med kokande, 20 % saltsyra. Varje tal är medeltal av åtta bestämningar på olika prov. (Originalbestämningarna från HESSELMAN 1917 c, sid. 1271—1272).

Chemische Analysen, durch Extraktion mit 20 % HCl ausgeführt. Jede Zahl ist Mittel aus acht Bestimmungen an verschiedenen Proben.

	Blekjord	Rostjord	Underlag, 45 cm
	%	%	%
Al ₂ O ₃	0,475	2,700	1,285
Fe ₂ O ₃	0,710	2,455	1,545
CaO.....	0,020	0,032	0,085
MgO.....	0,075	0,301	0,353
K ₂ O.....	0,033	0,057	0,140
P ₂ O ₅	0,018	0,103	0,069
SO ₃	0,008	0,015	0,008

Analytiker: A. ATTERBERG.

Tab. 14 c. Kemiska analyser av stickprov ur olika nivåer i en profil.

Chemische Analysen von kleinen Proben aus verschiedenen Niveaus eines Bodenprofils.

	Blekjord	Tot. Fe ₂ O ₃	TiO ₂
		%	%
3—4 cm.....		0,44	0,16
6—7 ».....		0,91	0,30
8 ».....		1,58	0,31
9 ».....		2,03	0,44
	Rostjord		
9—11 cm.....		3,04	ej b.
12—13 ».....		2,91	»

Analytiker: O. TAMM.

Yta 7. Vb., Degerfors s'n, cirka 7 km från Degerfors kyrkby vid landsvägen till Umeå. Torr, artfattig tallhed. Tab. 15 a—c.

Utmed Vindelälven utbreda sig i sydostlig riktning från Degerfors stora arealer med synnerligen enformiga tallhedar på vidsträckta, plana terränger å terrasser av medelgrov älv sand, cirka 150 m ö. h. Hedarna äro lättföryngade och tallarna synas ganska växtliga. Talrika spår efter skogsbrand finnas. Granar t. o. m. i form av tynande buskar saknas nästan. Däremot förekomma björkar, ehuru mycket sparsamt. Markvegetationen är ytterligt art-

fattig. Den karakteriseras av följande arter: *Calluna vulgaris* spr.-str., *Vaccinium vitis idæa* spr.-str., *Cladina rangiferina* och *silvatica* ymn., *Polypodium* spp. spr. Vid vägkanter: *Stereocaulon paschale* str. De vanliga *Hylocomium*arterna saknas fullständigt.

Å en detaljundersökt yta är råhumustäcket 1—2 cm mäktigt. Blekjorden är rätt regelbunden, den varierar mellan 1 och 3 cm, i medeltal är den 1,7 (mf 0,17) cm, 16 profiler. Sin största mäktighet når den i små svackor i marken, som här och där förekomma. Den är gråvit, något humusblandad och rätt otydligt avgränsad såväl uppåt mot humuslagret som nedåt mot rostjorden. Denna är rostfärgad, men ej så starkt, den skiljer sig ej så mycket från det ävenledes något rostpigmenterade underlaget. Rostjordens undre gräns är mycket obestämd; den torde kunna dragas ungefär 35 cm under markytan. Analysprovet av blekjorden togs genom att försiktigt avlägsna humustäckets å en yta och sedan med en järnslev avskrapa blekjorden. — Typisk lavpodsolering.

Tab. 15 a. Kemiska analyser.

	Blekjord, 1—3 cm		Rostjord, 3—8 cm		Rostjord, 8—18 cm		Underlag, 40 cm	
	An. 92		An. 93		An. 94		An. 95	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus	1,92	—	1,15	—	0,61	—	0,16	—
H ₂ O	0,76	—	1,47	—	1,83	—	0,84	—
SiO ₂	77,84	80,30	73,57	75,75	73,67	75,77	73,98	75,18
TiO ₂	0,30	0,31	0,34	0,35	0,33	0,34	0,36	0,37
Al ₂ O ₃	10,13	10,45	12,49	12,86	12,87	13,23	13,08	13,30
Sil. Fe ₂ O ₃	1,25	1,29	1,63	1,67	1,75	1,80	1,95	1,98
Lim. Fe ₂ O ₃	0,12	0,12	0,74	0,76	0,73	0,75	0,34	0,34
CaO	1,31	1,35	1,67	1,73	1,24	1,28	1,82	1,85
MgO	0,42	0,43	0,66	0,68	0,56	0,58	0,75	0,76
Na ₂ O	2,05	2,11	2,90	2,99	2,44	2,51	2,63	2,67
K ₂ O	3,53	3,64	3,12	3,21	3,63	3,73	3,48	3,55
P ₂ O ₅	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—	sp.	sp.
Σ:a	99,63	100,00	99,74	100,00	99,66	100,00	99,39	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 0,58	—	+ 1,32	—	+ 2,71	—	+ 1,68
Färgning	h	—	OO	—	OO	—	O	—

Analytiker: O. TAMM.

Anm. Vid beräkningar har medeltalet av an. 93 och 94 använts. — Bei Berechnungen ist das Mittel von An. 93 u. 94 angewandt.

Tab. 15 b. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.
Gehalt an verschiedenen Mineralien aus den Analysen berechnet.

	Blekjord %	Underlag %
Kvarts	49,9	39,0
Kalifältspat	21,5	21,0
Natronfältspat	17,8	22,6
Kalkfältspat	6,7	9,2
Mörka mineral	2,7	4,3
Limonit (som Fe ₂ O ₃)	0,1	0,3
Apatit	ej b.	sp.
Kaolinkomplex	1,4	3,7

Tab. 15 c. Vid blekjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung in Lösung gebrachte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten der Mutterablagerung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder	Vittringsgrader
Töt. SiO ₂	12,42 —	17 —
Sil. SiO ₂	12,42 —	35 —
TiO ₂	0,13 (0,11)	35 (30)
Al ₂ O ₃	5,13 (3,51)	39 (26)
Sil. Fe ₂ O ₃	0,97 (0,77)	49 (39)
CaO	0,79 (0,59)	43 (32)
MgO	0,42 (0,40)	55 (53)
Na ₂ O	1,02 (0,70)	38 (26)
K ₂ O	0,70 (0,14)	20 (7)
	S:a 21,58	

Yta 8. Jtl., Ragunda s:n, nära Dövikén invid Indalsälven. Vacciniumtyp.

Tab. 16. a—d.

Mycket växtlig, tämligen ung tallskog å medelgrov älvsand, som bildar en plan terrass 159 m ö. h., 20 m över den gamla Ragundasjöns yta (enl. Ahlmanns avvägningar). I beståndet finnes inblandad gran och björk. Markvegetationen karakteriseras av följande arter: *Vaccinium vitis idæa* ymn., *Myrtillus nigra* str., *Calluna vulgaris* str., *Empetrum nigrum* str., *Hylocomium proliferum* och *H. parietinum* ymn.

Råhumusen är 5—6 cm mäktig inklusive förnan. Blekjorden är i allmänhet omkring 5 cm mäktig, askvit och starkt utpräglad. Rostjorden är 10—15 cm, starkt roströdgul. Långa skärningar utskurna av älven på senaste tid.

Tab. 16 a. Kemiska analyser.

	Blekjord, 6—10 cm		Rostjord, 10—15 cm		Underlag, 150 cm	
	An. 78		An. 79		An. 80	
	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%
Humus	0,69	—	0,98	—	0,15	—
H ₂ O	0,90	—	2,64	—	1,47	—
SiO ₂	78,01	79,29	71,11	73,79	73,82	75,00
TiO ₂	0,36	0,36	0,36	0,38	0,41	0,41
Al ₂ O ₃	10,89	11,06	12,92	13,42	11,80	12,00
Sil. Fe ₂ O ₃	1,04	1,06	2,08	2,16	2,89	2,96
Lim. Fe ₂ O ₃	0,06	0,06	1,05	1,09	0,23	0,23
CaO	1,25	1,27	1,48	1,54	2,10	2,14
MgO	0,48	0,48	0,85	0,87	1,05	1,07
Na ₂ O	2,56	2,60	2,63	2,73	2,74	2,79
K ₂ O	3,71	3,77	3,54	3,66	3,11	3,17
P ₂ O ₅	0,05	0,05	0,36	0,38	0,23	0,23
Al ₂ O ₃ översk.	—	+0,50	—	+2,71	—	+0,61
Färgning	h	—	OOO	—	O	—

Analytiker: O. TAMM.

Anm. Kiselsyran bestämd som differens (Fluorväteanalys). — Se anm. under tab. 11 a. Die Kieselsäure als Differenz bestimmt (HfI-analys). — Siehe die Anmerkung unter Tab. 11 a.

Tab. 16 b. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.
Aus den Analysen berechneter Gehalt an verschiedenen Mineralien.

	Blekkjord %	Underlag %
Kvarts	45,9	40,4
Kalifältspat	22,3	18,6
Natronfältspat	22,0	23,2
Kalkfältspat	6,0	9,2
Mörka mineral	2,6	6,0
Limonit (som Fe_2O_3)	0,1	0,2
Apatit	0,1	0,5
Kaolinkomplex	1,1	1,3

Tab. 16 c. Vid blekkjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent
av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung in Lösung gebrachte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten
der Mutterablagierung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder	Vittringsgrader
Tot. SiO_2	5,21 —	7 —
Sil. SiO_2	5,21 —	15 —
TiO_2	0,09 (0,07)	22 —
Al_2O_3	2,27 (1,54)	19 (13)
Sil. Fe_2O_3	2,03 (1,96)	69 (66)
Tot. CaO	1,02 (0,93)	48 (43)
Sil. CaO	0,77 (0,68)	42 (37)
Apat. CaO	0,25 (0,25)	83 (83)
MgO	0,65 (0,62)	61 (58)
Na_2O	0,50 (0,33)	18 (12)
K_2O	— 0,14 —	0 (0)
P_2O_5	0,19 (0,19)	83 (83)
	S:a 12,10	

Anm. Någon anrikning av kali i blekkjorden kan ej tänkas. Vittringsgraden för K_2O
sättes då lämpligen = 0. — Das Kali kann nicht in der Bleicherde angereichert
sein. Der Verwitterungsgrad für K_2O ist = 0 gesetzt.

Tab. 16 d. Separering med Thoulet's lösning och taxering av antalet mineral-
korn i mikroskop.

Scheiden mit Thoulet's Lösung und Rechnen der Mineralkörner im Mikroskop.

	%	%
Sp. v. < 2,75, kvarts o. fältspat m. m. ...	97,48	87,55
» 2,75—3,05 glimmer m. m.	1,20	8,45
» > 3,05	1,32	3,70
Hornblende	0,4	1,5
Biotit	0,1	3,0
Muskovit	0,1	sp.
Magnetit, titanjärn	0,2	0,4

Yta 9. Jtl., Ragunda s:n. Invid Prästberget å norra sidan av Indalsälven.
Ung tallhed. Tab. 17.

Växlig tallskog å medelgrov älvsand, erosionsterrass under den gamla Ra-
gundasjöns yta, cirka 114 m ö. h. Markvegetationen är karakteriserad av
lavar, *Cladina rangiferina* och *C. silvatica*, samt mossfläckar, särskilt av

Hylocomium parietinum. *Vaccinium vitis idæa* förekommer strödd och spelar allt större roll mot terrassens periferi, längre från älven räknat. Här övergår lavheden i en *Vaccinium*massassociation med mossmatta. Råhumusen är i lavytorna omkring 1 cm, torr och smulig. I mossytorna når den 5 cm. Blekjorden är märkbart tydligare i mossytorna än i lavfläckarna. Dess medelmåktighet är 1,3 (mf 0,15) cm, 20 profiler. Den är mycket svagt utpräglad och i många fall knappast urskiljbar. Rostjorden är skönjbar som en mycket svagt färgad zon av svagt rostaktig nyans, som omärkligt förtonar i underlaget. I många fall kan rostjorden ej urskiljas. Analysproven togs i en profil med relativt mäktig råhumus och tydligast möjlig blekjord. Sanden är kalciumkarbonathaltig på 25—60 cm djup.

Tab. 17. Kemiska analyser.

	Otydlig blekjord, 5 cm		R o s t j o r d 10—15 cm		U n d e r l a g, 20—25 cm	
	An. 108		An. 109		An. 110	
	a %	b %	a %	b %	a %	b %
Humus.....	3,99	—	0,94	—	0,34	—
H ₂ O.....	0,52	—	0,62	—	0,94	—
SiO ₂	73,17	76,63	74,76	75,95	75,90	76,88
TiO ₂	0,39	0,42	0,36	0,37	0,32	0,33
Al ₂ O ₃	10,99	11,51	11,49	11,67	10,94	11,08
Sil. Fe ₂ O ₃	2,38	2,49	2,64	2,68	2,49	2,52
Lim. Fe ₂ O ₃	0,17	0,18	0,06	0,06	0,15	0,15
CaO.....	1,6c	1,68	1,56	1,58	1,60	1,62
MgO.....	0,50	0,52	0,84	0,85	0,96	0,98
Na ₂ O.....	3,14	3,28	3,51	3,56	2,70	2,74
K ₂ O.....	3,15	3,30	3,22	3,28	3,46	3,50
P ₂ O ₅	ej b.	—	ej b.	—	0,20	0,20
Al ₂ O ₃ översk.	—	— 0,53	—	— 0,62	—	+ 0,30

Analytiker: O. TAMM.

Ann. Kiselsyran bestämd som differens (Fluorväteanalys).
Die Kieselsäure als Differenz bestimmt (HFI-analys).

Yta 10. Dlr., Malingsbo s:n. Vid Malingsbo intill landsvägen mot Baggå.
Mossrik mark av ung ålder. Tab. 18.

Vacker, växtlig barrblandskog å fin sand, som ett 10—30 cm mäktigt lager vilande på torv. Höjd ö. h. ungefär 150 m. Sanden torde att döma av beståndets ålder, blivit påkörd för cirka 100 år tillbaka. Man hade då tydligen tänkt odla mossen, som är genomdragen av tegdiken på 15 meters avstånd från varandra. Även den kringliggande mossen är tegdikad, ehuru ej sandkörd. Skogen som för några år sedan är gallrad består av ungefär lika mycket gran som tall. Buskar av gran, björk och rönn förekomma, de senare särskilt utmed de gamla, nu nästan igengrodda tegdikena. Beståndets ungefärliga ålder kunde studeras å de sedan gallringen kvarstående ett par år gamla stubbarna. Å sex stubbar räknades mellan åttio och nittio årsringar, det högsta observerade antalet var åttiosju. Detta torde motsvara en ungefärlig ålder hos beståndet av 100 år. Allt tyder på, att skogen infunnit sig

Tab. 18. Kemiska analyser.

	B l e k j o r d, 5—7 cm		Övre rostjord, 7—10 cm	S a n d, 15 cm		Undre rostjord, 22—24 cm
	An. 127		An. 128	An. 129		An. 130
	a %	b %	a %	a %	b %	a %
Humus	} 0,79 ¹	} —	2,11	0,47 ¹	—	1,78
H ₂ O			—	ej b.	0,63	—
SiO ₂	77,27	77,48	»	76,78	77,73	»
TiO ₂	0,10	0,10	»	0,11	0,11	»
Al ₂ O ₃	11,96	12,01	»	11,43	11,55	»
Sil. Fe ₂ O ₃	2,04	2,04	»	2,00	2,02	»
Lim. Fe ₂ O ₃	0,13	0,13	0,54	0,12	0,12	0,09
CaO	1,25	1,25	ej b.	1,14	1,15	ej b.
MgO	0,79	0,79	»	0,76	0,77	»
Na ₂ O	2,96	2,96	»	3,34	3,37	»
K ₂ O	3,19	3,20	»	3,9	3,12	»
P ₂ O ₆	0,04	0,04	»	0,07	0,07	»
	S:a 100,42	100,00	—	99,94	100,00	—
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 1,51	—	—	+ 0,66	—

Analytiker: N. SAHLBOM. Humus- och limonitbestämningar av O. TAMM.

omedelbart efter torrläggningen; av en eller annan anledning har det planerade odlingsföretaget uppgivits sedan en ringa del av den torrlagda och tätt tegdika mossen sandkörts. Sanden är nästan humusfri och har aldrig medelst plöjning o. d. blandats med torven. I det stora hela är ytan täckt av en ganska tät matta av *Aira flexuosa* med bottenkikt av ymniga mossor: *Hylocomium parietinum*, *H. proliferum*, *Hypnum crista castrensis*, *Dicranum*-arter, å vissa fläckar *Polytrichum commune* m. fl.. Å somliga fläckar förekommer *Vaccinium vitis idæa*, ymnig med bottenkikt av de nämnda mossarna, å en fläck *Myrtilus nigra* ymnig. Även några örter, såsom *Godyera repens*, *Trientalis europæa*, *Majanthemum bifolium* och *Solidago virgaurea* förekomma sparsamt. Undervegetationen bär i viss mån prägel av gallringen; den har antagligen varit fattigare på *Aira flexuosa* före denna.

Marken är betäckt av 2—5 cm mäktig råhumus. Fyra cm torde vara den normala mäktigheten. Råhumusen är rätt lucker, den är företrädesvis bildad av mossrester. I allmänhet är en blekjord tydligt utbildad. Å en mindre del av ytan, där den påförda sanden når en mäktighet av 25 cm är blekjorden 2,5 (mf 0,3) cm, 5 profiler. Å den större delen av ytan, där sanden endast är 10—15 cm mäktig, är blekjorden 1,1 (mf 0,08) cm, 13 profiler. Ehuru blekjorden är fullt tydlig, har den ej det typiska utseende, som gammal blekjord i trakten, utan förefaller även vid ytligt påseende betydligt mindre intensivt vittrad.

Rostjorden är fullt tydlig och i allmänhet omkring 5 cm mäktig. Å de delar av ytan, där blekjorden är starkast utvecklad, är också rostjorden mäktigast, den når här ända till 10 cm. Ehuru rostjorden alltid är fullt tydlig, synes den i likhet med blekjorden ej vara jämförlig med normal, gammal rostjord. Under rostjorden ligger fin, gulaktig sand. Den är stundom ge-

¹ Provet var torkat vid 105°.

nomdragen med diffusa, horisontala roststrimmor. Skiktets mäktighet varierar från 2 till 12 cm mäktighet.

Under den gulaktiga sanden kommer vanligen ett nytt rostjordslager av 2—3 cm mäktighet. Det liknar den övre rostjorden. Närmast intill den underlagrande torven finnes överallt ett svagt utvecklat diffust men dock fullt tydligt blekjordslager av ungefär 0,5 cm mäktighet (se tabl. 2). Där sandlagret är tunnt, underlagrar detta blekjordslager direkt den övre rostjorden.

Yta 11. Vb., Hörnefors, invid stranden intill vägen till Hamnskär. Ung mark med Myrtillustyp. Tab. 19.

Blådad, växtlig barrblandskog med uppväxande gran i luckorna. På en del av ytan är skogen avverkad. Plan sandterräng 1,5—2 m ö. h. Den inre delen av ytan når t. o. m. 2,5 m ö. h. Markvegetationen karakteriseras av följande arter: *Myrtillus nigra* rikl.-ymn., *Vaccinium vitis idæa* str., *Aira flexuosa* spr., *Trientalis europæa* enst., *Cornus suecica* enst., *Hylocomium parietinum* rikl. Råhumusen (inkl. förnan) är i beståndet cirka 10 cm, å hygget endast 3—4 cm. I beståndet är den ganska hopfildad och utpräglad, å hygget rätt starkt multnad. Blekjorden är den ganska likformigt utbildad, i medeltal är den 1,6 (mf 0,2) cm, 7 profiler. Den är fullt tydlig, gråvit och ganska skarpt avgränsad från de ovan och under liggande lagren. I vissa delar av ytan är den möjligen något mäktigare och mera utpräglad. Den är aldrig av samma skarpt askvita färg som äldre normal blekjord i samma trakt. Rostjorden är i allmänhet 15—20 cm mäktig. Den tyckes bestå av horisontala roststrimmor, som ligga mer eller mindre tätt lagrade i sanden. När de äro som tätast uppstår ett verkligt sammanhängande rostjordsskikt. På den cirka 2,5 m ö. h. belägna delen av ytan var rostjorden här och var nästan ortstensartad. Analys av denna se nr 90, kap. 11:G. Moderavlagringen är fin, grå sand, som vidtager under rostjorden.

Tab. 19. Kemiska analyser.

	Blekjord, 4—6 cm		Rostjord, 6—11 cm		Underlag, 50 cm		
	An. 81		An. 82		An. 83		
	a %	b %	a %	b %	a %	b %	
Humus	6,28	—	1,34	—	0,23	—	
H ₂ O	2,54	—	0,57	—	0,47	—	
SiO ₂	69,66	75,65	75,53	76,35	75,40	75,47	
TiO ₂	0,37	0,40	0,25	0,25	0,29	0,29	
Al ₂ O ₃	13,07	14,19	14,57	14,73	14,06	14,08	
Sil. Fe ₂ O ₃	1,27	1,46	1,51	1,52	1,73	1,73	
Lim. Fe ₂ O ₃	0,27	0,29	0,27	0,27	0,15	0,15	
CaO	2,61	2,82	2,12	2,14	2,24	2,24	
MgO	1,04	1,13	0,72	0,73	0,95	0,95	
Na ₂ O	1,98	2,15	1,88	1,90	3,16	3,16	
K ₂ O	1,77	1,92	2,08	2,11	1,93	1,93	
P ₂ O ₅	ej b.	—	ej b.	—	sp.	sp.	
	S:a	100,86	100,00	100,84	100,00	100,61	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 3,36	—	+ 5,43	—	+ 2,70	

Analytiker: O. TAMM.

Yta 12. Mpd., Timrå s:n. Nära Ljustorpsåns mynning i Indalsälven. Myrtillustyp.
Tab. 20 a—d.

Vacker granskog med tallinblandning. Beståndet har undergått blädning. Det företer inga spår efter skogsbrand. Terrängen är på tre sidor omgiven av vatten, vilket bör i hög grad ha minskat faran för skogseldar under gångna tider. Marken är älvsand, bildande en plan deltaterrass 6—7 m ö. h. Markens ålder kan sannolikt anslås till omkring 600 år. Den bör ha varit be vuxen med barrskog under cirka 500 år. Sanden är fin till medelgrov. Buskar av gran, björk, gråal, en och rönn förekomma. Markvegetationen karakteriseras av följande arter: *Myrtillus nigra* ymn., *Vaccinium vitis idæa* str.-rikl., *Linnæa borealis* str., *Lycopodium annotinum* str., *Majanthemum bifolium* str., *Phegopteris dryopteris* str., *Aira flexuosa* str., *Luzula pilosa* str., *Hylocomium proliferum* och *H. parietinum* ymn., *Polytrichum commune* str., *Hypnum crista castrensis* str., *Dicranum* spp. str.

Humuslagret är i medeltal 6—7 cm mäktigt, varav 2—3 cm förna och därunder råhumus. Blekjorden varierar mellan 2 och 4 cm. I medeltal är

Tab. 20 a. Kemiska analyser.

	Blekjörd		Rostjörd		Underlag	
	An. 78		An. 79		An. 80	
	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%
Humus	3,74	—	1,84	—	0,20	—
H ₂ O	1,55	—	1,76	—	1,37	—
SiO ₂	74,66	78,89	72,13	74,84	73,78	75,10
TiO ₂	0,41	0,43	0,44	0,45	0,32	0,32
Al ₂ O ₃	10,64	11,24	11,44	11,90	12,20	12,46
Sil. Fe ₂ O ₃	1,29	1,37	2,98	3,08	2,53	2,58
Lim. Fe ₂ O ₃	0,13	0,13	0,82	0,86	0,37	0,37
CaO	2,00	2,11	2,38	2,47	2,17	2,21
MgO	0,44	0,46	1,18	1,23	1,09	1,10
Na ₂ O	2,18	2,30	1,96	2,05	2,34	2,38
K ₂ O	2,83	2,99	2,76	2,88	3,16	3,21
P ₂ O ₅	0,07	0,08	0,22	0,23	0,27	0,27
S:a	99,93	100,00	99,81	100,00	99,80	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 0,60	—	+ 1,53	—	+ 1,65

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 20 b. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.

Aus den Analysen berechneter Gehalt an verschiedenen Mineralien.

	Blekjörd	Underlag
	%	%
Kvarts	48,4	41,4
Kalifältpat	17,7	18,9
Natronfältpat	19,4	20,1
Kalkfältpat	10,0	9,3
Mörka mineral	2,9	5,7
Limonit (som Fe ₂ O ₃)	0,1	0,4
Apatit	0,2	0,6
Kaolinkomplex	1,3	3,6

Tab. 20 c. Vid blekjordsbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung in Lösung gebrachte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten der Mutterablagerung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder Ausgelaugte Mengen	Vittringsgrad Verwitterungsgrad
Tot. SiO ₂	7,63 —	10 —
Sil. SiO ₂	7,63 —	22 —
Al ₂ O ₃	2,85 (1,75)	24 (14)
Sil. Fe ₂ O ₃	1,41 (1,28)	55 (49)
Tot. CaO	0,41 (0,20)	19 (9)
Sil. CaO	0,16 —	9 —
Apat. CaO	0,25 (0,24)	74 (70)
MgO	0,71 (0,66)	65 (60)
Na ₂ O	0,41 (0,19)	17 (8)
K ₂ O	0,65 (0,35)	20 (11)
P ₂ O ₆	0,20 (0,19)	74 (70)
	S:a 14,27	

Tab. 20 d. Separering med Thoulet's lösning och taxering av antalet mineral-korn i mikroskopet.

Scheiden mit Thoulet's Lösung und Rechnen der Mineralkörner im Mikroskop.

	%	%
Sp. v. < 2,75, kvarts, fältspat m. m.	94,68	88,60
» 2,75—3,05, glimmer m. m.	2,76	8,21
» > 3,05	2,56	3,22
Hornblende	0,9	0,9
Biotit	0,3	1,5
Muskovit	1,2	1,4
Magnetit, titanjärn	0,4	0,2

den 2,9 (mf 0,13) cm, 20 profiler. Den är skarpt askvit och utpräglad, alldeles som normal, gammal blekjord. Den är även väl avgränsad mot såväl råhumusen som rostjorden. Denna är i medeltal 7—8 cm mäktig, stundom ända till 12 cm och är mestadels starkt rostfärgad. Analysproven ha bildats genom blandning av lika delar av prov från tvenne typiska profiler.

Yta 13. Jtl., Ragunda s:n. Vid Pålgård, öster om Indalsälven nära landsvägsbron.

Tab. 21 a—f.

Gammal skogsmark å mjåla, utgörande terrassplan nära ovan den gamla Ragundasjöns högvattennivå (138,8 m ö. h.). Terrassen är numera till större delen uppodlad, men intill en ravin finnes en remsa gammal skogsmark med några kvarstående granar och tallar och en markvegetation av *Vaccinium vitis idæa*, *Linnæa borealis*, husmossor, samt en del invandrande ängsörter. Marken har säkerligen varit bevuxen med en granskog eller barrblandskog av mycket växtlig typ, liknande dem, som allmänt förekommo å mjälterranger i Ragundadalen. Råhumusen har en något abnorm mäktighet, enär den uppblandats med äoliskt stoft, som numera (efter 1796) med vinden tillföres från det lilla flygsandsområdet invid Hammarforsen. Den är 5—10 cm mäktig.

Tab. 21 a. Kemiska analyser.

	Blekjord, 10—15 cm		Rostjord, 15—25 cm		Underlag, 50 cm		Underlag, 100 cm	
	An. 66 I		An. 67		An. 68 I		An. 103	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus	3,64	—	2,82	—	0,54	—	0,25	—
H ₂ O	1,30	—	3,20	—	1,93	—	1,38	—
SiO ₂	76,93	80,81	68,95	73,20	73,30	75,27	74,44	75,54
TiO ₂	0,64	0,67	0,52	0,55	0,56	0,58	0,54	0,55
Al ₂ O ₃	9,68	10,16	12,31	13,07	11,59	11,93	11,84	12,01
Sil. Fe ₂ O ₃	1,33	1,40	3,77	4,05	3,67	3,78	3,22	3,27
Lim. Fe ₂ O ₃	0,09	0,09	0,93	1,00	0,38	0,39	0,08	0,08
Mn ₃ O ₄	0,037	0,04	0,045	0,05	0,049	0,05	0,053	0,05
CaO	1,80	1,88	2,04	2,17	2,03	2,09	2,01	2,04
MgO	0,62	0,65	1,30	1,38	1,42	1,45	1,28	1,30
Na ₂ O	1,69	1,76	1,59	1,68	1,73	1,78	2,12	2,14
K ₂ O	2,38	2,50	2,65	2,81	2,49	2,56	2,80	2,84
P ₂ O ₅	0,02	0,02	0,04	0,04	0,11	0,11	0,12	0,12
SO ₈	0,024	0,02	0,029	0,03	0,029	0,03	0,032	0,03
S:a	100,18	100,00	100,20	100,00	99,83	100,00	100,16	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 1,20	—	+ 3,39	—	+ 2,68	—	+ 2,01
Färgning	h		OOO		O		O	

Analytiker: O. TAMM. Manganbestämningar av N. SAHLBOM.

Tab. 21 b. Kemiska analyser.

	Blekjord, 10—15 cm		Rostjord, 15—25 cm		Underlag
	An. 73		An. 74		Medeltal
	a	b	a	b	b
	%	%	%	%	%
Humus	2,43	—	3,00	—	—
H ₂ O	2,02	—	3,73	—	—
SiO ₂	77,09	80,66	68,93	73,69	75,66
TiO ₂	0,57	0,60	0,60	0,64	0,55
Al ₂ O ₃	9,86	10,32	11,55	12,35	11,89
Sil. Fe ₂ O ₃	1,40	1,47	4,21	4,50	3,24
Lim. Fe ₂ O ₃	0,09	0,09	0,83	0,89	0,33
CaO	1,59	1,66	1,91	2,04	2,09
MgO	0,59	0,62	1,18	1,27	1,31
Na ₂ O	1,92	2,01	1,95	2,08	1,93
K ₂ O	2,46	2,57	2,32	2,46	2,83
P ₂ O ₅	sp.	sp.	0,08	0,08	0,11
S:a	100,02	100,00	100,29	100,00	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 1,18	—	+ 2,73	+ 2,05
Färgning	h		OOO		

Analytiker: O. TAMM.

Anm. Från den profil, där blekjords- och rostjordsprovet togs, har ingen analys verkställtts å prov från underlaget. I stället har vid beräkningarna. (se sid. 108) använts ett medeltal av de likartade analyserna nr 64, 68, 103 och 105, vilket återges i tabellen här ovan.

Tab. 21 c. Av analyserna beräknad mineralsammansättning.
Aus den Analysen berechneter Gehalt an verschiedenen Mineralien.

Mineral	Blekjörd		Underlag		Underlag
	An. 66 I b	An. 73 b	An. 68 I b	An. 103 b	Medeltal
	%	%	%	%	b
Kvarts	54,6	53,3	45,5	43,9	45,1
Kalifältspat	14,8	15,2	15,1	16,8	16,7
Natronfältspat	14,9	17,0	15,0	18,1	16,3
Kalkfältspat	9,2	8,2	10,1	9,4	9,7
Mörka mineral	3,7	3,6	8,0	7,1	7,1
Limonit (som Fe ₂ O ₃)	0,1	0,1	0,4	0,1	0,3
Apatit	0,05	sp.	0,2	0,3	0,3
Kaolinkomplex	2,6	2,6	5,6	4,4	4,5

Tab. 21 d. Mekaniska analyser.

Kornstorlek Korngrösse	Blekjörd,	Rostjörd,	Underlag,	Underlag,
	10—15 cm	15—25 cm	50 cm	100 cm
	An. 66 I %	An. 67 %	An. 68 I %	An. 103 %
> 0,2 mm	0,6	1,6	0,0	0,2
0,2 — 0,02 mm	61,7	65,3	72,5	86,5
0,02 — 0,002 »	30,2	27,3	23,4	10,6
< 0,002 mm	7,5	5,5	4,2	2,6

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 21 e. Vid blekjördbildningen upplösta mängder av olika ämnen i procent av moderavlagringen. — Vittringsgrader.

Bei der Bleicherdebildung ausgelaugte Mengen verschiedener Stoffe in Prozenten der Mutterablagerung. — Verwitterungsgrade.

	Upplösta mängder		Vittringsgrad	
	Enl. an. 66 I	Enl. an. 73	Enl. an. 66 I	Enl. an. 73
SiO ₂	10,54	—	14	10
Sil. SiO ₂	10,54	—	33	24
TiO ₂	0,01	—	2	8
Al ₂ O ₃	3,86 (2,53)	3,14 (2,15)	32 (21)	27 (18)
Sil. Fe ₂ O ₃	2,14 (1,96)	2,00 (1,86)	65 (60)	62 (57)
Mn ₂ O ₄	0,02 (0,02)	—	40 (40)	—
Tot. CaO	0,53 (0,28)	0,69 (0,53)	26 (14)	33 (25)
Sil. CaO	0,42 (0,16)	0,55 (0,39)	22 (9)	28 (20)
Apat. CaO	0,12 (0,12)	0,14 (0,14)	83 (83)	100 (100)
MgO	0,72 (0,67)	0,79 (0,73)	60 (52)	60 (56)
Na ₂ O	0,72 (0,50)	0,23 (0,04)	34 (28)	12 (2)
K ₂ O	0,83 (0,50)	0,66 (0,42)	29 (18)	23 (15)
P ₂ O ₅	0,10 (0,10)	0,11 (0,11)	83 (83)	100 (100)

S:a 19,45

15,13

Tab. 21 f. **Kemiska analyser av utslammat lermaterial (av kornstorlek under 0,002 mm).**
 Analysen von abgeschlammtem Ton (Korngrösse unter 0,002 mm).

Slammängd i procent av provet ...	Ble k j o r d		U n d e r l a g	
	An. 66 II		An. 68 II	
	6,0		3,5	
	a	b	a	b
	%	%	%	%
Humus	10,41	—	4,60	—
Hygroskopiskt H ₂ O	5,12	—	3,89	—
Kemiskt bundet H ₂ O	8,51	—	8,63	—
SiO ₂	49,91	64,89	38,44	46,37
TiO ₂	1,57	2,04	0,90	1,08
Al ₂ O ₃	19,16	24,91	21,59	26,04
Sil. Fe ₂ O ₃	1,87	2,143	10,12	12,21
Lim. Fe ₂ O ₃	ej b.	—	4,58	5,51
CaO	0,91	1,18	0,72	0,87
MgO	1,46	1,89	2,82	3,40
Na ₂ O	0,41	0,53	0,39	0,47
K ₂ O	1,62	2,11	3,36	4,05
	S:a 100,95	100,00	100,23	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 19,60	—	+ 19,28
K ₂ O : Na ₂ O	—	3,98	—	8,82

Analytiker: O. TAMM.

Blekjorden är askvit, skarpt utpräglad och varierar i mäktighet från 2 till 8 cm. I medeltal är den 4,7 (mf 0,3) cm, 8 mätningar. Den är relativt skarpt avgränsad mot såväl råhumusen som rostjorden. Denna senare är rostgul, omkring 6—7 cm mäktig och förtonar nedåt i den grågula mjälan.

Profilen visade tydligt utbildad blekjord och rostjord ända fram till den gamla, år 1796 torrlagda sjöns strandlinje, som markeras i terrängen av ett hak. Denna yta, jämte den nedanför det nämnda haket liggande i övrigt alldeles likadana yta 14, påträffades av mig sommaren 1912 och var den närmaste impulsen till påbörjandet av min undersökning. Från ytorna 13 och 14 analyserades detta år icke mindre än 12 prov, ett onödigt stort antal, vilket berodde på att jag ej ännu hade metodiken för undersökningen i något avseende klar, och ej visste om den likformighet i sammansättning, som våra jordlager faktiskt äga.

Yta 14. Jtl., Ragunda s:n. Vid Pålgård, öster om Indalsälven nära landsvägsbron.

Tab. 22 a—c.

Gammal skogsmark å mjäla, alldeles intill yta 13, men belägen omedelbart nedanför det terrasshak, som representerar den gamla Ragundasjöns strand. Höjd ö. h. cirka 136 m. Marken är alltså uppkommen år 1796. Här, liksom å yta 13 har undersökts en smal remsa mark utmed en ravin. Vegetationen liknar den å yta 13. Humuslagret är även liksom där uppblandat med stoff. Under humuslagret finnes en fullkomligt likformig, grågul mjäla, utan varje antydning till blekjord eller rostjord. 5 profiler.

Tab. 22 a. Kemiska analyser.

	10—15 cm		20—25 cm		50 cm		100 cm	
	An. 65		An. 104		An. 105		An. 64	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus.....	2,14	—	0,60	—	0,40	—	0,65	—
H ₂ O.....	2,49	—	1,64	—	1,90	—	1,47	—
SiO ₂	72,46	76,14	73,70	75,51	73,75	75,52	75,19	76,48
TiO ₂	0,45	0,47	0,55	0,56	0,61	0,62	0,51	0,52
Al ₂ O ₃	11,70	12,29	11,66	11,95	11,49	11,77	11,73	11,94
Sil. Fe ₂ O ₃	2,27	2,39	2,90	2,97	3,33	3,41	2,42	2,47
Lim. Fe ₂ O ₃	0,46	0,48	0,88	0,90	0,51	0,52	0,31	0,32
CaO.....	2,14	2,25	2,10	2,15	2,11	2,16	2,04	2,07
MgO.....	1,23	1,29	1,23	1,26	1,29	1,32	1,15	1,17
Na ₂ O.....	2,01	2,11	1,79	1,83	1,70	1,74	2,03	2,06
K ₂ O.....	2,36	2,48	2,81	2,88	2,87	2,94	2,92	2,97
P ₂ O ₅	0,11	0,11	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—
S:a	99,82	100,00	99,86	100,00	99,96	100,00	100,44	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 2,26	—	+ 2,16	—	+ 2,03	—	+ 1,80

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 22 b. Kemiska analyser.

	10—15 cm		20—25 cm	
	An. 106		An. 107	
	a	b	a	b
	%	%	%	%
Humus.....	1,35	—	0,69	—
H ₂ O.....	2,54	—	2,06	—
SiO ₂	71,73	74,63	73,30	75,26
TiO ₂	0,56	0,58	0,57	0,58
Al ₂ O ₃	11,79	12,27	11,59	11,91
Sil. Fe ₂ O ₃	3,37	3,51	2,84	2,92
Lim. Fe ₂ O ₃	0,52	0,54	0,81	0,83
CaO.....	2,10	2,18	2,09	2,15
MgO.....	1,33	1,38	1,25	1,28
Na ₂ O.....	2,25	2,34	2,39	2,45
K ₂ O.....	2,47	2,57	2,55	2,62
P ₂ O ₅	ej b.	—	ej b.	—
S:a	100,01	100,00	100,14	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 1,45	—	+ 1,37

Analytiker: O. TAMM.

Tab. 22 c. Mekaniska analyser.

Kornstorlek Korngrösse	An. 65	An. 104	An. 105	An. 64
	10—15 cm	20—25 cm	50 cm	100 cm
	%	%	%	%
> 0,2 mm.....	0,8	0,2	0,1	0,3
0,2 — 0,02 mm.....	64,7	83,3	59,3	78,5
0,02 — 0,002 ».....	24,1	13,0	25,5	15,8
< 0,002 mm.....	10,3	3,7	5,2	5,4

Analytiker: O. TAMM.

B—E.

Under avd. B—E hade ursprungligen avsetts att beskriva en serie detaljundersökta marktytor i olika skogstyper. På grund av höga tryckningskostnader har detta material ej blivit tryckt utan förvaras renskrivet i Statens skogsförsoксanstalts arkiv.

F. Diverse kemiska analyser.

Beteckningar, Bezeichnungen:

Lera = Ton. Lermateriel ur morän = Tonmenge einer Moräne. Varvig lera = Bänder-ton. Se även sid. 245. — S. auch Seite 245.

Tab. 23. Diverse prov.

	Sand ¹⁾ Jönåker, Södermanland		Morän, 250 cm Lesjöfors, Värmland An. 134 I Finm.: 86 %		Lermateriel (5,9 %) ur morän, 250 cm Lesjöfors, Värmland An. 134 II		Lermateriel (1,2 %) ur morän, 200 cm Kulbäcksliden, Västerbotten An. 147 II	
	a	b	a	b	a	b	a	b
	%	%	%	%	%	%	%	%
Humus.....					0,42	—	0,84	—
Kemiskt bundet H ₂ O.....	1,01	—	1,04	—	3,95	—	3,64	—
Hygroskopiskt H ₂ O.....					2,28	—	2,41	—
SiO ₂	81,69	82,13	79,94	80,94	59,24	63,43	53,95	56,74
TiO ₂	0,17	0,17	0,35	0,35	0,66	0,70	0,71	0,77
Al ₂ O ₃	9,21	9,26	10,16	10,29	18,23	19,50	16,74	17,88
Fe ₂ O ₃	1,69	1,70	1,72	1,74	6,41	6,87	11,31	12,09
CaO.....	0,97	0,97	1,18	1,19	1,42	1,52	2,11	2,25
MgO.....	0,36	0,36	0,27	0,27	1,92	2,06	3,93	3,24
Na ₂ O.....	2,43	2,45	2,04	2,06	1,45	1,55	1,85	1,98
K ₂ O.....	2,85	2,88	3,12	3,16	3,91	4,19	4,73	5,05
P ₂ O ₅	0,07	0,07	ej b.	ej b.	0,17	0,18	—	—
S:a	100,45	100,00	99,82	100,00	100,06	100,00	100,42	100,00
Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 0,45	—	+ 1,26	—	+ 10,07	—	+ 5,07
K ₂ O : Na ₂ O.....	—	—	—	—	—	2,73	—	2,55
Analytiker:	N. SAHLBOM.		O. TAMM.		N. SAHLBOM.		N. SAHLBOM.	

¹⁾ Denna analys tillhör en opublicerad undersökning av H. HESSELMAN, som godhetsfullt låtit mig meddela densamma. Ehuru provet hämtats utanför det nordsvenska barrskogsområdet, är det betydande även för där befintliga jordarters egenskaper.

Tab. 24. Leror, huvudsakligen bildade av granit- och gnejsmaterial.
Tone, hauptsächlich aus Graniten und Gneisen gebildet.

	Varvig lera Bollnäs, Hälsingland		Varvig lera Färila, Hälsingland		Varvig lera Vännäs, Västerrbotten		Postglacial lera Svensbyn, Norrbotten		Glacial lera Kristinehamn, Värmland	
	An. 121		An. 132		An. 131		An. 122			
	a %	b %	a %	b %	a %	b %	a %	b %	a %	b %
Hygroskopiskt H ₂ O	3,41	—	0,94	—	0,47	—	1,97	—	3,52	—
Glödförlust	3,80	—	2,85	—	2,42	—	2,24	—	2,54	—
SiO ₂	53,64	57,86	65,37	67,95	62,37	65,58	57,46	60,20	64,96	69,15
TiO ₂	ej b.	—	0,66	0,69	0,91	0,96	ej b.	—	0,54	0,58
Al ₂ O ₃	22,60	24,38	15,96	16,59	15,99	16,82	19,92	20,86	14,44	15,37
Fe ₂ O ₃	5,17	5,58	4,60	4,78	5,27	5,54	6,42	6,73	5,58	5,94
Mn ₂ O ₄	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—	0,10	0,11
CaO	3,53	3,81	1,71	1,78	1,75	1,84	3,21	3,36	0,94	1,00
MgO	2,64	2,85	1,91	1,98	2,52	2,65	2,34	2,45	1,47	1,50
Na ₂ O	0,64	0,69	2,38	2,47	2,82	2,96	3,28	3,44	1,54	1,64
K ₂ O	4,48	4,83	3,62	3,76	3,46	3,65	2,82	2,96	4,25	4,52
P ₂ O ₅	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—	ej b.	—	0,14	0,15
SO ₃	»	—	»	—	»	—	»	—	0,04	0,04
CO ₂	0,23	—	0,04	—	0,06	—	0,15	—	ej b.	—
S:a	100,14	100,00	100,04	100,00	98,04	100,00	99,81	100,00	100,00	100,00

Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 11,07	—	+ 5,21	—	+ 4,64	—	+ 5,87	—	+ 6,30
K ₂ O : Na ₂ O	—	7,00	—	1,52	—	1,23	—	0,86	—	2,76

Analytiker: G. BRANDTING. O. TAMM. O. TAMM. N. LÖVGREN. R. MAUZELIUS
(Från S. G. U.)

Tab. 25. Leror, delvis bildade av kambrisk-siluriska skifferar.
Tone, zum Teil aus kambrisch-silurischen Schiefern gebildet.

	Glaciallera S. om Billingen, Västergötland		Ancyluslera Uppsala, Uppland	Varvig lera Haraldsby, Åland		Littorinalera Dickursby, Åland	
	a %	b %	b %	a %	b %	a %	b %
	Hygroskopiskt H ₂ O	1,83	—	—	} 7,52	—	7,89
Glödförlust	2,58	—	—	—		—	—
SiO ₂	67,87	70,98	51,4	54,11	58,50	53,12	57,62
TiO ₂	0,60	0,63	0,7	ej b.	—	ej b.	—
Al ₂ O ₃	13,49	14,11	23,2	16,21	17,53	20,14	21,84
Fe ₂ O ₃	4,59	4,80	11,1	8,94	9,66	11,13	12,07
CaO	1,55	1,63	2,3	4,72	5,10	2,85	3,09
MgO	1,24	1,29	4,8	2,89	3,12	0,32	0,34
Na ₂ O	2,15	2,25	1,4	} 4,55	4,92	4,65	5,04
K ₂ O	3,95	4,13	5,3		—	—	—
P ₂ O ₅	0,17	0,18	—	ej b.	—	ej b.	—
CO ₂	ej b.	—	ej b.	1,06	1,15	»	—
S:a	100,02	100,00	100,2	—	—	—	—

Al ₂ O ₃ översk.	—	+ 2,95	+ 10,9	—	+ 3,49	—	+ 10,09
K ₂ O : Na ₂ O	—	1,84	3,79	—	—	—	—

Analytiker: R. MAUZELIUS A. REUTER- B. FROSTERUS B. FROSTERUS
(Från S. G. U.) SKIÖLD (Frosterus, (Frosterus,
(Odén och 1912) 1912)
Reuter-
skiöld, 1919)

G. Kemisk undersökning av ett antal ortstenar.

Beteckningar, Bezeichnungen:

m = mörk, dunkel; r = rostfärgad, rostfarbig; l = ljus färgad, licht gefärbt; g = granmark, Fichtenboden; t = tallmark, Kiefern-boden; — = sönderfaller ej, zerfällt nicht; + = sönderfaller långsamt,

zerfällt langsam; ++ = sönderfaller hastigt, zerfällt schnell; • = ljus vätska, lichtgefärbte Flüssigkeit; •• = mörk vätska, dunkle Flüssigkeit; ••• = mycket mörk vätska, sehr dunkle Flüssigkeit. Se även sid. 245. — Siehe auch Seite 245.

Tab. 26 a. Autoktona ortstenar.

Autochtone Ortsteine.

Analys nr	M a r k B o d e n	L o k a l	F ä r g F a r b e	F i n m. %	H u m u s %	Limonit (Fe ₂ O ₃) %	Sil. Fe ₂ O ₃ %	Förhållande till
								Mit kokendem NH ₃ behandelt
90	g, 10—15 cm	Hörnefors, Västerbotten	m	100	3,13	0,73	ej b.	+ + •••
101	g, 20—30 cm	Jörn, Västerbotten	l	74	0,41	0,48	»	— •
91	g, 20—30 cm	» »	r	75	1,51	1,29	»	— ••
123	g, 20—30 cm	Bollnäs, Hälsingland	r	35	1,41	1,59	»	— •
70	g, 30—45 cm Övre ortsten (Oberer Ortstein)	Rokliden, Norrbotten	r—m	63	2,48	0,97	1,99	+ ••
71	g, 45—75 cm Undre ortsten (Unterer Ortstein)	» »	l—r	74	1,68	0,23	2,43	+ ••
124	t, 50 cm	Älvdalen, Dalarna	l	44	0,90	0,66	ej b.	— •
118	g, 45—60 cm Övre ortsten (Oberer Ortstein)	Fagerheden, V. om Rokån, Norrb.	m	54	5,99	1,39	»	+ + •••
119	g, 100 cm Undre ortsten (Unterer Ortstein)	» » » »	m	86	1,94	Sp.	»	+ + •••
112	50 cm	Kulbäcksliden, Västerbotten	m	72	9,82	1,20	»	+ + •••

Tab. 26 a. (Forts.)

Analys nr	M a r k B o d e n	L o k a l	F ä r g F a r b e	F i n m. %	H u m u s %	Limonit (Fe ₂ O ₃) %	Sil. Fe ₂ O ₃ %	Förhållande till kokande utspädd ammoniak Mit kochendem NH ₃ behandelt
125	t, 50 cm	Älvdalen, Dalarna	m	75	9,44	1,93	ej b.	++ ●●●
126	t, 25—35 cm	Bunkris, Dalarna	r	88	3,77	1,58	»	— ●●
86	t, 20—25 cm	Degerfors, Västerbotten	l	97	0,63	0,56	»	— ●
120	t, 15 cm	Fagerheden, Norrbotten	r—l	79	1,28	0,83	»	— ●●
89	t, 15 cm	» »	r—l	59	0,84	0,99	»	— ●●
102	30—40 cm	» »	l	96	0,63	0,50	»	— ●

Tab. 26 b. Alloktona ortstenar.

Allochtone Ortsteine.

111	—	Bergefors, Medelpad	r	95	0,32	5,47	ej b.	— ●
100	—	Jörn, Västerbotten	r	78	1,45	9,92	»	— ●
87	40—60 cm	Degerfors, Västerbotten	r—m	100	1,87	0,78	»	+ ●●
85	—	Skaite, Norrbotten	r—m	100	2,32	2,89	1,71	+ ●●
84	50—60 cm	Fagerheden, Norrbotten	r	96	1,95	10,16	1,71	— ●
114	30—40 cm Övre ortsten (Oberer Ortstein)	Kvarntjärn, Fagerheden, Norrbotten	r	96	1,86	1,73	ej b.	— ●●
115	140 cm Undre ortsten (Unterer Ortstein)	» » »	r	91	0,95	0,46	»	+ ●●
116	50 cm	» » »	m	97	2,34	0,12	»	++ ●●●
117	65—70 cm	» » »	m	98	2,15	0,06	»	++ ●●●
88	45—55 cm	Kulbäcksliden, Västerbotten	l	97	0,94	0,32	»	— ●

Analytiker: O. TAMM.

Anförd litteratur.

- Aarnio, B. 1915. Über die Ausfällung des Eisenoxydes und der Tonerde in finländischen Sand- und Grusböden. Geotekn. Komm. Finland, geotekniska medd. 16.
- 1917. Trakten S om Karislojo kyrkby. Geotekniska Komm. Finland, Agrogeologiska kartor 1.
- 1918. Om sjömalmera i några sjöar i Pusula, Pyhäjärvi, Loppis, Somerniemi och Tammela socknar. Geotekniska Komm. Finland, geotekniska medd. 20.
- Ahlman, H., Carlzon, C., Sandegren, R. 1912. The quaternary history of the Ragundaregion, Jämtland. Geol. fören. förhandl. 34, s 343—364.
- Ahlmann, H. 1915. Ragundasjön. I. Ragundasjöns geomorfologi. Sv. geol. Unders. ser Ca, nr 12.
- Albert, R. 1910. Beitrag zur Kenntnis der Ortsteinsbildung. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen 42, s 327—341.
- Andersson, G. 1896. Svenska växtvärldens invandringshistoria. Stockholm 1896.
- Andersson, G. och Birger. 1912. Den norrländska florans geografiska fördelning och invandringshistoria. Uppsala och Stockholm 1912.
- Andersson, G. och Hesselman, H. 1908. Vegetation och flora i Hamra kronopark. Medd. fr. Statens skogsförs.anst. 4, s 35—102.
- Andersson, J. G. 1906. Solifluction, a component of subaërial denudation. Journ. of Geol. Vol. XIV, s 91—112.
- Atterberg, A. 1912. Mekaniska jordanalysen och klassifikationen av de svenska mineraljordslagen. K. Lantbr. Ak. handl. o. tidskr. 1912, s 438—463.
- 1912. Die mechanische Bodenanalyse und die Klassifikation der Mineralböden Schwedens. Intern. Mitteil. für Bodenkunde II, s 312—342.
- 1913. Vilka beståndsdelar giva lerorna plasticitet och styvlek. K. Lantbr. Ak. handl. o. tidskr. 1913, s 413—444.
- v. Bemmelen, J. M. 1900. Über das Vorkommen, die Zusammensetzung und die Bildung von Eisenanhäufungen in und unter Mooren. Zeitschr. für anorg. Chemie XXII, s 313—379.
- Benedicks, C. 1906. Umwandlung des Feldspats in Sericit (Kaliglimmer). Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala 13—14, s 278—286.
- Blomquist, E. och Renquist, H. 1914. Wasserstandsbeobachtungen an der Küste Finlands. Fennia 37.
- Cajander, A. K. 1913. Über Waldtypen. Acta forest. fenn. 1, s 1—175.
- Clarke, F. W. 1916. The Data of geochemistry. U. S. Geol. Surv. Bull. 616.
- Cushman, A. S. and Hubbard, P. 1907. The Decomposition of the Feldspars. U. S. Dep. of Agriculture, Off. of publ. roads, Bull. nr 28.
- Dalgas, E. 1867. Geografiske Billeder fra Heden. Köpenhamn 1867.
- Daubrée, A. 1879. Etudes synthétiques de géologie expérimentale. Paris 1879.

- De Geer, G. 1912. A geochronology of the last 12000 years. C. r. de la 11:e sess. du Congrès géol. intern. I, s 241—257.
- 1912. Om grunderna för den senkvartära tidsindelningen. Geol. fören. förhandl. 34, s 252—264.
- 1915. Om naturhistoriska kartor öven den Baltiska dalen. Pop. naturvet. revy 4, s 169—200.
- Dittrich, M. 1905. Chemisch-geologische Untersuchungen über Absorptionserscheinungen bei zersetzten Gesteinen. Zeitschr. für anorganische Chemie 47, s 151—162.
- Dumont, J. 1909. Sur la décomposition chimique des roches. C. r. 149, s 1390—93.
- Ehrenberg, P. 1918. Die Bodenkolloide. Dresden u. Leipzig 1918.
- Emeis, C. 1876. Waldbauliche Forschungen und Betrachtungen. Berlin 1876.
- Erdmann, F. 1907. Die nordwestdeutsche Heide in forstlicher Beziehung. Berlin 1907.
- Faye, M. 1870. Remarques sur quelques particularités du sol des Landes de Gascogne, C. r. 71, s 245—251.
- Fries, Th. E. 1913. Botanische Untersuchungen im nördlichsten Schweden. Uppsala 1913.
- Frosterus, B. 1909. Det finska lermaterialet som geologisk bildning och teknisk produkt. Geol. Komm. Finland, Geotekn. Medd. 6.
- 1912. Jordmånernas uppkomst och egenskaper. Geol. Komm. Finland. Geotekn. Medd. 10.
- 1914. Zur Frage nach der Einteilung der Böden in Nordwesteuropas Moränengebieten. Geol. Komm. Finland. geotekn. Medd. 14.
- 1916. Trakten kring Pojovikens norra del och Gumnäs-Odnäs militieboställe. Geol. Komm. Finland. Agregeologiska kartor. 2.
- Frödin, J. 1914. Geografiska studier i St. Luleälvs källområde. Sv. Geol. Unders. Årsbok 7:4.
- Funk, W. 1909. Kritische Studien über die Zersetzung des Feldspats. Sprechsaal 42, s 13—15, 27—28.
- 1909. Beitrag zur Kenntnis der Zersetzung des Feldspats durch Wasser. Zeitschr. für angew. Chemie, 22:I.
- Glinka, K. 1914. Die Typen der Bodenbildung. Berlin 1914.
- Graebner, P. 1904. Handbuch der Haidekultur. Leipzig 1904.
- Grevillius, A. Y. 1895. Studier över vegetationen i vissa delar av Jämtlands och Västernorrlands län med hänsyn till det geologiska underlaget. Sv. geol. Unders. ser C:114.
- Grönwall, K. 1915. Nordöstra Skånes kaolin- och kritbildningar. Sv. Geol. unders. Årsb. 8:2.
- Halden, B. Om torvmossor och marina sediment inom norra Hälsinglands littorinaområde. Sv. Geol. Unders. Årsb. 11:1.
- Hamberg, A. 1906. Översikt av Lule älvs geologi. Sv. Geol. Unders. Ser C:202.
- 1915. Zur Kenntnis der Vorgänge im Erdboden beim Gefrieren und Auftauen sowie Bemerkungen über die erste Kristallisation des Eises im Wasser. Geol. Fören. Förhandl. 37, s 566—583.
- Hamberg, H. E. 1908. Lufttemperaturen i Sverige. Bih. till metereol. iakt. i Sverige, 49.

- H a m b e r g, H. E. 1911. Nederbörden i Sverige. Bih. till meteorol. iakt. i Sv., 52.
- H e l b i g, M. 1903. Ortsteinsbildung im Gebiete des Buntsandsteins. Zeitschr. für Forst- und Jagdwesen XXXV, s 273—285.
- 1909 a. Über Ortstein im Gebiete des Granites. Naturwissenschaftliche Zeitschr. für Forst- und Landwirtsch. 7, s 1—8.
- 1909 b. Zur Entstehung des Ortsteins. Naturwissenschaftliche Zeitschrift für Forst- und Landwirtsch. 7, s 81—86.
- H e l l s t r ö m, P. 1917. Norrlands jordbruk. Uppsala 1917.
- H e n r y, E. 1908. Les Sols Forestiers. Paris 1908.
- H e s s e l m a n, H. 1906. Om svenska skogar och skogssamhällen. Skogsvårdsfören. folkskr. 5.
- 1910 a. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor I. Medd. fr. Statens Skogsförs.anst. 7, s 25—68.
- 1910 b. Om vattnets syrehalt och dess inverkan på skogsmarkens försumpning och skogens växtlighet. Medd. fr. Statens Skogsförs. anst. 7, s 91—126.
- 1910 c. Berättelse över Statens Skogsförsöksanstalts botaniska avdelnings verksamhet 1906—1908 jämte förslag till arbetsprogram. Medd. fr. Statens skogsförs. anst. 6, s 27—52.
- 1911. Jordmånen i Sveriges skogar. Skogsvårdsfören. folkskrifter nr 27—28.
- 1915. Om förekomsten av rutmark på Gotland. Geol. Fören. Förhandl. 37, s 482—492.
- 1917 a. Studier över salpeterbildningen i naturliga jordmåner och dess betydelse i växtekologiskt avseende. Medd. fr. Statens Skogsförs. anst. 13—14, s 297—528.
- 1917 b. Om våra skogsföryngringsåtgärders inverkan på salpeterbildningen i marken och dess betydelse för barrskogens föryngring. Medd. fr. Statens Skogsförs. anst. 13—14, s 923—1075.
- 1917 c. Studier över de norrländska tallhedarnas föryngringsvillkor. II. Medd. fr. Statens Skogsförs. anst. 13—14, s 1221—1286.
- 1917 d. Om skogsbeståndens roll vid moränlidernas försumpning. Skogsvårdsfören. Tidskr. 15, Bilaga 1, s 29—50.
- H i l g a r d, E. W. 1910. Soils. New York 1910.
- H i l l e b r a n d, W. F. 1916. The analysis of silicate and carbonate rocks. U. S. geol. Sur. Bull. 422.
- H o f m a n - B a n g, O. 1905. Studien über schwedische Fluss- und Quellwässer. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala VI, s 101—159.
- H o l m e r z, C. G. och Ö r t e n b l a d, Th. 1886. Norrbottens skogar. Bihang till Domänstyrelsens berättelse rörande skogsväsendet år 1885.
- H o l m q u i s t, P. J. 1906. Studien über die Graniten von Schweden. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala XIII—XIV, s 77—269.
- H u n d e s h a g e n, H. 1908. Über die Anwendung organischer Farbstoffe zur diagnostischen Färbung mineralischer Substrate. Zeitschr. für angewandte Chemie 21 II, s 2405—2415, 2454—2461.
- H ö g b o m, A. G. 1894. Praktisk-geologiska undersökningar inom Jämtlands län. Sv. geol. Unders. Ser. C:140.
- 1899. Ragundadalens geologi. Sv. geol. Unders. Ser. C:182.

- H ö g b o m, A. G. 1905. Om s. k. jäslera och om villkoren för dess bildning. Geol. Fören. Förhandl. 27, s 19—36.
- 1919. Eine graphische Darstellung der spätquartären Niveauveränderungen Fennoskandias. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala XVI, s 169—180.
- H ö g b o m, B. 1914. Über die geologische Bedeutung des Frostes. Bull. of the geol. inst. of The Univers. of Uppsala XII, s 257—390.
- J a n n a s c h, P. 1904. Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. Leipzig 1904.
- K e i l h a c k, K. 1912. Die Verlandung der Svinepforte. Jahrb. der K. Preuss. Landesanstalt 1911: II, s 209—244.
- K i h l m a n, O. 1890—92. Pflanzenbiologische Studien aus russisch Lappland. Act. Soc. pro Fauna et Flora Fennica. VI nr 3.
- L a n g, R. 1915. Versuch einer exakten Klassifikation der Böden in klimatischer und geologischer Hinsicht. Internat. Mitt. für Bodenkunde V, s 312.
- z. L e i n i g e n, W. 1911. Bleichsand und Ortstein. Abhandl. der Naturhistorischen Gesellschaft in Nürnberg. XIX, I.
- L i d é n, R. 1911. Om isavsmältningen och den postglaciala landhöjningen i Ängermanland. Geol. Fören. Förhandl. 33, s 271—280.
- L i n c k, G. 1913. Über den Chemismus der tonigen Sedimente. Geologische Rundschau 4, s 289—311.
- L u n d s t r ö m, A. 1895. Om våra skogar och skogsfrågorna. Fören. Heimdals småskrifter nr 24.
- M a y e r, A. d. 1903. Bleisand und Ortstein. Die landwirtschaftl. Vers. Stat. 58, s 161—192.
- M ü l l e r, R. 1877. Untersuchungen über die Einwirkung des kohlensäurehaltigen Wassers auf einige Mineralien und Gesteine. Tschermak Min. Mitteil. 1877, s 25—48.
- M ü l l e r, P. E. 1887. Studien über die natürlichen Humusformen und deren Einwirkung auf Vegetation und Boden. Berlin 1887.
- 1918. Fortsatte Iakttagelser over Muld og Mor i Egeskove og paa Heder. Dansk skovfören. tidskr. III, s 477—495.
- M ü n s t, M. 1910. Ortsteinsstudien im oberen Murgtal. Mitteil. der geol. Abteil. des Kgl. Würtemb. Stat. Landesamtes nr 8.
- N i k l a s, H. 1912. Chemische Verwitterung der Silikate und der Gesteine mit besonderer Berücksichtigung des Einflusses der Humussäuren. Berlin 1912.
- N i l s s o n, A l b. 1897. Om Norrbottens växtlighet med särskild hänsyn till dess skogar. Tidskr. för skogshushållning 25, s 139—153.
- 1901. Sydsvenska ljunghedar. Tidskr. för skogshushållning 29, s 22—41.
- N i l s s o n, A l b. och N o r l i n g, K. G. 1895. Skogsundersökningar i Norrland och Dalarna. Bihang till domänstyrelsens berättelse för år 1894.
- N y h o l m, E. T. 1902. Studier över finska naturliga jordmånar I. Finska Forstföreningens medd. 18, s 203—218.
- 1903. Studier över finska naturliga jordmånar II. Finska Forstföreningens medd. 19, s 265—331.
- O d é n, S. 1916. Allgemeine Einleitung zur Chemie und physikalischen Chemie der Tone. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala XV, s 175—194.

- O d é n, S. 1919. Die Huminsäuren. Kolloidchem. Beiheft. XI, s 75—260.
- O d é n, S. och Re u t e r s k i ö l d, A. 1919. Zur Kenntnis des Ancylustons. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala. XVI, s 135—158.
- v. Post, L. 1913. Alnarpsstraktens geologi. Alnarps Lantbruksinstitut 1862—1912, Göteborg 1913.
- 1915. Ett egendomligt jordskred i västra Värmland. Geol. fören. förhandl. 37, s 567—582.
- R a m a n n, E. 1885. Über die Verwitterung diluvialer Sande. Jahrb. der K. Preuss. Landesanstalt 1884.
- 1886 a. Der Ortstein und ähnliche Sekundärbildungen in den Diluvial- und Alluvialsanden. Jahrb. der K. Preuss. Landesanstalt 1885.
- 1886 b. Über Bildung und Kultur des Ortsteins. Zeitschr. für Forst- und Jagdw. 18, s 14—39.
- 1895. Organogene Ablagerungen der Jetztzeit. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie und Paläontologie, Beilageband X, s 119—166.
- 1911. Bodenkunde. Berlin 1911.
- 1918. Bodenbildung und Bodeneinteilung. Berlin 1918.
- R i n d e l l, A. 1910. Några anmärkningar rörande teorin för uppkomsten av »ahl» eller »Ortstein». Medd. fr. lantbruksvet. samf. i Finland. Häft 1, bil. 4, s 1—8.
- R o s e n b u s c h, H. 1914. Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. I: 1. Stuttgart 1904.
- R o t h e r, G. 1912. Über die Bewegung des Kalkes, des Eisens, der Tonerde und der Phosphorsäure und die Bildung des Ton-Eisenortsteines im Sandboden. Inaug. Diss. Berlin 1912.
- R ö s l e r, H. 1902. Beiträge zur Kenntnis einiger Kaolinlagerstätten. Neues Jahrb. für Mineralogie, Geologie und Paläontologie. Beilageband XV, s 231—393.
- S a h l b o m, N. 1910. Kapillaranalysen kolloider Lösungen. Kolloidchem. Beiheft. II 3—4, s 79—141.
- S a m u e l s s o n, G. 1917. Studien über die Vegetation der Hochgebirgsgegenden von Dalarna. Nov. act. reg. Soc. Uppsal. Ser. IV, 4:8.
- S a n d e g r e n, R. 1915. Ragundasjön. III. Ragundasjöns postglaciala utvecklingshistoria enligt den subfossila florans vittnesbörd. SV. geol. Unders. Ser. Ca:12.
- S a r a u w, G. F. L. 1898. Hedebunden i Oldtiden. Aarbok for Oldkynd og Historie. 13.
- S c h r ö d e r, H. 1919. Bodenrückgang unter Fichte. Zeitschr. für Forst- und Jagdw. 51, s 439—444.
- S e n f t, F. 1862. Humus-, Marsch- und Limonitbildungen. Leipzig 1862.
- 1867. Steinschutt und Erdboden. Berlin 1867.
- S e r n a n d e r, R. 1892. Die Einwanderung der Fichte in Skandinavien. Englers bot. Jahrb. 15, s 1—94.
- 1905. Flytjord i svenska fjälltrakter. Geol. Fören. Förhandl. 27, s 42—84.
- 1917. De norrländska skogarnas förhistoria. Skogsvårdsfören. tidskr. 15, Bilaga 1, s 1—28.
- S i b i r t z e w, N. 1899. Étude des sols de la Russie. Compt. rend. du congrès géologique international, VII session, St. Pétersbourg, s 73—125.

- Stoklasa, J. 1882. Studien über den Verwitterungsprozess von Ortoklas, Landw. Vers. Stat. 27, s 197—207.
- Stremme, H. 1910. Über Feldspatresttone und Allophantone. Monatsber. der deutsch. geol. Ges. 62, s 122—128.
- 1912. Die Chemie des Kaolins. Fortschritte der Mineral., Kristallogr. und Petrogr. II, s 87—128.
- 1914. Die durch Salzsäure schwer oder kaum aufschliessbaren wasserhaltigen Alumosilikate. Handbuch der Mineralchemie II; 6, s 72—93.
- 1917. Zur Kenntnis der Bodentypen. Geol. Rundschau VII, s 330—339.
- Sylvén, N. 1916. De svenska skogsträden. I Barrträden. Stockholm 1916.
- Tamm, O. 1913. Markvittringen i Ragundatrakten. Geol. Fören. förhandl. 35, 197—207.
- 1914. Die Auslaugung von Calciumkarbonat in einigen Böden der Ragundagegend. Geol. Fören. förhandl. 36, s 219—266.
- 1915. Beiträge zur Kenntnis der Verwitterung in Podsolböden aus dem mittleren Norrland. Bull. of the geol. inst. of the Univers. of Uppsala. XIII, s 183—204.
- 1917 a. Om skogsjordsanalyser. Medd. fr. Statens Skogsförs. anst. 13—14, s 235—260.
- 1917 b. Bidrag till kännedom om kalkens urläkning ur den jämtländska skogsmarken. Skogshögskolans festskrift. Stockholm 1917.
- Tiberg, H. V. 1907. Skogsjordsanalysen och jordens produktionsförmåga. Värmländska Bergsmannafören. anm. 1907, s 230—277.
- Tuxen, C. F. A. 1887. Einige chemische Untersuchungen des Bodens in Buchenwäldern. Einige chemische und physikalische Untersuchungen des Bodens in Wäldern und auf Heiden. I: Studien über die natürlichen Humusformen (P. E. Müller), s 99—106, 298—310, Berlin 1887.
- Wahnschaffe, F. und Schucht, F. 1914. Wissenschaftliche Bodenuntersuchung. Berlin 1914.
- Vesterberg, A. 1911. Über einige Analysenmethoden für Bodenuntersuchungen. Verhandl. der II intern. Agrogeologenkonferenz, s 125—151, Stockholm 1911.
- Vesterlund, O. 1892. Några iakttagelser över skogarnas markbetäckning i Norrbotten. Tidskr. för skogshushållning 20, s 171—188.
- Widman, R. 1908. Experiments with granitic powder to illustrate the composition of some quaternary clays in Sweden. Bull. of the geol. inst. of the univers. of Uppsala XV—XVI, s 184—189.
- Witting, R. 1918. Havsytan, geoidytan och landhöjningen utmed Baltiska havet och vid Nordsjön. Fennia 39:5.
- Vogel v. Falckenstein, K. 1911. Untersuchung von märkischen Dünen sandböden mit Kierfernbestand. Intern. Mitteil. für Bodenkunde. I, s 495—517.
- Vogel v. Falckenstein und Schneiderhöhn, H. 1912. Verwitterung der Mineralien eines märkischen Dünen sandes unter dem Einfluss der Waldvegetation. Internationale Mitteil. für Bodenkunde II, s 204—213.
- af Zellén, J. O. 1905. Om våra skogars framtid. Skogsvårdsfören. folkskr. 2.

Bodenstudien in der nordschwedischen Nadelwaldregion.

Einleitung.

Die vorliegende Abhandlung ist das Resultat achtjähriger Untersuchungen im Freien in verschiedenen Teilen des Forschungsgebietes (Fig. 3, S. 62) und ziemlich umfassender chemisch-analytischer Arbeiten. Sie beabsichtigt eine Darstellung der Eigenschaften des Bodentypus Waldpodsol (FROSTERUS, 1914) zu geben. Dieser Typus herrscht in den Nadelwäldern des Gebietes. Die sichtbaren Eigenschaften eines normalen Waldpodsolbodens gehen aus Fig. 1 u. 2 (S. 57, 58) hervor. Das Profil ist charakterisiert durch eine Humusdecke (Streu [schwedisch: Förna] und Rohhumus). Darunter kommt die scharf ausgeprägte Bleicherde und dann die Orterde, die allmählich in den Untergrund: gewöhnlich Moräne, auch Sand oder leichten Lehm übergeht. Für das normale Waldpodsolprofil ist ein Wald vom Myrtillustypus (dieses Typus wurde von CAJANDER, 1913, aufgestellt) besonders charakteristisch (Fig. 1).

KAP. I. Terminologie und Arbeitsmethoden.

B. *Terminologie.* Verf. hat eine für die schwedische Forstpraxis möglichst brauchbare Terminologie verwendet. Diese ist auf S. 63—65 erläutert; und da sind auch einige bei RAMANN (1911), P. E. MÜLLER (1887) und GLINKA (1914) gebräuchliche Ausdrücke angegeben.

C. *Arbeitsmethoden.* Die Terrainarbeit besteht darin, dass auf einer ausgewählten ebenen oder sehr schwach geneigten Probefläche in einem gut charakterisierten Waldtypus eine Anzahl von 5 bis 50 Bodenprofilen ausgegraben und genau untersucht werden. Die mittlere Dicke der verschiedenen Bodenschichten werden dann ausgerechnet und zuweilen auch der mittlere Fehler jener Mittelwerte. Die Analysenproben werden immer so gesammelt, dass sie die Zusammensetzung der verschiedenen Bodenschichten möglichst gut angeben sollen.

Die lufttrockenen Analysenproben werden durch ein Drahtnetz mit 2 mm Maschen gesiebt, Wurzelfragmente und dgl. werden herausgepflückt, vorhandene Klumpen (z. B. bei Ortsteinsproben) zerdrückt. Die groben Bestandteile werden genau mit einer Lupe untersucht. Alle Analysenzahlen gelten für das lufttrockene, gesiebte Material. Humus wird durch Verbrennen (TAMM 1917 a) bestimmt. Der Unterschied zwischen Glühverlust und Humus ist, obgleich nicht ganz richtig, als Wasser bezeichnet. Bei den meisten übrigen Bestimmungen werden die Vorschriften HILLEBRANDS (1916) befolgt. Das limonitische Eisen (einschliesslich etwa vorhandenes leichtlöslicheres Eisen) wird nach TAMM (1917 a) bestimmt. Die Differenz zwischen dem totalen und limonitischen Eisen ist als silikatisches Eisen bezeichnet. Aus den Analysen ist der Gehalt an verschiedenen Mineralien nach gewöhnlichen petrographischen Methoden berechnet. (Vgl. HOLMQUIST 1906, S. 89—93.) Direkte Mineralbestimmungen sind durch Scheidungen mit Thoulets Lösung und mikroskopisches

Auszählen gemacht. Diese von quantitativem Gesichtspunkt aus nicht einwandfreien Bestimmungen sind nur in enger Verbindung mit den Bauschanalysen zu verwerten. (Vgl. TAMM, 1915.) Durch Färben mit Fuchsin habe ich versucht, die oft dünnen Häutchen von ausgeflockten Kolloiden, die die Mineralkörner umhüllen, im Mikroskop sichtbar zu machen (vgl. S. 245). Mechanische Analysen nach den Methoden von BEAM-ATTERBERG sind in einigen Fällen zur Anwendung gekommen. Auch habe ich die Tonmengen einiger Proben nach ATTERBERGS Vorschriften abgeschlämmt und dann analysiert. Die Proben wurden vorher nur durch mechanische Bearbeitung zur Analyse vorbereitet.

KAP. II. Die chemischen Eigenschaften der anorganischen quartären Ablagerungen.

A. Ablagerungen, gröber als Ton.

1. *Die Eigenschaften nach Beobachtungen und Analysen.* Aus den ziemlich ausführlichen Untersuchungen von HESSELMAN (1910) kann man schliessen, dass die Mutterablagerungen der Böden in Nordschwedens von mechanischen Verwitterungsprozessen unberührt sind. Aus makroskopischen und mikroskopischen Beobachtungen kann man schliessen, dass auch die chemische Verwitterung die Mutterablagerungen oder die Untergründe der Böden sehr wenig verändert hat. Dasselbe geht aus den Analysen hervor. Diese zeigen, dass die Mutterablagerungen in den grössten Teilen Nordschwedens, wo hauptsächlich Gneisse und Granite vorkommen, sehr gleichförmig, granitisch zusammengesetzt sind. Dies gilt sowohl für Moränen, Sande und leichte Lehme (schwedisch Mjåla). Tab. 1 (S. 74) gibt die durchschnittliche chemische und mineralogische Zusammensetzung dieser Ablagerungen des Gebietes an. Wegen der gleichförmigen Zusammensetzungen der Mutterablagerungen wird die Diskussion der chemischen Eigenschaften der Böden sehr viel erleichtert. Man kann in den meisten Fällen voraussetzen, dass die durch die Podsolierung veränderten Schichten vom Anfang an die Eigenschaften der jetzigen Mutterablagerungen gehabt haben. Die Mutterablagerungen sind im Allgemeinen beinahe frei von Verwitterungsprodukten. Nur einige Zehntel-Prozente limonitisches Eisen und in seltenen Fällen (Kalk-Gegenden) ausgefälltes Kalziumkarbonat kommen vor. In solchen Gegenden wie in denen, wo Quarzite und Porphyre vorkommen, haben die Mutterablagerungen eine von dem Gewöhnlichen abweichende Zusammensetzung. (Kap. 11, Probeflächen 4 u. 5, S. 251, 252.)

2. *Die chemischen Eigenschaften der Tonbestandteile der Mutterablagerungen.* Um die Verwitterungserscheinungen der Mutterablagerungen näher kennen zu lernen, sind Analysen ihrer feinsten Bestandteile ausgeführt worden. Die Resultate dieser Untersuchungen, s. Kap. 11, Tab. 9 f, S. 248, Tab. 21 f, S. 265, Tab. 23, S. 267. Daraus geht hervor, dass die feinsten Bestandteile einer Moräne ausgeprägte Tonzusammensetzung haben. Besonders interessant ist der sehr grosse Aluminiumüberschuss. Dieser Überschuss ist so gross, dass er nicht von dem verwitternden Bodenhorizont abstammen kann, da das Aluminium-Verlust dieses Horizontes nicht dafür ausreichen könnte. Ein seitlicher Transport des Aluminiums als Kolloid durch Grundwasser ist in mehreren der untersuchten Fälle ganz ausgeschlossen. Der Gehalt an Aluminium ist auch in den meisten Fällen so gross, dass er kaum als Bestandteil einiger aluminium-

haltigen Mineralien des Gebirgsgrundes erklärt werden kann, sondern man kann annehmen, dass der Aluminiumüberschuss durch chemische Verwitterung der Feldspate bei der Zerquetschung des Gesteinsmaterials durch die grossen Eismassen in Berührung mit Schmelzwasser während der Abschmelzungsperiode der letzten Eiszeit entstanden ist. Dies stimmt sehr gut mit den experimentellen Daten von unter anderen DAUBRÉE (1879) und CUSHMAN (1907) überein. DAUBRÉES Experiment zeigt, dass in kurzer Zeit ein sehr erheblicher Aluminiumüberschuss durch Zerquetschung von Feldspaten in Berührung mit Wasser entstehen kann. CUSHMAN hat nachgewiesen, dass die Feldspate in Berührung mit Wasser sich mit einem unlöslichen, sehr dünnen, aluminiumreichen Häutchen, das vor weiterer Einwirkung des Wassers schützt, bedecken. Der beschriebene Verwitterungstypus stimmt prinzipiell mit der Kaolisierung überein, und wie oft bei jener scheinen die Feldspate stärker als die Eisen-Magnesiumminerale angegriffen zu werden. Die feinsten Zerquetschungsprodukte der Urgesteine scheinen also sehr instabil in Berührung mit Wasser zu sein. Dass wirklich Kaolin dabei gebildet wird, ist nicht sicher, sondern es kann ein Kolloidkomplex vorliegen, der wahrscheinlich eine kaolinartige Zusammensetzung hat.

3. *Schlüsse.* Die Mutterablagerungen der nordschwedischen Böden zeigen überall Spuren einer durchgreifenden Verwitterung, wenn man ihre Tonbestandteile untersucht. Diese Verwitterung hat sich wahrscheinlich am Ende der letzten Vereisung vollzogen und schreitet jetzt nur fast unmerklich fort. Die praktische Bedeutung des Prozesses ist daher nunmehr nicht gross. Sie erschwert auch nicht die Beurteilung der Verwitterungsprozesse im Boden, weil sie im Grossen kaum merklich die granitische Zusammensetzung der Mutterablagerungen verändert hat. Wegen der gezogenen Schlüsse betreffs der Verwitterung der Tonbestandteile, ist der Aluminiumüberschuss bei den Berechnungen des Gehaltes an verschiedenen Mineralien in den Analysenproben als Kaolinkomplex: $\text{Al}_2\text{O}_3 + 2\text{SiO}_2$ berechnet. Ein bedeutender Teil desselben dürfte jedoch in anderen Mineralen, besonders Glimmern, vorkommen.

B. Die Zusammensetzung der quartären Tone.

Viele quartären Tone aus den Granit- und Gneissgegenden Schwedens sind im Gegensatz zu den meisten Tönen der übrigen Welt sowie den aus älteren Formationen stammenden Tönen und Tonschiefern Schwedens als aus ziemlich unverwitterten Gesteinsbestandteilen bestehend angesehen. Die quartären Tone sind während des Abschmelzens des Eises entstanden und bestehen wie die Moränen, Sande u. s. w. aus Material von den fast völlig unverwitterten Urgebirgsgesteinen. ATTERBERG (1913) hat einen hohen Gehalt an Glimmern in den schwedischen Tönen angenommen. WIDMAN (1908) glaubte, dass sie reich an Feldspaten seien. ODÉN (1916) hebt die Möglichkeit hervor, dass auch chemische Umsetzungen in den schwedischen Tönen vorgekommen sein können.

In Kap. 11: F, Tab. 24 und 25, S. 268, sind einige Analysen von schwedischen (und ein paar von finländischen aus Åland) zusammengestellt. Diese zeigen, dass die schwedischen Tone im allgemeinen einen ziemlich grossen Aluminiumüberschuss haben. Sie stimmen mit den Tonbestandteilen der Moräne ziemlich gut überein; sie scheinen nur etwas mehr Sandbestandteile als jene zu enthalten. Es gibt keinen sicheren Unterschied in der Zusammensetzung der-

jenigen Tone, die hauptsächlich aus Graniten und Gneissen gebildet sind, im Vergleich mit denen, die zum grossen Teil aus Material von silurischen Tonschiefern entstanden sind. Die von FROSTERUS (1909) und AARNIO (1917) veröffentlichten finländischen Tonanalysen, die Tone hauptsächlich aus Granit- und Gneissmaterial betreffen, stimmen mit den schwedischen völlig überein. Die Zusammensetzung eines schwedischen Tones scheint nicht so viel auf dem Ursprung des Tonmaterials zu beruhen wie auf dessen Korngrösse. Die feinkörnigen, kieselsäureärmeren Tone haben immer einen grossen Aluminiumüberschuss. Die Tonanalysen scheinen die oben vorgelegte Auffassung betreffs der Verwitterung der feinsten Bestandteile zu bestätigen. Eine erhebliche Verwitterung in den tieferen Schichten der Tone nach deren Bildung ist unmöglich, weil da ein sehr erheblicher Gehalt an löslichen Salzen in den Tonen entstanden sein müsste.

Es geht daraus hervor: In Nordschweden haben alle gröberen Ablagerungen eine sehr gleichförmige granitische Zusammensetzung, die sehr wenig von ihrer Korngrösse beeinflusst ist. Unter einer Grenze (der mittleren Korngrösse), die zwischen leichtem Lehm und Ton liegt, haben die Sedimente eine mehr oder weniger ausgeprägte Tonzusammensetzung, die mit der mittleren Korngrösse sehr eng verbunden zu sein scheint.

KAP. III. Mechanische und physikalische Prozesse, die auf die Ausbildung des Podsolprofiles einwirken.

A. *Mechanische Verwitterung und Durchschlämmen.*

Die mechanische Verwitterung und das Durchschlämmen in nordschwedischen Podsolböden sind von HESSELMAN (1910 a) untersucht. Aus seinen Arbeiten kann man schliessen, dass die mechanische Verwitterung im Boden sehr merklich ist. In Sandböden spielt der aus Verwitterung stammende Gehalt an feinen Korngrössen möglicherweise eine Rolle für die Wasserversorgung des Waldes. In Moränenböden sowie Lehmböden, welche letztere von mir untersucht worden sind, (kap. 11: A, Tab. 21 d, 22 c, S. 264, 266), haben die erwähnten Prozesse wenig Bedeutung.

B. *Bewegungen im Boden.*

1. *Durch Einwirkung von Tieren und Pflanzen entstehende Bewegungen.* Regenwürmer kommen in den Waldpodsolböden Nordschwedens überhaupt nicht vor. Es gibt auch keine andere niedere Tiere, die auf die Profilbildung einwirken können. Höhere Tiere können wahrscheinlich in seltenen Fällen Deformationen im Profil hervorrufen, z. B. die Renntiere durch Kratzen, aber dies hat keine merkliche Bedeutung. Die höheren Pflanzen verursachen durch das Hervordringen ihrer Wurzeln Unregelmässigkeiten in den Profilen (vgl. RAMANN, 1886). Diese Bewegungen dürfen eine der Ursachen ausmachen, die das sehr oft vorkommende Wechseln der Mächtigkeit der Bleicherde und Orterde bewirken. Vgl. Taf. 1 a. Zuweilen kommt es vor, dass ein Baum durch den Wind heruntergerissen wird, und dabei der Boden in der Umgebung des Baums von mitgerissener Erde bedeckt wird. Besonders auf leichtem Lehmboden, wo die Bäume nicht so fest stehen, findet man kleine Erhebungen auf dem Boden. Das Profil in diesen zeigt einen begrabenen Waldpodsol: Oben Rohhumus, Bleicherde und etwas Orterde, dann von neuem Bleicherde,

Orterde und Untergrund. Die alte Bleicherde bewahrt dabei völlig ihren ursprünglichen Charakter, wenn sie auch auf das Niveau der Orterde im neugebildeten Bodenprofile verlegt wird.

2. *Durch rein physikalische Faktoren entstehende Bewegungen.* Durch Erdfließen werden die Bodenprofile ganz verwischt. Das kommt besonders in den Hochgebirgen über der Waldgrenze vor. Durch Auffrieren und Erdfließen entstehen oft in den Kiefernheiden in Norrbotten und dem nördlichen Lappland Deformationen in den Podsolprofilen. Es kommen Flecken auf dem Boden vor, wo der Sand oder die Moräne entblösst ist, und wo die Wurzeln der Heide aufgefroren sind. Die Flecken haben im allgemeinen in einem Teil verwischten Podsol, im übrigen begrabenen Podsol. Die Flecken scheinen sich nur gewisse Jahre, wenn die Verhältnisse für sie günstig sind, zu bewegen. In Kiefernheiden auf leichtem Lehm kommt es vor, dass die Podsolierung von grossen Flächen fast ganz verwischt ist und dass die Heide und andere Pflanzen aufgefroren sind (vgl. Fig. 4, S. 97). Hier spielt das Auffrieren eine wirkliche Rolle für die Ausbildung des Profils. In den moosreichen Waldtypen, die eine üppigere Bodenvegetation und eine dickere Humusdecke haben, ist die Einwirkung des Auffrierens auf die Bodenbildung unmerkbar.

Überhaupt spielen mechanische und physikalische Prozesse im grossen und ganzen keine grössere Rolle in der Ausbildung des nordschwedischen Waldpodsols.

KAP. IV. Der Chemismus der Podsolierung.

A. *Verwitterung der Karbonate.*

Nach den Untersuchungen von HESSELMAN (1917 a) und TAMM (1914, 1917 b) werden die Karbonate, besonders Kalziumkarbonat, welche als primäre Bestandteile in nordschwedischen Böden vorkommen, von den Niederschlägen ziemlich schnell ausgelaugt. Es bildet sich im Bodenprofile eine Grenze aus, die Kalkgrenze. Erst unter dieser Grenze ist es möglich, CaCO_3 durch HCl oder Analysen nachzuweisen. Diese Grenze befindet sich in einem steten Sinken bis zu dem Grundwasserniveau. Auf einer 1796 gebildeten Erosionsterrasse in Ragunda war die Grenze in einem vom Anfang an 0,5 % CaCO_3 enthaltenden Sand im Laufe eines Jahrhunderts etwa 50 cm in einem moosreichen Mischwald und 25 cm in einer Kiefernheide gesunken. Die Kalkauslaugung hat nur in den wenigen Gegenden, wo CaCO_3 im Boden vorkommt, eine grössere Bedeutung.

B. *Silikatverwitterung.*

1. *Die Rolle des Humus.* Die Bedeutung der Rohhumusdecke hängt eng mit der Vegetation zusammen und wird näher in Kap. 5 besprochen. — Die Bleicherde enthält etwas Humus, der jedoch hauptsächlich aus Wurzelfragmenten u. dgl. besteht. Etwas wasserlöslicher Humus kommt jedoch auch vor, wie aus Tab. 9 f, S. 248 und 21 f S. 265 hervorgeht. In den da analysierten Proben abgeschlämmter Tone hat sich wasserlöslicher Humus aus ein paar hundert gr Boden angereichert. In der Orterde ist immer Humus angereichert (s. weiter unten). Im Untergrund sinkt der Humusgehalt bald auf 0,2—0,5 % herab.

2. *Bleicherdebildung.* Aus dem Charakter der Bleicherdeanalysen sowie aus mikroskopischen und makroskopischen Beobachtungen kann man schliessen, dass die Bleicherde frei von Verwitterungsprodukten ist. Der Gehalt an Wasser ist immer kleiner in der Bleicherde als im Untergrund. Auch kann die Bleicherde keine ausgeflockte Kieselsäure enthalten (vgl. Tab. 5, S. 117, die zeigt, dass die Verwitterungskruste der Feldspate nicht kieselsäurereicher als das Muttermineral ist). Auch deuten Untersuchungen von MÜNST (1910) und FROSTERUS (1914) dasselbe an. Die Bleicherde besteht also aus denselben Mineralien wie der Untergrund und unterscheidet sich davon nur darin, dass mehrere Mineralien durch die Verwitterung aufgelöst und dann entführt worden sind. Darum ist der Gehalt der Bleicherden an verschiedenen Mineralien auf dieselbe Weise wie derjenige des Untergrunds berechnet worden. Man kann annehmen, dass der Quarz bei der Verwitterung unberührt bleibt. Unter dieser Voraussetzung kann man berechnen, wie viel von allen übrigen Bestandteilen der Bleicherde ausgelaugt ist. Der Gang der Berechnung wird durch Tab. 2, S. 107, gezeigt. Die Unsicherheit der Quarzwerte spielt in der Berechnung keine grosse Rolle. Zur Kontrolle ist auch eine Berechnung auf analoge Weise gemacht unter der Voraussetzung, dass die Kieselsäure bei der Bleicherdebildung konstant geblieben ist. Diese Voraussetzung trifft offenbar nicht zu, und darum werden die erhaltenen Zahlen sehr viel zu klein. Diese bestätigen indessen, dass die vorher berechneten Werte, die möglicherweise etwas zu gross geworden sind, sehr nahe richtig sein müssen. (Dies gilt jedoch nicht für die Kieselsäure.) Die bei der Bleicherdebildung ausgelaugten Mengen verschiedener Stoffe dividiert durch die ursprünglich vorhandenen Mengen derselben Stoffe werden *Verwitterungsgrade* genannt. Das Resultat der Berechnungen ist bei den untersuchten Probeflächen in Kap. 11: A angegeben. Die verschiedenen Resultate stimmen sehr gut überein; man kann daraus schliessen, dass die Verwitterung ziemlich gleichförmig arbeitet. Darum ist ein Mittel aus sieben petrographisch gleichwertigen Bleicherden ausgerechnet und in Tab. 3, S. 109, angegeben. Die mittleren Fehler der Mittelwerte sind ausgerechnet. Tab. 3 gibt den besten Ausdruck für den durchschnittlichen Verlauf der Bleicherdebildung in Nordschweden.

Die Tabellen (S. Kap. 11) 9 f, Probefläche 1, und 21 f, Probefläche 13, zeigen die Zusammensetzung der feinsten Bestandteile der Bleicherden. Der grosse Gehalt an Aluminium hat offenbar dieselben Ursachen wie derjenige des Untergrundes (s. Kap. 2: A 2). Magnesium und Eisen zeigen unleugbar die Einwirkung der Humusverwitterung. Durch Tab. 9 d, Probefläche 1, und Tab. 14 c, Probefläche 6, wird gezeigt, dass die Verwitterung in den oberen Teilen der Bleicherde viel mehr als in den unteren Teilen vorgeschritten ist. Die Bleicherde ist die eigentliche Verwitterungszone des Bodens.

3. *Orterdebildung.* Die Analysen zeigen, dass die Orterde eine fast unverwitterte Schicht ist, wo einige Bestandteile angereichert sind. Dasselbe geht aus mikroskopischen und makroskopischen Beobachtungen hervor. Die Anreicherung des Eisens wird durch die Prozente für limonitisches Eisen gemessen, die des Aluminiums durch die Differenzen des Aluminiumüberschusses der Orterde und desjenigen des Untergrundes. Die Anreicherung an Humus und Wasser wird ermittelt durch Subtraktion ihrer Gehalte im Untergrund von dem in der Orterden. Die Anreicherung der Kieselsäure kann unter der Voraussetzung, dass Kali, Natron und silikatischer Kalk bei der Orterdebildung konstant geworden

sind, berechnet werden. Diese Voraussetzung ist nicht sicher, aber höchst wahrscheinlich. Für alle die erwähnten Stoffe sind Mittelwerte aus mehreren Profilen ausgerechnet. Für die Kieselsäure sind sieben Profile (Probeflächen 1, 3, 7, 8, 12, 13, Kap. 11: A) angewandt. Daraus wird berechnet, dass im Mittel $1,89 \pm 0,60$ % Kieselsäure in der Orterde angereichert ist. Der durchschnittliche Verlauf der Orterdebildung wird durch Tab. 4, S. 113 gezeigt. Da wird von einem beliebigen Untergrund ausgegangen. Die Tabelle zeigt, dass für Kalk, Kali, Natron und Magnesium kleine Differenzen zwischen ihrem Gehalt in dem Untergrund und in der Orterde sehr gut durch die Anreicherung anderer Stoffe erklärt werden können. Sie deuten also gar keine Verwitterung an. Als Hauptcharakter der Orterde mag hervorgehoben werden: In der Orterde werden nach der Grössenordnung ungefähr gleiche Mengen von Humus, Kieselsäure, Aluminium und Eisen, oder eben die Stoffe, die als Kolloide im Boden transportiert werden, ausgeflockt.

4. *Das Verhalten verschiedener Stoffe bei der Podsolierung. Vgl. Tab. 3 und 4.*

a. *Kieselsäure.* Die Kieselsäure wird in der Bleicherde in ziemlich grosser Menge gelöst. Ein Teil davon wird in der Orterde wieder ausgeflockt, während noch ein Teil derselben, nach den Flusswasseranalysen des Wassers des Byskeälvs (HOFMAN-BANG 1905), durch die Flüsse ins Meer gelangt. Die Kieselsäure scheint betreffs ihres Vermögens zum Wandern eine Zwischenstellung einzunehmen zwischen den positive Kolloide bildenden Stoffen Aluminium und Eisen einerseits und den iondisperse Lösungen bildenden Stoffen Kalzium, Magnesium, Kalium und Natrium andererseits. Wahrscheinlich hängt das mit den Eigenschaften der Kieselsäure, negative Kolloide zu bilden, zusammen.

b. *Titan.* Titan wird in den feinsten Bestandteilen der Bleicherde sehr angereichert. (Vielleicht Rutilnadeln). Andere Titanminerale werden in der Bleicherde aufgelöst, aber sehr langsam.

c. *Aluminium.* Der Aluminiumüberschuss (s. die Tabellen, Kap. 11: A) ist immer kleiner in der Bleicherde als im Untergrund, auch in Fällen wo das Durchschlämmen ausgeschlossen ist. Dasselbe gilt für den Aluminiumgehalt im Verhältnis zu dem Gehalt an Kali, Natron und Kalk in Analysen von NYHOLM (1902, 1903), AARNIO (1918), RAMANN (1885), HELBIG (1903, 1909 a), ALBERT (1910). Hieraus kann man schliessen, dass die Rohhumusverwitterung in der Bleicherde gar kein Kaolinisierungsprozess ist. Dasselbe Resultat geht aus Tab. 5, S. 117, hervor, die zeigt, dass eine pulverartige Verwitterungskruste auf Feldspat unveränderte Feldspatzusammensetzung hat (TAMM 1915). Die Verwitterung löst die Feldspate wie die übrigen Mineralien ganz auf.

Wahrscheinlich wird alles in Lösung gebrachte Aluminium in der Orterde wieder ausgeflockt (AARNIO 1915). In dem Wasser des Byskeälvs gibt es sehr wenig Aluminium.

d. *Eisen.* Von den vielen Eisenmineralien des Bodens scheint Limonit das leichtlöslichste zu sein. Dieses Mineral bedingt die gelbliche Farbe der gewöhnlichen Sande, Moränen u. s. w. Die grauweisse Farbe der Bleicherde ist teils durch die Abwesenheit des Limonites, teils durch die weissen (aber nicht kaolinisierten) Verwitterungskrusten der Feldspate bedingt. Die gewöhnlichen dunklen Mineralien wie Biotit und Hornblende sind ziemlich leicht löslich (Tab. 3). Der Biotit scheint völlig aufgelöst zu werden. Die Hornblende wird auch aufgelöst, aber es scheint, als ob deren Gehalt an Eisen

etwas schneller als das ganze Mineral aufgelöst wird. Die Körner werden an der Oberfläche etwas ausgebleicht.

Ein grosser Teil des Eisens befindet sich in den ursprünglichen Mineralien als Ferro-Eisen. Da es sehr unwahrscheinlich ist, dass dieses quantitativ im Boden oxydiert wird, muss man annehmen, dass das Eisen zum Teil als Ferro-ionen, zum Teil als kolloidale Ferriverbindungen wandert. Eben in diesen Tatsachen liegt nach der Meinung des Verf. die Erklärung des grossen Vermögens des Eisens, im Gegensatz zum Aluminium, im Boden zu wandern und Ausflockung allerlei Substanzen an verschiedenen Lokalen zu verursachen. Im Wasser des Byskeälv gibt es sehr wenig Eisen. Das kommt offenbar daher, dass das Eisen teils in der Orterde, teils im Untergrund (in kleinen Mengen) und teils in den Seen und Gewässern als Sumpferz ausgefällt wird. Bei diesen Prozessen werden offenbar einerseits die Eisensolen ausgeflockt, andererseits die echten Lösungen von Ferroverbindungen oxydiert, und dann das Eisen ausgeflockt.

e. *Mangan*. In der Bleicherde kann eine Auslaugung des Mangans beobachtet werden (Probefläche 13, Tab. 21 a, S. 263).

f. *Phosphorsäure*. Das gewöhnliche Phosphormineral im Boden, Apatit, ist offenbar das leichtlöslichste von allen (ausser Karbonatmineralien). Die Phosphorsäure wird offenbar teils in der Orterde, teils in Sumpferzen und dgl. ausgefällt. Im Flusswasser gibt es sehr wenig Phosphorsäure. Vielleicht wird eine kleinere Menge des leichtlöslichen Apatites in der Orterde gelöst.

g. *Magnesium*. Magnesium zeigt dieselbe Auflösungsgeschwindigkeit in der Bleicherde wie Eisen. Dagegen kann man nicht mit Sicherheit irgend eine Absorption davon in der Orterde feststellen.

h. *Kalzium*. Das im Apatit gebundene Kalzium ist offenbar sehr leichtlöslich. Das in den Feldspat gebundene ist dagegen schwerlöslich. Dies Resultat gilt jedoch nicht für die basischen Plagioklase. Im Flusswasser gibt es ziemlich viel Kalzium, und da kein Absatz in der Orterde nachgewiesen werden kann, dürfte die ganze, bei der Verwitterung in Lösung gebrachte Menge, ins Meer gelangen.

i. *Natrium*. Natrium zeigt noch geringere Löslichkeit als Kalzium. Es wird nicht merklich in der Orterde absorbiert, sondern durch die Flüsse ins Meer geführt.

j. *Kalium*. Kalium verhält sich ungefähr wie Natrium, scheint aber noch schwerlöslicher zu sein. Das in geringer Menge im Biotit vorkommende Kali ist wahrscheinlich leichtlöslicher. Interessant ist der grosse Verwitterungsgrad des Kaliums in Probefläche 5, Tab. 13 c, S. 253, wo die Verwitterung den schwerlöslichen Kalifeldspat angreifen muss, da es hier kaum einige leichtlöslichere Mineralien gibt. Irgend eine Absorption in der Orterde kann nicht festgestellt werden.

k. *Schwefelsäure*. Ein sehr niedriger Gehalt an Schwefelsäure kommt in nordschwedischen Podsolen vor. (Probefl. 1, Tab. 9 a, 6, 14 b, 13, 21 a).

l. *Lösliche Elektrolyte*. Die Bestimmung der elektrischen Leitfähigkeit bei 15° C. verschiedener Wasser in Quellen, Bodeneinschlägen u. s. w. in einem typischen Fichtenwald auf stark podsoliertem Boden in Kulbäcksliden Västerbotten, ergab Werte zwischen $1,78 \cdot 10^{-5}$ und $2,87 \cdot 10^{-5}$. Das Wasser des benachbarten Umeälv hatte gleichzeitig die Leitfähigkeit $2,90 \cdot 10^{-5}$. Dies entspricht nach den Analysen des hydrographischen Bureaus Schwedens ungefähr 0,02 gr. löslichen Stoffen pro Liter.

5. *Rückblick auf die chemischen Prozesse.* Die Bleicherdebildung besteht in einer Auflösung der meisten Bodenmineralien. Apatit wird am stärksten angegriffen, dann die Eisen-Magnesiumminerale, dann die Feldspate. Der Quarz scheint unlöslich zu sein. Dieser Verwitterungstypus weicht also sehr viel ab von der in Kap. 2 beschriebenen Verwitterung der kleinsten Korngrößen in Berührung mit Wasser. Jener scheint mit der Kaolinisierung identisch zu sein, dagegen ist die Humusverwitterung eine Auflösung, durch kräftigere Agentien verursacht. Vielleicht kann auch die Humusverwitterung die Entstehung von Kaolin veranlassen, aber nicht in der Bleicherde sondern in der Orterde, wo kolloidale Mengen von Kieselsäure und Aluminium zusammen ausgeflockt sind und möglicherweise während langer Zeiten sich zu Kaolin stabilisieren können. Die Humusverwitterung kann ziemlich grosse Mineral Körner völlig auflösen.

Eine Bleicherde ist chemisch so verändert, dass sie immer leicht entdeckt werden kann. Auch wenn eine Bleicherde sekundär durch Limonit pigmentiert ist (Probefläche 1, S. 247), bleibt ihr Charakter als Bleicherde leicht sichtbar. Die Bleicherde zeigt auch immer eine sehr grosse Stabilität in den zahlreichen begrabenen Podsolon. Ihr fehlt jedes Vermögen, durchdrängende Kolloide zu absorbieren. Die Orterde dagegen absorbiert solche stark. Wahrscheinlich gibt es in der Orterde ein Wechsel von Auflösung und Ausflockung der Kolloide während verschiedener Jahreszeiten, Niederschlagsperioden u. s. w.

Als Podsolierungsgrad wird am besten zum praktischen Gebrauch die Mächtigkeit der Bleicherde angegeben.

6. *Die Rolle der Mutterablagerung.* Die Probeflächen n:r 4 und 5 (S. 251, 252) gestatten die Einwirkung auf die Podsolierung petrographisch sehr verschiedener Mutterablagerungen zu untersuchen. Die Einwirkung ist auffallend klein. Nur wenn eine Mutterablagerung, die z. B. tonig oder besonders nährstoffreich ist, eine kräuterreiche Vegetation hervorruft, verlaufen die bodenbildenden Prozesse ganz anders und der Humus wird ein Mull.

Es ist auch sehr auffallend, wie wenig die durchschnittliche Korngrösse einer Ablagerung im Korngrösse-Gebiet Moräne — Sand — leichter Lehm auf die Prozesse einwirkt. (Kap. 11). In sehr feinkörnigen Moränen und in Lehmen wird die Orterde dünn aber ausgeprägt. Die Podsolierung ist also ein ziemlich gleichmässig verlaufender Prozess.

7. *Die Bedeutung der Topographie.* Es ist sehr leicht, in Schweden wie in vielen anderen Ländern (nach verschiedenen Forschern) den engen Zusammenhang zwischen der Topographie und der Podsolierung zu beobachten. In stark bis mässig geneigten Abhängen werden die Profile unregelmässig. In Mulden wird die Podsolierung viel ausgeprägter als auf den Höhen. In sehr stark geneigten Abhängen entsteht oft kein typisches Podsolprofil. Hier strömt sauerstoffreiches Grundwasser (HESSELMAN 1917 a), das einen kräuterreichen Waldtypus hervorruft. Die Topographie wirkt auf zwei Arten auf die Bodenbildung ein. Direkt durch den Einfluss des Wasserabflusses, indirekt durch Einwirkung auf die Vegetation und dadurch auf die Humusbildung. Bei einem wenn auch kleinen Gehalt an CaCO_3 in den tieferen Bodenschichten wird diese indirekte Einwirkung besonders gross und verhindert völlig die Entstehung des gewöhnlichen Waldpodsols.

KAP. V. Die Geschwindigkeit der Podsolierung und ihre Entwicklung in verschiedenen Pflanzengesellschaften.

Die Geschwindigkeit der Podsolierung ist auf vielen geologisch ganz jungen Böden studiert worden. Solche Böden gibt es überall an den Küsten Norrlands. Auch auf dem vorherigen Seeboden des im J. 1796 entleerten Ragundasees und einigen anderen Lokalen sind solche Böden angetroffen. Die Landhebung in m pro Jahrtausend bei der Küste Ångermanlands ist durch Fig. 5, S. 135 illustriert (nach A. G. HÖGBOM, 1919). Aus der Kurve kann man annähernd das Alter verschiedener Böden aus ihren Niveaus h/M berechnen; 1 m entspricht an der jetzigen Küste etwa 100 Jahren. — Vier sehr junge Böden sind in Kap. 11: A (Probeflächen 9, 10, 11, 14) beschrieben und chemisch untersucht. Der erste Wald auf den Erosionsterrassen in Ragunda ist meist eine Kiefernheide. Auch kommen moosreiche Wälder vor (Fig. 8, S. 141, Fig. 6 und 7, S. 138, 139). An der Küste geschieht im allgemeinen die erste Kolonisation durch Erlen *Alnus incana* Fig. 9, S. 143. Sobald der Boden nicht mehr von Wasser durchtränkt ist, siedeln sich die Fichte und die Kiefer an. Die Untersuchung der jungen Böden gestattet folgende Schlüsse: Die Bleicherde wird beim Anfang der Podsolierung als eine sehr dünne Schicht, 0,5—1 cm, angelegt. Die Mächtigkeit wächst ziemlich schnell. Die junge Bleicherde ist sehr schwach grauweiss gefärbt, bei zunehmendem Alter wird die Ausbleichung intensiver und die Schicht dadurch deutlicher. Im allgemeinen ist die sehr junge Bleicherde nicht so scharf von der Humusdecke sowie von dem Untergrund abgegrenzt. (Vgl. Tafel 2.) Die etwa hundertjährige Bleicherde ist im allgemeinen 1 bis 2 cm dick und zeigt oft Wechsel in der Mächtigkeit, auch in gleichförmigem Sand. Die chemischen Analysen zeigen, dass die junge Bleicherde chemisch kaum merklich verändert ist. Es hat also hauptsächlich eine Veränderung der Farbe stattgefunden durch Auslaugung von Limonit.

Die Orterde wird vom Anfang an in einer grösseren Dicke angelegt. Gewöhnlich ist die junge Orterde 5 bis 10 cm dick, wo man sie wahrnehmen kann. Sehr oft kann man Podsolierung in einem Profil sehen, aber in einem benachbarten Profil nicht. Oft sieht man schwache, horizontale, limonitgefärbte Streifen in dem Niveau, wo die Orterde sich bilden wird, zuweilen ohne dass man eine deutliche Bleicherde merken kann. Es kommt auch vor, dass die Bleicherde ziemlich deutlich ist, aber keine Orterde wahrgenommen werden kann.

Die Untersuchungen der jungen Böden deuten an, dass die Podsolierung sich viel langsamer in Flechtenheiden mit dünnem Rohhumus als in den rohhumusreicheren moosreichen Wäldern entwickelt. Die Waldtypen sind indessen wegen ihres Kolonisationscharakters auf den jungen Böden nicht ganz typisch. Das Klima scheint die Podsolierung zu beeinflussen, denn sie ist etwas intensiver an der Küsten Norrbottens und Västerbottens als Medelpads.

A. Die Waldtypen und ihr Vermögen, Rohhumus zu bilden.

Unsere Wälder sind von NILSSON (1895) in kräuterreiche, moosreiche und flechtenreiche eingeteilt. CAJANDER (1913) hat die folgenden Typen aufgestellt: Der *Oxalis-Majanthemum*-Typus, der *Myrtillus*-Typus, der *Vaccinium*-Typus und

der *Calluna*-Typus. Der letztere entspricht den flechtenreichen Kiefernheiden. Unter diesen ist von ANDERSSON und HESSELMAN (1908) ein sehr *Calluna*-reicher Subtypus unterschieden worden, der in Dalarna vorkommt. Von SAMUELSSON und SYLVÉN sind endlich *Myrtillus*-reiche Kiefernheiden in Dalarna resp. Lappland beschrieben worden.

Im *Oxalis-Majanthemum*-Typus ist der Rohhumus nicht ausgeprägt, sondern geht oft unten in eine mullartige Schicht über. In Norrland kommen oft Übergänge zwischen dem *Oxalis*-Typus und dem *Myrtillus*-Typus vor, wo der Rohhumus bei zunehmender Häufigkeit der Heidelbeere ausgeprägter wird. Der ausgeprägteste Rohhumus entsteht zweifellos im *Myrtillus*-Typus (HESSELMAN, 1911). Der Rohhumus ist hier im allgemeinen 5—12 cm mächtig. Der *Myrtillus*-Typus ist der gewöhnlichste in den Fichtenwäldern Norrlands (Fig. 1, S. 57). In den südlicheren Teilen der nordschwedischen Nadelwaldregion treten die Zwergsträucher im *Myrtillus*-Typus oft etwas zurück. Er geht hier sehr oft in den *Oxalis*-Typus hinüber. Der Rohhumus ist 4—10 cm, hat aber in forstlicher Beziehung gute Eigenschaften, obgleich er eine kräftige Podsolierung veranlassen kann.

Der *Vaccinium*-Typus (Fig. 10, S. 156) hat eine etwas dünnere und bedeutend trockenere Humusdecke. In den südlichen Teilen der nordschwedischen Nadelwaldregion können auch in diesem Typus die Zwergsträucher etwas zurücktreten, und es entsteht ein moosreicher, oft mit wenig Flechten eingemischter Wald von deutlich trockenerem Charakter als der *Myrtillus*-Typus.

Unter den Kiefernheiden gibt es solche mit mächtigerem Rohhumus wie der *Calluna*-reiche Subtypus (Fig. 14, S. 178) in Dalarna. Dieser Typus entspricht in vielen Hinsichten dem *Myrtillus*-typus. Er scheint an die an Nährstoffen sehr armen Quarzit-Porphyr-Moränen (Probefläche 5, S. 252) gebunden zu sein. *Myrtillus*-reiche Kiefernheiden in Lappland (Fig. 13, S. 176) haben eine Rohhumusdecke von mittlerer Mächtigkeit (3—8 cm) und Feuchtigkeit. Die gewöhnlichen, flechtenreichen Kiefernheiden endlich haben eine sehr trockene und dünne (gewöhnlich 1—2 cm) Rohhumusdecke. (Fig. 15, S. 183, 17, S. 187, 11, S. 165).

Das sehr verschiedene Vermögen der Waldtypen, Rohhumus zu bilden, lässt die Vermutung zu, dass sie sehr verschieden podsolieren müssen.

B. Die Entwicklung des Bodenprofils in verschiedenen Waldtypen.

Eine genaue Untersuchung von Böden in verschiedenen Waldtypen auf verschiedenen Niveaus ü/M an den Küsten von Medelpad, Västerbotten und Norrbotten ist ausgeführt worden. Im allgemeinen sind nur ebene Sandterrassen an den Flussmündungen und ähnliche Lokalitäten mit einander verglichen worden. Der Untergrund ist hier immer ein chemisch sehr gleichförmiger Sand (vgl. Probefläche 12, S. 261). Mit Hilfe der Kurve, Fig. 5 (S. 135) ist das Alter der Probeflächen approximativ berechnet. Es zeigt sich, dass schon bei einer Höhe von 3—4 m ü/M, etwa 300 Jahren entsprechend, ein Wald von einem bestimmten Waldtypus entstanden ist. Wenn der Sand fein und etwas lehmig ist, entsteht *Myrtillus*- und zuweilen *Oxalis*-Typus, auf größerem Sand *Vaccinium*-Typus oder (besonders in Norrbotten) *Calluna*-Typus. (Vgl. CAJANDER, 1913, S. 142—143).

Es zeigte sich, dass die Podsolierung viel ausgeprägter im *Myrtillus*-Typus

als in den übrigen ist (vgl. Probefläche 12). Die Bleicherde und die Orterde werden hier sehr bald scharf abgegrenzt und sind älteren Bleicherden und Orterden sehr ähnlich. Die Analysen (Probefläche 12) zeigen, dass die chemischen Prozesse ziemlich weit fortgeschritten sind. Erst wenn man etwa 15 m ü/M kommt, kann man jedoch im *Myrtillus*-Typus Flächen treffen, wo das Profil nicht merklich von den viel älteren Böden derselben Gegend abweicht. Hieraus kann man schliessen, dass eine (dem Aussehen nach) normale Bleicherde und Orterde mindestens 1,000 bis 1,500 Jahre für ihre Bildung erfordern. Das Profil im *Oxalis*-Typus nähert sich demjenigen im *Myrtillus*-Typus in dem Masse wie die Heidelbeeren reichlicher werden. Sonst ist die Podsolierung im *Oxalis*-Typus weniger ausgeprägt.

Im *Vaccinium*-Typus geht die Podsolierung viel langsamer als im *Myrtillus*-Typus vor sich. Die Bleicherde ist im allgemeinen grauweiss und nicht so scharf abgegrenzt von den darüber und darunter liegenden Schichten. Die Orterde ist besonders wenig ausgeprägt und kann nicht leicht vom Untergrund abgegrenzt werden. (Vgl. Tafel 1 b und Fig. 10, S. 156.)

In dem flechtenreichen *Calluna*-Typus (Fig. 11, S. 165) geht die Podsolierung noch langsamer vor sich als im *Vaccinium*-Boden. Die Orterde ist hier noch weniger ausgeprägt und kann kaum vom Untergrund, der durch Limonit immer etwas pigmentiert ist, unterschieden werden.

Sehr interessant ist, dass, wo verschiedene Waldtypen auf einer Terrasse auf gleichem Niveau ü/M vorkommen, die Podsolierung in den verschiedenen Typen oft sehr verschieden entwickelt ist. Gewöhnlich stellt es sich bei genauer Untersuchung heraus, dass der Sand nicht gleichförmig ist, sondern in den verschiedenen Böden Variationen in der mittleren Korngrösse zeigt. Die Existenz der Waldtypen hängt offenbar eng mit der wasserhaltenden Kraft der Sande zusammen, der Grad der Podsolierung hängt vom Waldtypus ab. Im allgemeinen wird dadurch eine feinkörnigere Ablagerung stärker podsoliert (gerade im Gegensatz zu den Verhältnissen in Dänemark und auf den Norddeutschen Heiden), weil *Myrtillus*-Assoziationen auf feineren Sanden vorkommen, während die gröberen Sande mit *Vaccinium*- oder *Flechten*-Assoziationen bewachsen sind. Es kommt vor, dass die Bodenvegetation in einem Walde fleckenweise von verschiedenem Typus ist und dass dabei auch der Podsolierungsgrad variiert. Aber es gibt auch gleichförmige Sandterrassen, die einen Wechsel von Assoziationen zeigen, der aber nur durch den in Norrland gewöhnlichen unregelmässigen Blenderbetrieb veranlasst ist. In solchen Fällen gibt es keine Übereinstimmung zwischen der Bodenvegetation und dem Podsolierungsgrad. Es kommen z. B. Flechtenassoziationen 20 m ü/M auf ziemlich stark podsoliertem Boden vor. Je älter ein Boden wird, desto schwieriger ist es natürlich, die Einwirkung der verschiedenen Waldtypen zu beurteilen. Der *Vaccinium*-Typus geht oft sehr leicht in den *Myrtillus*-Typus über. Ein Niveau, wo die Podsolierung einen sog. Normalcharakter annimmt, lässt sich nur für den am stärksten podsolierenden *Myrtillus*-Typus bestimmen. Hier kann man die maximale Podsolierung jeden Niveaus aussuchen. Die Untersuchung des Podsolierungsgrades, besonders in Verbindung mit einer Beurteilung der Korngrösse der Bodenablagerung, gibt indessen ein Mittel, auf jungen, gleichförmigen Böden das Verhältnis eines Waldtypus zum Boden in gewisser Hinsicht zu beurteilen.

C. Die Podsolierung alter Böden. (6,000—7,000 Jahre.)

1. *Moosreiche Wälder.* In den moosreichen Wäldern ist der Podsolierungsgrad im allgemeinen auffallend gleich in derselben Gegend. Die Verschiedenheiten der einzelnen Gegenden scheinen durch das Klima bedingt zu sein (Kap. 7). Nur in trockeneren Böden vom *Vaccinium*-Typus auf z. B. Osgrus ist der Podsolierungsgrad deutlich schwächer im Vergleich zu feuchteren Böden vom *Myrtillus*-Typus auf Moräne. Aus einer Diskussion der Vorgeschichte unserer norrländischen Wälder an Hand der Literatur [Werke von NILSSON 1895, 1897, LUNDSTRÖM 1895, GUNNAR ANDERSSON och SELIM BIRGER (1912), SERNANDER (1892, 1917), SANDEGREN (1915), HALDEN (1917), DE GEER (1912, 1915)] geht hervor, dass in Nordschweden nie ein stärker podsolierender Wald als der moosreiche Fichtenwald vom *Myrtillus*-typus existiert hat. Die weit verbreiteten Fichtenböden in Norrland müssen ihr charakteristisches, sehr ausgeprägtes Bodenprofil eben durch den Fichtenwald bekommen haben. Die starke Podsolierung ist also in gewisser Hinsicht ein Charakter des Fichtenbodens. (Vgl. Fig. 1 und 2, S. 57, 58.) In allen anderen Waldtypen ist es dagegen unsicher, ob der beobachtete Podsolierungsgrad wirklich dem Waldtypus entspricht, der den Boden jetzt bewächst. Er kann auch durch einen früheren Waldtypus hervorgerufen worden sein.

2. *Kiefernheiden.* Kiefernheiden kommen auf Osgrus und Sand in der ganzen nordschwedischen Nadelwaldregion vor. In mehreren Gegenden, besonders in Norrbotten, Lappland und den nördlichen Teilen von Dalarna ist die Kiefernheide auch auf Moränenboden der häufigste Waldtypus.

Der Kiefernheide im nördlichen Norrland ist eine hohe Beständigkeit zugeschrieben. (HOLMERZ und ÖRTENBLAD 1886, SERNANDER 1892.) Jedoch kann zuweilen die Fichte in die Kiefernheiden eindringen, auch auf Böden, wo die Verjüngung der Kiefer schwierig ist. Eine solche Heide zeigt Fig. 12, S. 170. Die Verteilung von Kiefernheiden und mehr oder weniger versumpften Fichtenwäldern im nördlichen Norrland scheint zum grossen Teil durch Waldbrände bedingt zu sein. Dabei sind oft die etwas feuchteren Nordabhänge von Fichtenwäldern, die Plateaus und Südabhänge von Kiefernheiden bewachsen worden. Es galt jetzt zu untersuchen, ob der Podsolierungsgrad des Bodens von irgend einem Wert bei der Beurteilung der Vegetationsentwicklung eines Bodens sei.

Dabei muss zuerst hervorgehoben werden, dass eine alte Bleicherde, wo ein Auffrieren des Bodens nicht vorkommt, völlig resistent ist. (Vgl. Kap. 3: B 1, 4: B 5). Dies wird auch durch die Analysen, Kap. 11, Probefläche 7, bestätigt, die zeigen, dass der obere Teil der Orterde unter der sehr dünnen Bleicherde einer Kiefernheide nicht eine alte Bleicherde sein kann.

Der Podsolierungsgrad in den Kiefernheiden zeigt sehr verschiedene Werte, von einem sehr kleinen (z. B. Probefläche 7, Kap. 11) bis einem mittelstarken (Probefläche 6) und starken (Probefläche 5). Man kann also die Kiefernheiden nach dem Podsolierungsgrad in drei Gruppen einteilen. Übergänge zwischen den Gruppen kommen jedoch vor. Die erste Gruppe hat eine sehr dünne Bleicherde, 1—4 cm, gewöhnlich 1—2 cm. Die Schicht ist sehr gleichförmig ausgebildet aber scheint nicht ganz scharf begrenzt zu sein. Die Orterde ist sehr wenig ausgeprägt und kann kaum von dem etwas limonitgefärbten Untergrund getrennt werden. Ortstein kommt nie vor. Die dünne Bleicherde ist jedoch chemisch stark verändert. (Vgl. die Analysen Probefläche

7.) Dieser Bodentypus kommt gewöhnlich auf trockenem Sand und Osgrus vor. Die Vegetation ist sehr flechtenreich und arm an höheren Pflanzen. Die Fichte kommt kaum vor und dann nur als verkrüppeltes Gebüsch. Sogar die Zwergsträucher treten sehr merklich im Vergleich zu anderen Kiefernheiden zurück. Fig. 15, S. 183 und Fig. 16, S. 185 zeigen einen gewöhnlichen, resp. extremen Typus jener Kiefernheiden. Die Podsolierung ist derjenigen in Kiefernheiden auf sehr jungen Böden ähnlich. Man kann schliessen, dass dieser Bodentypus eben durch die Einwirkung einer flechtenreichen Bodenvegetation entstanden ist und wird darum *Flechtenpodsol* genannt.

Eine sehr schwache Podsolierung von einem ziemlich ähnlichen Typus kommt in gewissen Kiefernheiden auf lehmigem Sand vor. Hier zeigt indessen der Boden mehrere Erscheinungen, die ein Auffrieren andeuten (vgl. Fig. 4, S. 97), und die schwache Podsolierung ist also hier auf ganz andere Weise entstanden.

Die zweite Gruppe der Kiefernheiden hat mittelstarke Podsolierung mit scharf ausgeprägter Bleicherde, deren mittlere Dicke 3—8 cm, im allgemeinen 4—7 cm ist. Die Orterde ist eine ausgeprägte Schicht, möglicherweise etwas lichter gefärbt als im normalen Fichtenwaldboden. Dieser Bodentypus kommt auf etwas feuchteren Lokalitäten vor als die Flechtenpodsolierung. Er ist der gewöhnliche Bodentypus in den Kiefernheiden auf Moränenböden im nördlichen Norrland. Seltener findet man ihn auf Sanden. Probefläche 6 ist ein Beispiel dieses Bodentypus auf Sand. Fig. 17, S. 187 zeigt das gewöhnliche Aussehen einer solcher Kiefernheide auf Moräne. Die Vegetation ist viel artenreicher als auf flechtenpodsoliertem Boden. Vgl. Probefläche 6. Die Fichte kommt fast immer vor und kann, wenn auch nur in sehr langer Zeit, grössere Dimensionen erreichen (Fig. 12, S. 170). Die Bodenvegetation ist reicher an Heide, verschiedenen Zwergsträuchern und Moosen. Sogar *Myrtillus nigra* kommt vereinzelt vor. Auch die *Myrtillus*-reiche Kiefernheide (Fig. 13, S. 176, vgl. die Annotation, s. 177—178) gehört hierher.

Im allgemeinen zeigen die Kiefernheiden des zweiten Typus in derselben Gegend annähernd denselben mittleren Podsolierungsgrad. Wenn man grössere Gegenden mit einander vergleicht, kommt es vor, dass eine, die gegen N etwas geneigt ist, stärker, eine nach S geneigte schwächer podsoliert ist. Die stärker podsolierten Heiden sind gewöhnlich reicher an Fichten, Zwergsträuchern und Moosen als die schwächer podsolierten.

Die dritte Gruppe der Kiefernheiden ist stark podsoliert, ungefähr wie die Fichtenwälder. Die mittlere Dicke der scharf ausgeprägten Bleicherde ist 8—15 cm. Die etwas feuchten, *Calluna*-reichen Heiden im nördlichen Dalarna gehören hierher. Dazu kommen viele Kiefernheiden in Norrland, die zufällig durch heftige Waldbrände aus Fichtenwäldern entstanden sind, und offenbar sich schnell wieder zu Fichtenwäldern entwickeln. Auch wo die Kiefernheiden der ersten und zweiten Gruppe an feuchtere Assoziationen grenzen, pflegt der Boden sehr stark podsoliert zu sein. Die Fichte scheint in diesen Heiden (ausser auf den mineralisch sehr armen Böden im nördlichen Dalarna) ziemlich gut zu gedeihen. Die Bodenvegetation ist sehr reich an *Calluna*; die Flechten treten dagegen im Vergleich zu den anderen Gruppen etwas zurück.

Aus allen diesen Untersuchungen darf man schliessen: Die Podsolierung ist das Resultat einer rothumusbildenden Pflanzenassoziation. Wo der Podsolierungsgrad sehr klein ist, scheinen immer nur flechtenreiche Assoziationen

gewachsen zu sein. Wo der Podsolierungsgrad stark ist, ist es wahrscheinlich, dass vorher ein Fichtenwald da gewachsen war (ausser im nördlichen Dalarna, wo die *Calluna*-reichen Kiefernheiden sehr beständig sind und eine feuchte und dicke Rohhumusschicht bilden). In den mittelstark podsolierten Heiden ist es möglich, dass der Boden mit Fichtenwald bewachsen gewesen ist, aber es ist auch möglich, dass es nur ein Wechseln von mehr und weniger rohumusbildenden Kiefernheiden gewesen ist. Wahrscheinlich sind die Waldbrände für das Wechseln etwas stärker oder schwächer podsolierten Kiefernheiden in analoger Weise wie für das Wechseln von Kiefernheiden und Fichtenwäldern im nördlichen Norrland entscheidend gewesen.

Irgend einen stärkeren Podsolierungsgrad der Moos-Flächen im Vergleich zu den Flechtenflecken in alten Kiefernheiden hat sich nicht nachweisen lassen. Im Laufe langer Zeiten muss die Podsolierung der verschiedenen Flächen ausgeglichen worden sein. (Vgl. Kap. 9.)

3. *Die Einwirkung der Waldbrände auf die Podsolierung.* Ich habe gar keinen direkten Einfluss der Waldbrände nachweisen können. Auf einer durch einen heftigen Waldbrand im Juni 1918 abgebrannten Fläche mit Fichtenwald, war der Gehalt an löslichen Elektrolyten im Boden bei meinem Besuch im August schon ganz normal. (Leitfähigkeitsbestimmungen im Bodenwasser.) Indirekt wirkt ein Waldbrand in Nordschweden etwas abschwächend auf den Podsolierungsprozess ein, weil der Rohhumus entweder verbrannt oder in einen mildereren Humus umgewandelt wird. (Vgl. HESSELMAN 1917 b.)

KAP. VI. Über Ortsteinsbildung.

A. Die Eigenschaften der Ortsteine.

In der nordschwedischen Nadelwaldregion scheinen nur Eisen- und Humusortsteine vorzukommen. Da diese Typen sehr häufig in einander übergehen, ist es nicht zweckmässig, sie streng zu unterscheiden. Die Ortsteine bestehen aus unverwitterten Mineralkörnern, die durch ausgeflockte Kolloide zusammengekittet sind. Das Bindemittel besteht aus Limonit (oder vielleicht Eisenhumat), Humus und wahrscheinlich Aluminiumhydroxyd und Kieselsäure. Der Gehalt an Limonit und Humus scheint für den Gehalt an ausgeflockten Kolloiden charakteristisch zu sein. Da Limonit und Humus ziemlich leicht bestimmt werden können, sind in Kap. 11:G eine Anzahl nordschwedischer Ortsteine auf sie hin analysiert.

Aus den chemischen Untersuchungen mehrerer Ortsteine verschiedener Typen kann man schliessen, dass es gar nicht auf die Menge des Bindemittels ankommt, ob eine Bodenschicht Ortstein wird oder nicht. Die Ortsteine enthalten nämlich im allgemeinen nicht mehr Kolloiden als ganz unverhärtete Orterdschichten. Die humusreichen, limonitarmen Ortsteine entsprechen ebenso kolloidreichen unverhärteten Anreicherungshorizonten in den Humuspodsolon. In Nordschweden sind also die Ortsteinbildung und die Orterdebildung zwei von einander getrennte Phasen eines und desselben Anreicherungsprozesses, die einander ersetzen oder nachfolgen können, und sich zuweilen auch gleichzeitig abspielen. Die wirkliche Ursache der Ortsteinbildung ist dagegen schwierig zu erklären. Vielleicht hängt sie mit der Dispersität der sich ausflockenden Kolloide zusammen.

Die Härte und Struktur der Ortsteine hängt zum Teil mit der Menge und Natur des Bindemittels, teils mit der Natur der Mutterablagerung zusammen. Eine harte Moräne gibt harte Ortsteine, auch mit wenig Bindemittel (z. B. An. 124, Tab. 26 a, S. 269, Fig. 18, S. 203). Die sehr eisenreichen Ortsteine (die eigentlich Glei-Bildungen sind) sind sehr hart, die humusreichen weich. Jene haben oft eine scheibenartige Struktur. Aus Sand gebildete Ortsteine mit wenig Bindemittel sind weich.

B. *Das allgemeine Auftreten des Ortsteins.*

Die Ortsteine treten nur in Osgrus, Sand oder Moräne auf. Wo dünne Lehmschichten unten in einem Sand gelagert sind, können sie jedoch Ortsteinsbildung veranlassen. (An. 111, S. 270.)

Ortsteine können überall im Boden entstehen, wo eine Zufuhr von Wasser stattfindet. Der gewöhnlichste Fall ist als Anreicherungshorizont eines normalen Podsolprofils. Dieser Ortsteinstypus ist im folgenden *autochtone* Ortstein genannt. Wenn dagegen das Wasser, das eine Ortsteinsbildung veranlasst hat, zuerst einen bedeutenden Weg in horizontaler Richtung zurückgelegt hat, wird dieser mit *allochton* bezeichnet. Der allochtone Ortstein kann auf zwei verschiedene Weisen entstehen. Entweder kann das Wasser hauptsächlich auf der Oberfläche des Bodens rinnen und dann den Boden durchdringen. Es entsteht da eine sehr ausgeprägte Podsolierung mit sehr mächtiger Bleicherde (im Mittel oft 50 cm) und darunter ein sehr mächtiger Ortstein. Aber das Wasser kann auch aus tieferen Schichten des Bodens hervordringen und da direkt, durch Ausflockung mitgebrachter Stoffe Ortstein hervorrufen. Es kann da mächtiger, ausgeprägter Ortstein ohne oder mit dünner Bleicherde entstehen. Dieser Ortstein ist eine Glei-Bildung.

Nur der autochtone Ortstein kann regional weit verbreitet auftreten. Nur dieser kann daher für den Wald von grösserer Bedeutung sein. Der allochtone Ortstein kommt lokal, am meisten in der Nähe von Mooren oder versumpften Böden vor. Jener ist im allgemeinen viel ausgeprägter und mächtiger als der autochtone Ortstein. Unter mächtigerem Torf findet man nie Ortstein. Wahrscheinlich wird der Limonit bei Sauerstoffmangel, der nach HESSELMAN (1910 b) hier vorliegt, reduziert und gelöst.

C. *Autochtone Ortstein.*

1. *Der Zusammenhang des Ortsteins mit Waldtypus und Podsolierungsgrad.* Die Ortsteine sind gewöhnlich in den stark podsolierten *Myrtillus*-Fichtenwäldern Nord-Norrlands und den feuchten Kiefernheiden des nördlichen Dalarna. Die Ausbreitung scheint eng mit dem Klima verbunden zu sein (Kap. 7). Die mittelstark podsolierten Kiefernheiden haben seltener Ortstein. Die flechtenpodsolierten Heiden scheinen nie Ortstein zu haben. Auf jungen Böden trifft man äusserst selten Ortstein. Eine ortsteinartige Orterde ist jedoch bei Hörnefors, Västerbotten 2—3 m ü/M angetroffen (90, Tab. 26 a). Die Ortsteinbildung scheint in Nordschweden ein sehr langsamer Prozess zu sein, der mehrere hundert Jahren braucht, um merkbare Resultate hervorzurufen.

2—3. *Ortstein in moosreichen Wäldern.* In den Fichtenwäldern bildet der Ortstein (Eigenschaften, S. 269) fast nie auf grösseren Flächen zusammenhängende Bänke, sondern mehr oder weniger zerstreute Linsen und lokale Bänke. Dadurch finden immer die Bäume Punkte, wo ihre Wurzeln in die

tiefen Schichten des Bodens gelangen können. Es ist auch sehr schwierig, eine deutliche Einwirkung des Ortsteins auf die Durchlässigkeit der Moräne, auf welcher diese Ortsteine im allgemeinen vorkommen, zu konstatieren. Die Fichtenwurzeln gehen immer oberflächlich im Boden. Die Bleicherde ist auch gar nicht von mineralischen Nährstoffen entblösst worden. Die Rolle des Ortsteins als Ursache der Versumpfung scheint nicht bedeutend zu sein. Wo ein Waldboden versumpft, wird immer der Ortstein beim Zunehmen der Mächtigkeit des Torfes und der Feuchtigkeit (eintretender Sauerstoffmangel) erst stark humös und dann völlig aufgelockert. (Vgl. Probefläche 1, S. 246.) Auch die Kiefer scheint gut auf mächtigem, hartem Ortstein gedeihen zu können. (Fig. 18, S. 203.) Die Bedeutung des Ortsteins für die Wälder scheint also nicht gross zu sein. Wo Ortstein in sehr schlechtwüchsigen Fichtenwäldern vorkommt, ist es wahrscheinlich, dass der Zustand des Waldes und das Vorhandensein des Ortsteins auf eine gemeinsame Ursache zurückgeführt werden kann: eine verfilzte und mächtige Rohhumusschicht. Kann nur diese in einen wesentlich besseren Zustand gebracht werden, wird wahrscheinlich der Wald gut wachsen.

4. *Ortstein in Kiefernheiden.* Die stark podsolierten Kiefernheiden des nördlichen Dalarna haben ziemlich oft Ortsteinlinsen von ungefähr denselben Eigenschaften wie die der Fichtenwälder (An. 126, S. 270). Die mittelstark podsolierten Kiefernheiden sind die gewöhnlichsten auf Moränenboden im nördlichen Norrland. Hier kommen oft Klumpen und Linsen von Ortstein, besonders in den immer vorhandenen kleinen Niederungen vor. Diese Ortsteine sind wahrscheinlich ohne Bedeutung für den Wald.

Einen ausgeprägten Ortstein zeigt Taf. 3. Der Ortstein liegt in einer schwachen Neigung in einem sandigen Moränenboden. Die Wurzeln können an gewissen Punkten in die tieferen Bodenschichten gelangen. Die jungen Kiefern wachsen gut auf dem harten Ortstein. Wo mittelstark podsolierte Kiefernheiden auf Sand oder Osgrus im nördlichen Norrland vorkommen, was ein ziemlich seltenes Phänomen ist, scheint Ortstein oft vorhanden zu sein. Hier kommt die bekannte Neigung der Sande zur Ortsteinsbildung zum Ausdruck, während am häufigsten die trockenen Sande in Nord-Norrland von flechtenpodsolierten Kiefernheiden ohne Ortsteinsbildung bewachsen sind.

Der Ortstein ist an der von HESSELMAN (1910 a, 1917 c) in anderen Hinsichten genau studierten Kiefernheide in Fagerheden, Norrbotten, untersucht worden. Der autochtone Ortstein kommt fleckenweise über die ganze Heide verbreitet vor. Zuweilen liegt er nur 10—15 cm tief, gewöhnlich aber etwas tiefer. Die Eigenschaften der Ortsteine siehe Nr 120, 89, 102, S. 270. Der Ortstein bildet grössere oder kleinere Linsen und Bänke, die im allgemeinen in dem unteren Teil der Orterde liegen. Auf der Kiefernheide gibt es mehrere sehr gutwüchsige Gebiete, wo die Bodenvegetation etwas moosreicher ist. Hier gibt es sehr oft harter Ortstein. Der eventuell schädliche Einfluss des Ortsteins wird offenbar völlig durch den nützlichen Einfluss der moosreichen Vegetation und ihrer Humusdecke aufgehoben. Die Kiefern haben auf den Ortsteinböden ein flaches Wurzelsystem (Fig. 19, S. 209). Wo Ortstein nicht vorliegt, hat die Kiefer oft, aber gar nicht immer, (vgl. HESSELMAN 1910 a) eine Pfahlwurzel. Auch wenn die Pfahlwurzel entwickelt ist, pflegen die seitlichen Wurzeln viel kräftiger als die Pfahlwurzel zu sein. Es scheint wenig zu bedeuten, wenn die Pfahlwurzel nicht auswachsen

kann. Für die Verjüngung der Kiefer scheint der Ortstein ohne Bedeutung zu sein. Jene beruht auf dem Zustand der Humusdecke (HESSELMAN 1917 c). Ob der Ortstein einigermassen dazu beiträgt, das Wasser im trockenen Sandboden festzuhalten, ist nicht sicher. Wenn es so ist, muss der Ortstein als nützlich bezeichnet werden. (Vgl. unten.)

D. *Allochterer Ortstein.*

Die Alloctonen Ortsteine kommen Zuweilen vor, wo versumpfte Böden an durchlässige Sande angrenzen. Ihre Eigenschaften treten am besten hervor durch Beschreibung einiger typischer Lokale.

1. *Die Umgebungen des Brånet, Degerfors, Västerbotten.* Die nächsten Umgebungen des schwach gewölbten Waldgebirges Brånet in der Nähe von Degerfors und Rosinedal, Västerbotten, sind teilweise durch drainierte Moore auf Ton eingenommen; die schwach geneigt sind. Sie grenzen an Sande, wo man sehr oft 1—2 m mächtige zusammenhängende Ortsteinsbänke, von 30—50 cm dickem Bleichsande überlagert, trifft. Unter dem mächtigen Torf gibt es keinen Ortstein. Bei Rosinedal ist der Ortsteinsboden von Wald bewachsen. (Vgl. Tafel 4. Die Eigenschaften des Ortsteins An. 87, S. 270.) Der untersuchte Ortsteinsboden bei Rosinedal ist durch tiefe Graben und eine Ravine völlig von jeder Wasserzufuhr vom Berge abgesperrt. Die Sande in den Umgebungen des Ortsteinsbodens sind von sehr trockenen, flechtenpodsoliierten Kiefernheiden bewachsen. Auf dem Ortstein findet sich ein sehr gutwüchsiger, moosreicher Kiefernwald vom *Vaccinium*-Typus mit ziemlich vielen ebenfalls gutwüchsigen Fichten und Birken eingemischt. (Taf. 4). Die Wurzeln müssen aus der Humusdecke und der Bleicherde ihre Nahrung holen. Der gute Zustand des Waldes beruht offenbar auf der günstigen Bodenfeuchtigkeit des Sands, welche auf den undurchlässigen, zusammenhängenden Ortstein zurückgeführt werden kann. Man kann schliessen, dass die Kiefernheide nicht durch Mangel an Nährstoffen sondern Mangel an Feuchtigkeit bedingt ist.

2. *Die Umgebungen von Svanamy, Kirchspiel Råneå, Norrbotten.* Ein Moor liegt auf einer Sandebene (etwas im nördlichsten Schweden nicht Ungewöhnliches). Das Moor wird von flachen Sandrücken durchlaufen, die sich kaum über die Oberfläche des jetzt drainierten Moores heben. In diesen Sandrücken gibt es mächtigen Bleichsand mit zusammenhängenden Ortsteinsbänken von ungefähr denselben Eigenschaften wie in Degerfors. (Fig. 20, S. 214, An. 85, S. 270.) Auf dem Ortsteinsboden finden sich etwas feuchtere Kiefernheiden, während es nördlich vom Moore eine flechtenpodsoliierte Kiefernheide gibt.

3. *Lokalität Ost von Fagerheden, Norrbotten.* Bei der Anlage eines Weges etwa im Jahre 1869 wurden zwei Streifen eines geneigten (1 : 20) Sandbodens, der an ein höher gelegenes Moor grenzt, völlig drainiert. Das Moor ist nachher auch teilweise drainiert worden. Im Sandboden gibt es eine Limonitimpregnation, die offenbar durch das Moor verursacht ist. Diese Impregnation hat in einem Teil des Sandbodens einen steinharten, stark rotgefärbten Ortstein veranlasst, der offenbar eine echte Gleibildung ist. (An. 84, S. 270). Er ist sehr eisenreich (wie der der Analyse 100, der auch eine Gleibildung ist, die an der Basis einer Neigung gefunden wurde). Der Ortstein ist zuweilen von 15—20 cm Bleicherde bedeckt, aber oft ist der Sand über dem Ortstein, obgleich nicht verhärtet, limonitgefärbt bis zur Bodenoberfläche.

Auf dem sehr harten, zusammenhängenden Ortstein, der 30—40 cm tief im Boden liegt, ist ein sehr schöner, gutwüchsiger Kiefernbestand nach der Drainierung des Bodens aufgewachsen.

4. *Die Umgebungen des Kvarntjärn, Fagerheden, Norrbotten.* Die Kiefernheide bei Fagerheden (Probefl. 6, Kap. 11: A) ist schon erwähnt. Auf dem Sandplan kommen einige Teiche vor, von denen der von Torfboden umgebene Kvarntjärn einer ist. Dieser ist offenbar vorher durch einen Grundwasserablauf drainiert worden. (Fig. 21, S. 218.) Dabei hat sich im Sande ein typischer Glei-Ortstein gebildet. Dieser ist hart, 1.5—2 m mächtig und von 10—20 cm Bleicherde und 3—10 cm Orterde überlagert. Nach der Bildung des Ortsteines hat das Wasser des Teiches eine Ravine im Ortsteinsboden ausgeschnitten, wo jetzt prachtvolle Ortsteinsprofile zu sehen sind (Fig. 22). Der Ortstein ist limonitisch, wird aber gegen den Torfboden zu ärmer an Limonit (vgl. An. 114—117, S. 270). Unter dem Torfe gibt es keinen Ortstein.

Während die Umgebungen des Ortsteinsbodens von einer schlecht zu verjüngenden Kiefernheide bewachsen sind, gibt es auf dem Ortsteinsboden ein gutwüchsiger Nadelmischwald, wo die Fichte einen guten Zuwachs zeigt. Dies kann hauptsächlich auf der wasserhaltenden Kraft des Ortsteins im durchlässigen Sand zurückgeführt werden.

5. *Lokalität bei Kulbäcksliden, Västerbotten.* In der mehrmals versumpften Neigung nördlich von dem hoch gelegenen grossen Moore »Degerö Stormyr« ist in den tieferen Schichten einer sandigen Moräne unter der Orterde ein Ortstein entstanden (An. 88, S. 270), der vielleicht auf Grundwassertransport zurückgeführt werden kann.

6. *Schlüsse.* Die allochtonen Ortsteine sind im allgemeinen günstig für den Wald in den trockenen Sandböden, wo sie am häufigsten vorkommen. Irgend eine schädliche Wirkung auf den Wald ist nicht nachgewiesen. Daraus kann man schliessen, dass auch die viel weniger ausgeprägten autochtonen Ortsteine dem Wald nur wenig schaden können. Vgl. Kap. 10.

KAP. VII. Die Podsolierung Nordschwedens und das Klima.

Die Temperaturen und Niederschläge verschiedener Gegenden in Schweden gehen aus Tab. 6 und 7, S. 224 hervor. (Vgl. auch Fig. 3, S. 62.) Die mittlere Lufttemperatur sinkt gegen Norden. Die grössten Niederschläge des untersuchten Gebietes finden sich in den südwestlichen Teilen. In Übereinstimmung hiermit findet man die grössten Podsolierungsgrade im Norden und Südwesten der nordschwedischen Nadelwaldregion. Man muss jedoch nur Böden eines und desselben Waldtypus, eigentlich nur *Myrtillus*-Fichtenwälder, mit einander vergleichen. Dabei findet man, dass die mittlere Mächtigkeit der Bleicherde im mittleren Norrland 5—8 cm ist (Probefläche 3, 13 Kap. 11: A). In Västerbotten ist sie etwa 10 cm (Probefläche 2), in Norrbotten bei Rokliden (Probefläche 1) 11—12 cm. Im nördlichen Lappland auf dem 410 m ü/M gelegenen Plateau bei Stenträsk erreicht sie ungefähr 15 cm. In den südwestlichen Teilen der nordschwedischen Nadelwaldregion, in Värmland z. B., ist die Bleicherde 10—15 cm (mittlere Mächtigkeit). Auch die Ortsteinbildung scheint durch das Klima bedingt zu sein, aber nicht in derselben Weise wie die Bleicherde. Ortstein ist z. B. sehr gewöhnlich auf dem Stenträsk-Plateau, aber nicht so häufig in klimatisch günstigeren Teilen von Norr-

botten und Lappland. In Västerbotten ist er noch seltener, wie auch im mittleren Norrland. In Värmland und Bergslagen ist der Ortstein, obgleich die Podsolierung stark ist, ziemlich selten.

Das Klima hat auch eine grosse indirekte Einwirkung auf den Boden, weil es in gewisser Hinsicht für den Waldtypus entscheidend ist. Im nördlichen Norrland bewirkt das Klima die grosse Ausbreitung der Kiefernheiden, die einen ziemlich schwach podsolierten Boden hervorrufen. In den südlichen Teilen ist das Klima so günstig, dass häufiger Waldtypen entstehen, die gar nicht das gewöhnliche Waldpodsolprofil bilden können.

KAP. VIII. Die Umbildung des Podsolprofils durch Ackerbau.

In Norrland sind sehr oft Böden mit typischem Waldpodsol kultiviert worden. Durch Beobachtungen an solchen Böden können interessante Schlüsse betreffs der allgemeinen Resistenz der Bleicherde und auch der wenig durchgreifenden Bodenbearbeitung im norrländischen Ackerbau gezogen werden. Man findet sehr oft in den Äckern, auch in Fällen wo z. B. Kartoffeln angebaut sind, Klumpen und Streifen von Bleicherde und Orterde, die ihren ursprünglichen Charakter sehr gut beibehalten haben. Die norrländischen Äcker sind meist sehr arm an Regenwürmern; nur dadurch ist es möglich, die erwähnte Erscheinung zu erklären.

KAP. IX. Rückblick auf die Podsolprozesse und Versuch einer Theorie derselben.

Auf jungem Boden bildet sich eine dünne Bleicherde, die im Laufe einiger Jahrhunderte ziemlich schnell mächtiger wird. Gleichzeitig wird die Orterde, die anfangs 5 bis 10 cm dick gewesen ist, immer ausgeprägter. Die jungen Böden zeigen sehr grosse Verschiedenheiten im Podsolierungsgrad. Ältere Böden dagegen sind auffallend gleichförmig, wenn man z. B. die *Myrtillus*-Fichtenwälder einer und derselben Gegend mit einander vergleicht. Dasselbe gilt von den flechtenpodsolierten Kiefernheiden. Ob der Boden z. B. 7,000 oder 3,000 Jahre alt ist, spielt offenbar keine grosse Rolle für die Ausbildung des Profiles.

Um dies zu erklären kann man an die postglaziale Klimaverschlechterung denken. Die Podsolierung ist wahrscheinlich zum sehr grossen Teil nach dem Anfang dieser Verschlechterung und der Einwanderung der Fichte entstanden. Indessen kann diese Erscheinung auch anders erklärt werden, wenn man die folgende Theorie der Podsolierung aufstellt:

Wenn die Bleicherdebildung anfängt, greifen die Verwitterungsagenzien, von denen eine bestimmte Menge in der Rohhumusdecke gebildet wird, alle auflösbaren Mineralien an. Von denen sind einige (Apatit, Eisen-Magnesia-Mineralien) verhältnismässig leichtlöslich (Tab. 3, S. 109), während die Feldspate, die in ungefähr zehnfacher Menge vorkommen (Tab. 1, S. 74), viel schwieriger gelöst werden. Wenn die lösende Flüssigkeit die Bleicherde passiert hat, kann sie keine Mineralien mehr auflösen, was das Vorkommen der leichtlöslichen Stoffen Limonit und Phosphorsäure in der Orterde zeigt.

Solange es in der Bleicherde noch viel der leichtlöslichsten Mineralien gibt, wird die Flüssigkeit schnell gesättigt; die Bleicherde bleibt dünn. Wenn die leichtlöslichsten Mineralien in den oberen Teilen der Bleicherde ausgelaugt

sind, wächst die Mächtigkeit der Bleicherde, aber um so langsamer, je längere Zeit der Prozess fortgeschritten ist. Denn, wenn die leichtlöslichsten Bestandteile ausgelaugt sind, müssen die Verwitterungsagenzien viel schwerlöslichere Mineralien wie Feldspate angreifen. Diese Mineralien kommen aber in sehr grossem Überschuss vor. Die Mächtigkeit der Bleicherde wächst also mit einer immer geringeren Geschwindigkeit, die scheinbar null werden kann.

Die Theorie wird ausser durch die allgemeine Ausbildung des Podsolprofils durch folgendes gestützt. Die Bleicherde zeigt sich immer oben viel stärker verwittert als in ihren unteren Teilen (vgl. Tab. 9 d, S. 248 und 14 c, S. 254). Eben die leichtlöslichsten Bestandteile, wie Eisen, sind viel stärker ausgelaugt in den obersten Schichten als in den unteren. Wenn ein Boden sehr arm an leichtlöslichen Bestandteilen ist, müssen nach der Theorie der schwerlöslichen desto mehr angegriffen werden. Das ist auch tatsächlich die Fall in dem untersuchten Moränenboden (Probefläche 5, Tab. 13 a, S. 252), wo das schwerlösliche Kali einen grossen Verwitterungsgrad zeigt.

Die Orterde wird wahrscheinlich durch Ausflockung verschiedener Kolloide in hauptsächlich Übereinstimmung mit den Experimenten AARNIOS' (1915) gebildet. Die Ursache der Bildung der ersten Orterdestreifen eines jungen Bodens ist wahrscheinlich die, dass die Kolloide in den heruntersickernden Lösungen die Konzentrationen erreicht haben, wo eine Ausflockung anfängt. Vielleicht sind die Kolloide auch in der Bleicherde instabil und werden zuweilen hier ausgeflockt, aber dann wieder aufgelöst. Man muss sich besonders in der Orterde eine Art von Gleichgewicht zwischen Ausflockung und Wiederauflösen der Kolloide vorstellen. Die Auffassung, dass die Orterde durch Verwitterung an Elektrolyten besonders reich wird, trifft offenbar für die nordschwedischen Waldpodsole nicht zu. Vielleicht wirkt eine kolloidreiche Schicht absorbierend auf neue Kolloidmengen (vgl. EHRENBURG, 1918), was wahrscheinlich zu der Weiterbildung von Orterde beiträgt.

Aus den Analysen, Probefläche 12, lassen sich approximativ die im Boden durch Verwitterung freigemachten Stoffe pro Jahr schätzen. Vgl. Tab. 8, S. 234.

KAP. X. *Schlüsse von Bedeutung für die Forstpraxis.*

Der Boden in der nordschwedischen Nadelwaldregion ist meistens verhältnismässig reich an nährstoffhaltigen Mineralien. Der Sand ist nicht ärmer als Moräne. Leider findet sich der Kalk zum grössten Teil als Bestandteil in dem schwierig verwitternden, sauren Plagioklas. Wo der Kalk auch als Karbonat vorkommt, wird er schnell von den Niederschlägen ausgelaugt. Diese Auslaugung hat den Karbonatkalk oft von den Plateaus im zentralen Jämtland, wo silurischer Kalkstein reichlich vorkommt, entführt. Der Prozess ist besonders an den Abhängen von Bedeutung, weil da durch den hohen Gehalt an gelöstem Kalk im Grundwasser sehr produktive, kräuterreiche Fichtenwälder entstehen (HESSELMAN 1917 a).

Die Bleicherdebildung macht den Boden ärmer an mineralischen Nährstoffen. Je dicker die Bleicherde ist, desto ärmer ist der Boden an solchen. Durch Verwitterung werden jedoch in der Bleicherde immer neue Mengen löslicher Stoffe freigemacht. Wahrscheinlich ist der Apatit ein für den Wald sehr wichtiges Mineral. Ausser der Phosphorsäure enthält der Apatit bedeutende Mengen von Kalk in einer viel leichtlöslicheren Form als die Feldspate. Die

Bleicherde ist fast frei von Kolloiden und wird daher arm an absorbierten Nährstoffen. Weil die Bleicherdebildung ein sehr langsamer Prozess ist, der günstigenfalls wenigstens 1,000 Jahre braucht, bis die normale Dicke der Bleicherde erreicht ist, hat das Fortschreiten der Podsolierung keine grosse Bedeutung für den Wald. Das Vorkommen der Bleicherde hat indessen ein grosses symptomatisches Interesse. Eine mächtige, ausgeprägte Bleicherde ist eine Folge einer rohhumusbildenden Vegetation. Eine mittlere Mächtigkeit von 7—8 cm im mittleren Norrland, 10 cm und mehr im nördlichen Norrland und Bergslagen deutet einen Fichtenboden an; der relativ lange Zeit von einem moosreichen Fichtenwald bewachsen gewesen ist.

Der Bleicherdebildung kann wahrscheinlich nur indirekt durch gute Bodenpflege entgegenwirkt werden. Aber sicher können auch Böden mit mächtiger Bleicherde sehr gute Resultate geben. Viele der gutwüchsigsten Wälder des nördlichen Norrlands sind nach Waldbränden aufgewachsen, und ihr Boden zeigt sehr starke Podsolierung. Das kommt offenbar daher, dass ein stark podsolierter Boden gewöhnlich eine relativ dicke Rohhumusschicht hat, die durch einen Waldbrand sehr viel verbessert aber nicht verzehrt wird. (Vgl. HESSELMAN 1917 b). Die starke Podsolierung in den *Myrtillus*-Fichtenwäldern Norrlands ist also, obgleich eigentlich eine Art Bodendegeneration, ein Symptom, das den Boden als geeignet für Verbesserungen anzeigt.

Die flechtenpodsolierten Kiefernheiden im nördlichen Norrland dagegen sind wahrscheinlich immer von Flechtenassoziationen bewachsen gewesen. Da die Natur hier nie eine moosreiche Vegetation hat hervorbringen können, ist es sicher für den Menschen schwierig den Waldtypus in einen moosreichen umzuwandeln. Die Kiefernheide ist offenbar, ausser in Dalarna, nicht durch Nährstoffmangel sondern Wassermangel bedingt, der auf die Mächtigkeit und Durchlässigkeit des Sandbodens zurückgeführt werden muss. Die schwache Podsolierung ist an sich eine günstige Eigenschaft, der aber Wassermangel entgegenwirkt. Auf den mittelstark podsolierten Kiefernheiden können die Fichte und die Moose etc. leichter eindringen. Die Feuchtigkeit ist hier grösser. Die stärkere Podsolierung zeigt, dass hier Moose und Zwergsträucher gewachsen sind. Wo sich eine solche Vegetation findet, bildet sich eine dickere Humusdecke, die durch geeignete Mittel verbessert werden kann. Viele von diesen Kiefernheiden gehen allmählich von selbst, wenn nicht Waldbrände stattfinden, in Fichtenwälder über. Diese Entwicklung muss auf mehrere Weisen unterstützt werden, besonders dadurch, dass die Bestände dicht gehalten werden. Fichten und Birken nützen durch Beschatten des Bodens. Guten Erfolg kann man erhoffen mit den am stärksten podsolierten Kiefernheiden Norrlands, die auf Fichtenboden wachsen oder an Sümpfe oder dgl. grenzen. Die stark podsolierten Kiefernheiden des nördlichen Dalarna dagegen, sind wahrscheinlich sehr beständig; sie scheinen durch die chemischen Eigenschaften der Böden bedingt zu sein.

Der Ortstein ist für den Wald in Nordschweden von verhältnismässig geringer Bedeutung. In den Fichtenwäldern ist er als eine schädliche Erscheinung zu bezeichnen, deren Einfluss jedoch jetzt sehr gering ist. Auf den Kiefernheiden ist der Ortstein, wo er grössere, zusammenhängende Bänke bildet, nützlich, weil er die Feuchtigkeit im Boden erhöht.

Die Bedeutung der Podsolierung für den Wald in ihrem ganzen Umfange zu beurteilen ist schwierig in Anbetracht der vielen Faktoren, die auf den

Wald einwirken. Wenn der Ertrag einmal den Grenzwert erreicht hat, der auf jedem Boden erreicht werden kann, wird vielleicht die Einwirkung der Podsolierung klarer erscheinen. Dieser Zeitpunkt ist sicher noch weit entfernt.

Man findet, dass das Problem der Bodenverbesserung in den Fichtenwäldern hauptsächlich in der Humusschicht, in den Kiefernheiden dagegen in der Humusschicht und der Feuchtigkeit der oberflächlichen Bodenschichten liegt. Die Feuchtigkeit regelt nämlich die Entstehung der Humusdecke; durch geeignete Massregeln kann diese verbessert werden. Die Bedeutung der Humusdecke ist von HESSELMAN (1917 a, b, c) hervorgehoben worden und der Einfluss der gewöhnlichen Bodenverbesserungen zum Teil klargelegt worden.

Die Untersuchung ist geeignet einen grossen Optimismus betreffs der Zukunft des nordschwedischen Waldbaues hervorzurufen. Der Mineralboden ist meistens genügend reich an nährstoffhaltenden Mineralien, und eventuelle Bodendegenerationen haben eigentlich nur die Humusschicht beeinflusst. Die Humusschicht kann indessen ziemlich leicht verbessert werden, wodurch der Ertrag viel erhöht wird.

KAP. XI. *Bodenbeschreibungen und Tabellen.* Vgl. S. 245—270, Tab. Nr 9—26.

Bezeichnungen und Verkürzungen, die in den Tabellen gebraucht sind, sind auf S. 245, 267, 268 erläutert. Im schwedischen Text ist die Bodenvegetation jeder Probefläche durch die lateinischen Namen angegeben. Dabei sind folgende Bezeichnungen der Frequenz der verschiedenen Arten (die den bekannten Hulth'schen entsprechen) zur Anwendung gekommen: Ymn. = deckend, rikl. = reichlich, str. = zerstreut, spr. = spärlich, enst. = vereinzelt, flv = fleckenweise.

1. *Rokliden, Norrbotten.* Das Versuchsfeld der forstl. Versuchsanstalt. Alter, ausgelichteter, trägwüchsiger Fichtenwald. (Beschreibung auch bei HESSELMAN, 1910 c). Ausgeprägter *Myrtillus*-Typus. 250 m ü/M. Der Rohhumus ist etwa 10 cm mächtig. Der sehr ausgeprägte, aschengefärbte Bleichsand ist im Mittel $11,6 \pm 0,53$ cm mächtig (50 Messungen). Der Bleichsand enthält selten im unteren Teil etwas Limonit. Unter dem Bleichsand kommt Ortstein oder in gewissen Fällen Orterde. Der Ortstein bildet nie grosse, zusammenhängende Lager, sondern er geht hie und da in eine ziemlich lockere Orterde über. Wo der Wald in einen versumpften Fichtenwald übergeht, verschwindet immer der Ortstein. Unter dem Ortstein kommt immer eine graue, sehr harte Moräne. Die Moräne ist viel lockerer im versumpften Wald.

2. *Kulbäcksliden, Västerbotten.* Kahlgeschlagene Fläche in Fichtenwald von *Myrtillus*-Typus auf normalem Moränenboden 320 m ü/M. Humus 2 cm, Bleicherde $10,9 \pm 1,4$ cm, sehr ausgeprägte Orterde 10—15 cm. Stark gefärbt, geht unscharf in den Untergrund über bei einer Tiefe von 70 cm.

3. *Häsjö, Jämtland.* Ziemlich gutwüchsiger Fichtenwald mit Kiefern eingemischt, *Myrtillus*-Typus. Normaler Moränenboden. Plateau 320 m ü/M über M. G. Rohhumus 5—6 cm. Bleicherde $7,5 \pm 0,72$ cm. Orterde im Mittel 10 cm. Die Schichten sind ausgeprägt und die Bleicherde scharf abgegrenzt.

4. *Sikås, Jämtland.* Kahlgeschlagene Fläche in Fichtenwald von *Myrtillus*-Typus auf flachem, tonigem Moränenboden. Die Moräne besteht meist aus silurischen Schiefen, Quarziten und etwas Kalk. Der Rohhumus ist etwa 5 cm, die ausgeprägte Bleicherde 5—6 cm, die Orterde etwa 10 cm. In den tieferen Schichten gibt es viel Kalziumkarbonat, in den oberen ist dieses durch Auslaugung weggeführt. (Sich. auch bei HESSELMAN, 1917 a, S. 400).

5. *Ävdalen, Dalarna.* Alte, ausgelichtete, *Calluna*-reiche Kiefernheide.

Flacher Moränenboden. Die Moräne besteht aus 40 % Porphyry, 40 % Quarzitsandstein und 20 % unbestimmbarem Material. Der Rohhumus ist 2—6 cm, die Bleicherde 10—15 cm. Die Orterde ist 10—15 cm mächtig. Die Mutterablagerung ist ziemlich reich an feinem Material und hat einen Stich ins Rote.

6. *Fagerheden, Norrbotten.* Ausgelichtete Kiefernheide mit erschwerter Verjüngung auf mittelgrobem Sand. Rohhumus 1—2 cm, die ausgeprägte Bleicherde 5—6 cm, die stark rostgefärbte Orterde 10—20 cm, Ortstein ist häufig.

7. *Degerfors, Västerbotten.* Typische flechtenreiche Kiefernheide, frei von Fichten auf flachem, aus mittelgrobem Flusssand gebildetem Boden. Die Bodenvegetation ist sehr arm an Moosen. Rohhumus 1—2 cm, der Bleichsand grau, etwas mit Humus vermischt, im Mittel 1.7 ± 0.17 cm mächtig. Die Orterde ist nicht stark gefärbt, geht bei 35 cm Tiefe allmählich in den Untergrund über. — Typische Flechtenpodsolierung.

8. *Ragunda, Jämtland.* Gutgewüchsiger Kiefernwald *Vaccinium*-Typus. Boden aus mittelgrobem Flusssand. Terrasse 159 m ü/M. Rohhumus 5—6 cm, Bleicherde 5 cm sehr ausgeprägt, Orterde 10—15 cm stark rostgefärbt.

9. *Ragunda, Jämtland.* Gutwüchsiger Kiefernwald von *Vaccinium-Calluna*-typus auf mittelgrobem Sand, eine Terrasse, die 1796 gebildet ist. Rohhumus in Moosflächen 2—5 cm, die Bleicherde im Mittel 1.3 ± 0.15 cm, sehr wenig ausgeprägt, oft kaum bemerkbar. Die Orterde ist eine äusserst schwach gefärbte Zone von 10—15 cm. Der Sand enthält CaCO_3 bei 3—4 dm Tiefe.

10. *Malingsbo, Dalarna.* Schöner, gutwüchsiger moosreicher Nadelmischwald, auf einem vor etwa 100 Jahren mit Sand bedeckten, trockenen gelegten Moor. Das Alter bestimmt durch Rechnen der Jahresringe an einigen Strunken. Der Rohhumus ist etwa 4 cm. Die Bleicherde ziemlich unregelmässig, im allgemeinen 2 cm. Die Schicht ist ganz deutlich aber bei weitem nicht so ausgeprägt wie ältere, normale Bleicherde. Die Orterde ist im allgemeinen 5 cm und auch deutlich aber nicht so ausgeprägt wie in älteren Profilen. Unter der Orterde gelber Sand. Auf dem Torfe gibt es einen Streifen von $\frac{1}{2}$ cm Bleicherde, von demselben Aussehen wie die obere Bleicherde. Über der unteren Bleicherde kommt 2—3 cm schwach ausgeprägte Orterde. Es gibt also auch eine Podsolierung von unten nach oben. (Taf. 2).

11. *Hörnefors, Västerbotten.* Gutwüchsiger, etwas ausgelichteter Nadelmischwald von *Myrtillus*-Typus auf flachem Sandboden 1.5—2 m ü/M. Rohhumus zirka 10 cm, Bleicherde 1.6 ± 0.2 cm, deutlich, grau, aber nicht so ausgeprägt wie auf älteren Flächen. Orterde 15—20 cm, ziemlich ausgeprägt. Sie besteht aus mehreren horizontalen Streifen, die, wenn sie dicht gelagert sind, eine zusammenhängende Schicht im feinen Sande ausmachen.

12. *Timrå, Medelpad.* Gutwüchsiger Fichtenwald von *Myrtillus*-Typus auf Flusssand, 6—7 m ü/M. Medelpad. Rohhumus 6—7 cm, die ausgeprägte Bleicherde 2.9 ± 0.13 cm, die Orterde 7—8 cm. Das Alter des Bodens etwa 600 Jahre.

13. *Ragunda, Jämtland.* Alter Waldboden (*Myrtillus*-Typus) auf Lehm. Rohhumus 5—10 cm. Die Bleicherde ist 4.7 ± 0.3 cm, sehr ausgeprägt. Die Orterde 6—7 cm, rostgelb.

14. *Ragunda, Jämtland.* Waldboden, im 1796 gebildet. Ganz neben Nr. 13. Vegetation und Humus wie in Nr. 13. Unter der Humusdecke Lehm ohne irgend welche Spur von Bleicherde und Orterde.