

saa godt det lod sig gjøre ud gennem Isen, og vi var saa heldige at komme rigtig frem. Kl. 9 havde vi opnaaet det sydostligste Punkt, som vi havde seet fra Paulet, nemlig endel samlede Isfjelde i den yderste Kant af den faste Is.

Nu begyndte Kursen først sydlig, senere mere vestlig. Paa grund af Snetykket holdt vi os til den faste Iskant.

Vinden, som før havde været østlig, gik nu om paa SSO med stærk, bidende Kulde. Vi mødte nu mere og mere Is, der tilsidst tvang os til at holde op at ro, og det var på høi Tid at opsøge et Isflag, hvor vi kunde trække vor Baad op, da Vinden øgede hastig. Vi valgte det bedste Isflag, der desværre ikke var stort og laa langt ude i Iskanten.

Det blæste en orkanagtig Storm med 12 Graders Kulde, da vi Kl. 5 Eftermiddag fik vor Baad op paa Isen. Her skulde vi tilbringe Natten og hvile os; men vi fik andet at gjøre, da Isflaget brækkede Stykke for Stykke under vore Fødder og vi arbejdede haardt for at faa Baaden op paa en Isskruning for at være i Sikkerhed indtil Dagen gryede; men heller ikke her blev vi i Ro; thi nu blev Sjøgangen saa stor, at Bølgerne brød langt indover Isen, og vi maatte trække Baaden endnu længere indover.

Vi arbejdede os nu under mange Vanskeligheder frem til Depotpladsen ved Haabets Vik, hvor vi ankom den 4 November Kl. 10¹/₂ Aften. Her fandt vi Skrivelser, at vore 3 Kamerater havde forladt Pladsen den 28 September for at søge at komme sig frem til Snow Hill.

Frisk Vind hindrede os fra at komme herfra før den 7 November Kl. 4.²⁰ om Morgenen. Vi satte da Kursen sydover i vakkert Veir, og Klokken 12 Midnat var vi næsten midt i Sidney Herbert Sundet. Klokken 2 Morgen den 8 November kom vi til fast Iskant og drog Baaden op paa Isen ved Mundingen af Admiralty Inlet. Nu fik vi os lidt Mad og lagde os at hvile i vore Sovesække, vi sov saa haardt, at vi ikke vaagnede før Kl. 11 Formiddag. Baaden blev trukket endnu længere indover Isen for at den kunde ligge i Sikkerhed, og Kl. 3 paa Eftermiddagen begav vi os paa Vei til Snow Hill. Vi havde nu ca 25 Km. Vandring at tilbagelægge i tungt Føre. Kl. 9¹/₂ om Aftenen opnaaede vi Snow Hill og blev modtaget med Glæde og Jubel af vore Kamerater.

Till frågan om förekomsten af alltid frusen mark i Sverige.

Af Axel Hamberg.

I senaste häftet af denna tidskrift¹ har doc. Gunnar Andersson fäst uppmärksamheten på de iakttagelser öfver tjälens djup, som i samband med järnvägsbyggandet Gellivare—Riksgränsen utfördes och finnas angifna i ett af järnvägsstyrelsen publiceradt arbete. Som jag förmodar, att frågan om förekomsten af frusen mark inom vårt land härigenom erhållit en viss aktualitet, vill jag här lämna en kort framställning af teorien för den ständigt frusna markens uppkomst samt i samband därmed meddela några af mig i Sarjektrakten utförda observationer, som lämna ett bidrag till frågan.

Jordytans temperatur är nästan uteslutande beroende på instrålningen från solen och utstrålningen mot universum. I jämförelse med solvärmets spelar jordens eget inre värme ingen roll. Solvärmets förforsakar en uppvärmning af jordytan under dagen och om sommaren, utstrålningen en afsvälning under natten och om vintern. Värmeamplituderna äro i jordytan betydligt större än i den ofvanliggande luften. Detta belyses exempelvis af följande i Finland af Th. Homén 10—12 aug. utförda temperaturbestämningar i ytan af olika slags mark.

	Maximum.	Minimum.
Granithäll	+ 34.8°	+ 14.5°
Sandhed	+ 42.3	+ 7.8°
Kärräng	+ 27.7°	+ 6.3°
Luft	+ 22.7°	+ 9.6°

¹ Ymer, Bd 23 (1903), sid. 485.

På grund af berg- och jordarternas obetydliga ledningsförmåga för värme nedtränga dessa temperaturväxlingar dock endast till ett mycket ringa djup. Redan vid en meter under jordytan äro de dagliga värmeväxlingarna i det närmaste omärkliga. De variationer, som årstiderna förorsaka, fortplanta sig dock till större djup, men äfven de upphöra i våra trakter vid 15—20 m. under ytan. Det plan, i hvilket de årliga temperaturväxlingarna bli omärkliga, kallas den neutrala värmeytan. Under denna förekomma inga på årstiderna beroende temperaturvariationer, däremot kunna naturligen mera långperiodiska klimatändringar därstädes göra sig gällande. Såsom man genom observationer i djupa borrhål funnit, tillväxer temperaturen från den neutrala värmeytan mot jordens inre med omkring en grad för hvarje 35 m. Fullt konstant är detta det s. k. geotermiska måttet dock ej, utan i olika trakter olika, beroende på bergarternas ledningsförmåga för värme.

Emedan jordytans temperatur under dagen och sommaren i regeln öfverstiger lufttemperaturen för dessa tider mera än jordytetemperaturen under natten och vintern understiger motsvarande lufttemperatur, så blir i allmänhet medeltemperaturen för året i jordytan några grader högre än i luften. Vid den neutrala värmeytan böra vi i våra trakter finna omkring en half grad högre temperatur än i jordytan, nedtränga vi ytterligare 35 m., böra vi finna en temperatur, som är ännu en grad högre o. s. v.

Emedan jordytans medeltemperatur i allmänhet är några grader högre än lufttemperaturen, så kunna vi ej vänta oss att finna alltid frusen mark i trakter, som hafva en årsmedeltemperatur af 0° . Till och med vid en medeltemperatur af -2° är förekomsten af ständigt frusen mark tvifvelaktig, om snönederbörden under vintern är riklig. Denna hindrar nämligen utstrålningen från marken under vintern, under det att den i vanliga fall ej kan hindra dess uppvärmning genom solstrålningen under sommaren. Enligt Wild skulle förekomsten af ständigt frusen mark sammanfalla med en årlig luftmedeltemperatur af högst -2° , men enligt Woeikow och Supan skulle dylik mark först vid medeltemperaturen -5° förekomma i sådana trakter, som vintertiden äro skyddade af ett tjockare snölager.

Emedan det geotermiska måttet är jämförelsevis konstant och oberoende af temperaturen, så måste den frusna markens mäktighet tydligen vara i det närmaste proportionell mot det antal köldgrader, som uttrycker jordytans medeltemperatur. Låtom oss taga ett exempel. Om luftens årsmedeltemperatur är -10° och jordytans -7°

samt det geotermiska måttet är 30 m., bör temperaturen 30 m. under ytan vara -6° , och först vid 210 m. djup bör 0° eller den frusna jordens undre gräns anträffas. Hade jordytans temperatur varit -14° , så borde tjälén ha varit dubbelt så tjock. Vi inse häraf, hvilken betydande mäktighet den frusna marken måste hafva inom polarregionerna. En dylik enorm tjäle hindrar dock ej växtlifvet, detta frodas i själfva verket ganska bra i de under sommaren tinade ytlagren.

Att ofvan gjorda beräkning ingalunda är öfverdrifven, framgår af brunnsgräfningar, som företagits i Sibirien till ganska stort djup. Inom den frusna markens område saknas naturligen alla djupare källädror, och man måste därstädes vintertiden nöja sig med flodvatten eller smältvatten af snö. De olägenheter, som voro en följd häraf, gáfvo anledning till flere försök att genom djupa gräfningar påträffa källädror. Det märkligaste af dessa försök torde vara det, som 1828 påbörjades af den rike köpmannen Schergin i Jakutsk vid Lenafloden och som Middendorf¹ omtalar. När man 1831 kommit till 32 m., var brunnen djupare än alla brunnar i Ryssland, och dess botten befann sig under Lenaflodens bädd; men den var dock ännu frusen och något vatten erhöles ej. På uppmaning af den bekante polarforskaren Wrangell fortsattes emellertid arbetet, och först år 1837 afstannade det vid ett djup af 116,5 m., sedan alla ansträngningar att finna vatten visat sig fruktlösa. En af Middendorf 1844—46 företagen undersökning af temperaturen i schaktets väggar gaf följande resultat²:

Djup.	Temp.
30,5 m.	$-6,53^{\circ}$
45,7 »	$-5,80^{\circ}$
61,0 »	$-4,85^{\circ}$
76,2 »	$-4,18^{\circ}$
91,4 »	$-3,89^{\circ}$
106,7 »	$-3,41^{\circ}$
116,5 »	$-3,00^{\circ}$

Vid 116,5 m. djup var sålunda temperaturen ännu 3° under fryspunkten. Det är lätt att beräkna, att man hade måst fortsätta omkring 200 m. under ytan för att komma till tinad mark.

¹ Reise in den äussersten Norden und Osten Sibiriens, Bd I, Abth. 1 (1848), sid. 92.

² Originalets engelska fot och Réaumurgrader äro här förvandlade till m. och Celsiusgrader.

Jakutsk har en årsmedeltemperatur af omkring -10° , men nordligare delar af Sibirien hafva ännu lägre medeltemperatur. Ett köldmaximum med en årsmedeltemperatur af omkring -17° befinner sig vid Werchojansk, lika låg synes medeltemperaturen vara äfven vid Ssagastyr vid Lenaflodens mynning. På dessa ställen torde den frusna markens mäktighet uppgå till omkring 400 m. Hundra meter djupare är den måhända på länderna kring Smiths sounds fortsättningar i norr, ty från Lady Franklin bay, Floeberg beech och andra öfvervintringsstationer i samma trakt uppgifvas årsmedeltemperaturer af omkring -20° .

Inom den ständigt frusna markens område kan isen betraktas såsom ett mineral, som uppträder såsom en viktig beståndsdel af jordskorpan. I jord- och sandlagren utgör den ett cement, hvarigenom de andra mineralkornen förbindas till en fast bergart; i de vanliga bergarterna förekommer den såsom bergsfuktighet i fast form. Isen bildar dock äfven själf bergarter af betydande mäktighet. Med is utfyllda sprickor te sig såsom gångar; mäktiga bäddar af is, som mellanlagra iscementerade jordskikt, hafva karaktären af lager. Ljachowön består hufvudsakligen af en lagerformig ismassa,¹) genom hvilken på några få punkter bergstoppar uppsticka. Isens öfre yta är skyddad af torf och jord, delvis bildad af material, som förut varit inneslutet i isen men vid isytans afsmältning blifvit liggande på densamma. Vid kusten träder isen däremot i dagen, där bildar den stundom höga isklippor, som resa sig ända till 21 m. öfver hafvet. Islagrets tjocklek torde dock vara åtskilligt större, ty dess liggande är obekant.

Vända vi nu blicken till vårt eget land för att undersöka, om äfven hos oss liknande fenomen äro att finna, så torde redan af de meteorologiska observationerna viktiga slutsatser kunna dragas. Vid några af våra nordligaste meteorologiska stationer ha följande årsmedeltemperaturer i luften iakttagits:

	Nordl. bredd.	Höjd öfver hafvet i meter.	Årsmedel- temperatur.
Karesuando	68° 26'	333	- 3,0°
Kvickjock	66° 57'	336	- 1,4 ⁰²
Jockmock	66° 36'	259	- 1,3°
Haparanda	65° 50'	9	+ 0,2°

¹ Nathorst, De nysibiriska öarna. Ymer 1896, sid. 96.

² Enligt ett privat meddelande af prof. H. E. Hamberg.

Af dessa stationer är det tydligen endast Karesuando, som kan misstänkas hafva ständigt frusen mark, och det torde hufvudsakligen bero på snötäckets tjocklek och varaktighet, om därstädes ej långvarig tjäle förekommer. Någon betydande tjocklek kan denna dock ej hafva. Äfven torde den näppeligen kunna bibehålla sig ständigt, ty årsmedeltemperaturen i Karesuando växlar mellan $-0^{\circ},7$ och $-5^{\circ},1$. Under en följd af jämförelsevis kalla år torde säkerligen en tjäle utbilda sig, men den kan åter sannolikt försvinna, om flera jämförelsevis varma år följa hvarandra. Att under dylika växlingar af årsmedeltemperaturen tvenne olika, af tinad mark skilda lager af tjäle kunna uppstå, såsom ock järnvägsbyggarne ha iakttagit, är rätt naturligt. Det understa lagret kunde måhända tillhöra »evig tjäle» men är väl snarare att förklara i öfverensstämmelse med Gunnar Anderssons uppfattning.

Beträffande de öfriga ofvan anförda meteorologiska stationerna torde därstädes säkerligen ingen ständigt frusen mark förekomma, ehuru väl under någon mycket kall sommar tjälen från föregående vinter måhända kan bibehålla sig. De meteorologiska observationerna tala sålunda *ej* för förekomsten af frusen mark inom de lägre belägna och bebodda delarne af nordligaste Sverige, dock torde de allra nordligaste delarne, trakten af Karesuando, försiktigtvis få anses i detta afseende tvifvelaktiga. De högre belägna delarne af högfjällen inom norra Lappland tillhöra däremot säkerligen den frusna markens område.

Några afsiktliga undersökningar af hithörande slag ha af mig ej utförts i Sarjektrakten, däremot ha i samband med andra arbeten stundom observationer erhållits, som lämna bidrag till frågans lösning.

Nära mynningen af Rapaälven i Laitaure uppsattes vintern 1902 en själfregistrerande pegel. För detta ändamål företogs den 12—14 april gräfningsarbeten till 4 m. under jordytan för att nedsätta ett vertikalt rör, från hvars nedre ände en rörledning till älven utlades. Vid dessa arbeten iaktogs, att tjälen sträckte sig till 1,5 m. under jordytan; så långt måste marken upphuggas med yxa, men därunder var jorden våt och smörjig, och där kunde spade användas. I det vertikala röret, som hålles fyllt med en tjock olja, har jag sedermera vid några tillfällen med en maximum-minimum-termometer uppmätt temperaturen vid olika djup under jordytan. De resultat jag därvid kommit till äro följande:

Djup under jordytan	15 juni 1902	14 sept. 1902	16 april 1903	20 juli 1903	9 mars 1904
1,5 m.	+2,5°	+2,4°	—	+2,7°	—
2,0 »	—	—	+1,1°	—	+0,4°
2,5 »	+1,3°	+3,1°	+0,1°	+3,0°	+0,7°
3,5 »	+1,1°	+3,6°	+0,1°	+3,0°	+1,3°

Observationerna för den 14 sept. 1902 och 9 mars 1904 torde vara något osäkra af den anledning, att den lägsta temperaturen träffades i ytan, hvilket torde hafva förorsakat någon, om än obetydlig, omblandning af oljelagren. Samma anmärkning kan äfven, ehuru i mindre grad, framställas mot observationen den 20 juli 1903. I alla händelser framgår dock af observationerna, att det ej kan vara tal om någon evig tjäle på detta ställe, ty vid 3 m. har det ej ens frusit under vintern, och under sommaren har temperaturen därstädes öfverstigit +3°.

Från större höjd öfver hafvet saknas mig direkta temperaturmätningar i jorden. Däremot har jag flera iakttagelser öfver förekomsten af källdrag, som i detta sammanhang kunna omnämnas. Under mina vinterresor i slutet af mars och början af april åren 1902 och 1903, sålunda vid en tid, då i fjällen ännu full vinter är rådande, har jag på många ställen i närheten af skogsgränsen, hvilken i dessa trakter befinner sig på 700 m. öfver hafvet, träffat rikligt flödande källor, hvilka torde vara oförenliga med antagandet af sammanhängande lager af ständigt frusen mark. Ännu på 950 m. höjd öfver hafvet fann jag i Kåtojocks breda dal goda källor, och till och med på denna höjd torde sammanhängande ständig tjäle saknas. Däremot kan det nog under vissa kalla somrar inträffa, att äfven på lägre nivå marken ej tinar. Så var fallet sommaren 1900, då såväl Vestergren som jag själf observerade tjäle en half meter under jordytan på lokaler belägna endast 700—800 m. öfver hafvet.

På de höga topparne äro naturförhållandena mycket olikartade dem i dalgångarne och på fjällslätterna. Mäktigare bildningar af lösa jordlager saknas där. I stället äro topparne betäckta af ett jämförelsevis tunt lager af lösa stenar, hvilka genom den söndersprängning, som omväxlande frost och tö förorsaka, lösbrutits från den underliggande berggrunden. Några toppar täckas af evig snö till större eller mindre utsträckning, på alla, som öfverskrida en höjd af 1 500—1 600 m. öfver hafvet, torde man hvilken årstid som helst finna is sammankittande de understa lösa stenarne och utfyl-

lande sprickor i berggrunden. Någon frusen jord finnes här visserligen ej, ty »jord» saknas, men den bergsfuktighet, som det fasta berget innehåller, är säkerligen till rätt stort djup frusen. De höga topparne måste vi sålunda räkna till den ständigt frusna markens område. Vi måste nämligen för dem antaga en rätt låg medeltemperatur, sannolikt icke högre än —8°, och denna temperatur har till omedelbar följd en ganska betydande tjäle. Vid hvilken nivå området för den frusna marken tager sin början, kan emellertid för ögonblicket ej afgöras, måhända skola de meteorologiska iakttagelserna, när de bli bearbetade, gifva någon idé om belägenheten af denna gräns.

Från angränsande delar af Norge föreligga några af Reusch meddelade¹ iakttagelser, som i detta sammanhang böra omnämnas. I Karasjok, som ligger ungefär 130 m. öfver hafvet och en breddgrad nordligare än Karesuando samt har en medeltemperatur af —2,8°, saknas evig tjäle. Däremot har vid Moskogaissa grufva i Lyngen på en höjd af 750 m. öfver hafvet en fullständigt genomfrusen morän af 20 m. mäktighet genombrutits. En så pass djup tjäle torde helt visst äfven under flera exceptionellt varma år delvis bibehålla sig och torde därför kunna betraktas såsom ständig.

Det resultat, vi af dessa resonemang och strödda iakttagelser kommit till, skulle sålunda vara, att evig tjäle sannolikt icke förekommer inom den norra delen af den Skandinaviska halfön på den nivå, vid hvilken fasta bostäder därstädes i allmänhet träffas; på de höga fjällen förekommer den däremot med all säkerhet. Vår halfös nordligaste delar bilda följaktligen i detta afseende ett öfvergångsområde till polartrakternas sammanhängande förekomster af ständigt frusen mark.

¹ Evig frusen jord i Norge. Naturen, Bd 25 (1901), sid. 344.