

NOGLE AMERIKANSKE UNDERSØGELSER PÅ GRØNLANDS INDLANDSIS

Af cand. mag. *Børge Fristrup*

Militærstrategiske hensyn har bragt de arktiske områder frem i det politiske søgelys, og både fra russisk og amerikansk side er der meget omfattende undersøgelser i gang med at fravriste disse geografisk vanskeligt tilgængelige områder deres hemmeligheder. Store, ofte militært organiserede ekspeditioner har særlig arbejdet i polbassinet, men storstilede undersøgelser er også iværksat i de omliggende lande. Som verdens største landismasse udenfor det antarktiske kontinent er det naturligt, at den grønlandske indlandsis er blevet et vigtigt studieobjekt.

Amerikanske videnskabelige undersøgelser på den grønlandske indlandsis startede først for alvor omkring 1952, men allerede længe forinden havde amerikanerne lagt grunden til et storstilet forskningsprogram, som har omfattet undersøgelser i Alaska, Canada, Grønland og i Antarktis. I 1946 oprettedes det vigtige *Arctic Institute of North America*, der, som navnet siger, er fælles forskningscenter for Nordamerika, altså for Canada og USA. Arctic Institute har dels på kontraktbasis gennemført talrige expeditioner og dels været rådgivende ved en lang række undersøgelser. Ved siden heraf har instituttet en betydelig publikationsvirksomhed; vigtigst er tidsskriftet „Arctic“, der siden 1948 er udkommet med fire årlige hefter, ligesom instituttet har ledelsen af den meget store „Arctic Bibliography“, der udgives for The Department of Defence i Washington. Der er foreløbigt kommet 8 bind, som tilsammen rummer bibliografisk henvisning og referat af 49.086 afhandlinger vedrørende arktiske egne og arktiske forhold. Under sidste verdenskrig oprettedes et militært forskningscenter *Arctic, Desert, Tropical Information Center*, der rummede en lang række fremragende amerikanske videnskabsmænd, især geografer og geologer, og som havde et ret nært samarbejde med American Geographical Society. Denne organisation foretog en lang række undersøgelser også i arktisk område, men i 1949 oprettede militæret en særlig organisation for sne- og isundersøgelser, som fik navnet *Snow, Ice and Permafrost Research Establishment*, sædvanligvis forkortet til „SIPRE“. Denne nye institution blev underlagt de amerikanske ingeniørtropper,

men er iøvrigt en civil forskningsorganisation med civile medarbejdere. Ved undersøgelserne i marken kan de dog i et vist omfang benytte sig af de amerikanske militære resourcer. Som navnet siger, har SIPRE til opgave ikke alene at studere sne og is, men også den mere eller mindre permanent frosne jordbund. Det er således et meget vidtstrakt forskningsområde, og undersøgelser bliver ikke blot drevet i naturen, men også ved laboratorieforsøg. Det blev derfor snart nødvendigt for SIPRE at oprette egne forsøgslaboratorier, og man fik disse i Wilmette i nærheden af Chicago. Her råder man nu over moderne indrettede kuldelaboratorier og forsøgsefter, hvor man kan foretage forsøg ved næsten hvilken temperatur, man ønsker. Et feltlaboratorium, særlig for undersøgelser af sne og af ferskvandsis, blev oprettet med Keweenaw Field Station i Houghton i Michigan, samtidig hermed har en lang række undersøgelser på kontraktbasis været overdraget til forskellige amerikanske universitetsinstitutioner. Indkaldte, ikke-amerikanske videnskabsmænd har været videnskabelig ledere af institutionen, særlig dr. Henri Bader, den schweiziske snespecialist, og japaneren U. Nakaya, hvorimod en lang række amerikanske videnskabsmænd har været rådgivende ved opbygningen af denne organisation. SIPRE har haft et nært samarbejde med det canadiske Defence Board og har bl. a. samarbejdet i udsendelsen af en del ekspeditioner til det nordlige Canada for at studere, hvorfra de flydende isøer kunne stamme, ligesom SIPRE har deltaget i undersøgelserne i Antarktis i anledning af det internationale geofysiske år. Foruden SIPRE har også en række af hærens andre organisationer foretaget sneundersøgelser eller studier over frossen jordbund, det drejer sig f. eks. om US Army Engineer *Arctic Construction and Frost Effects Laboratory* i Boston, Engineer *Waterways Experimental Station* i Vicksburg og en lang række andre laboratorier. Størstedelen af SIPRE's resultater bliver publiceret i en række rapporter, men nogle af resultaterne publiceres også i forskellige fagtidsskrifter som f. eks. *Journal of Glaciology*. Ligesom Arctic Institute har SIPRE udarbejdet en bibliografi, hvoraf der hidtil er udkommet tretten bind med referater af 17.000 afhandlinger vedrørende sne, is og frossen jordbund.

En del af de videnskabelige sneundersøgelser på den grønlandske indlandsis har været ledet og iværksat af SIPRE, men det gælder dog ikke dem alle, således f. eks. ikke den expedition, der i 1952 kørte tværs over indlandsisen fra Thule til Kap Georg Cohn i bunden af Danmarks Fjorden. Expeditionen var et samarbejde mellem amerikanerne og en gruppe af Paul-Emile Victors folk, som havde deltaget i *Expédition Polaires Françaises* expeditioner på indlandsisen. I expeditionen deltog således også den franske seismiker J. J. Holtzscherer, der herved fik lejlighed til at fortsætte sine seismiske målinger af istykkelsen fra de franske Victor expeditioner, og nu foretog de første målinger af istykkelsen i Nordgrønland, hvorved det bl. a. påvises, at istykkelsen i dette område var noget mindre end i den sydligere del af ind-



Ved randen af Nordisen på Nunatarssuaq-halvøen studeredes opbygningen af de lodrette isfronter. Bemærk kranen oven på isen og menneskene ved foden af isen til højre i billedet.

Foto: B. Fristrup

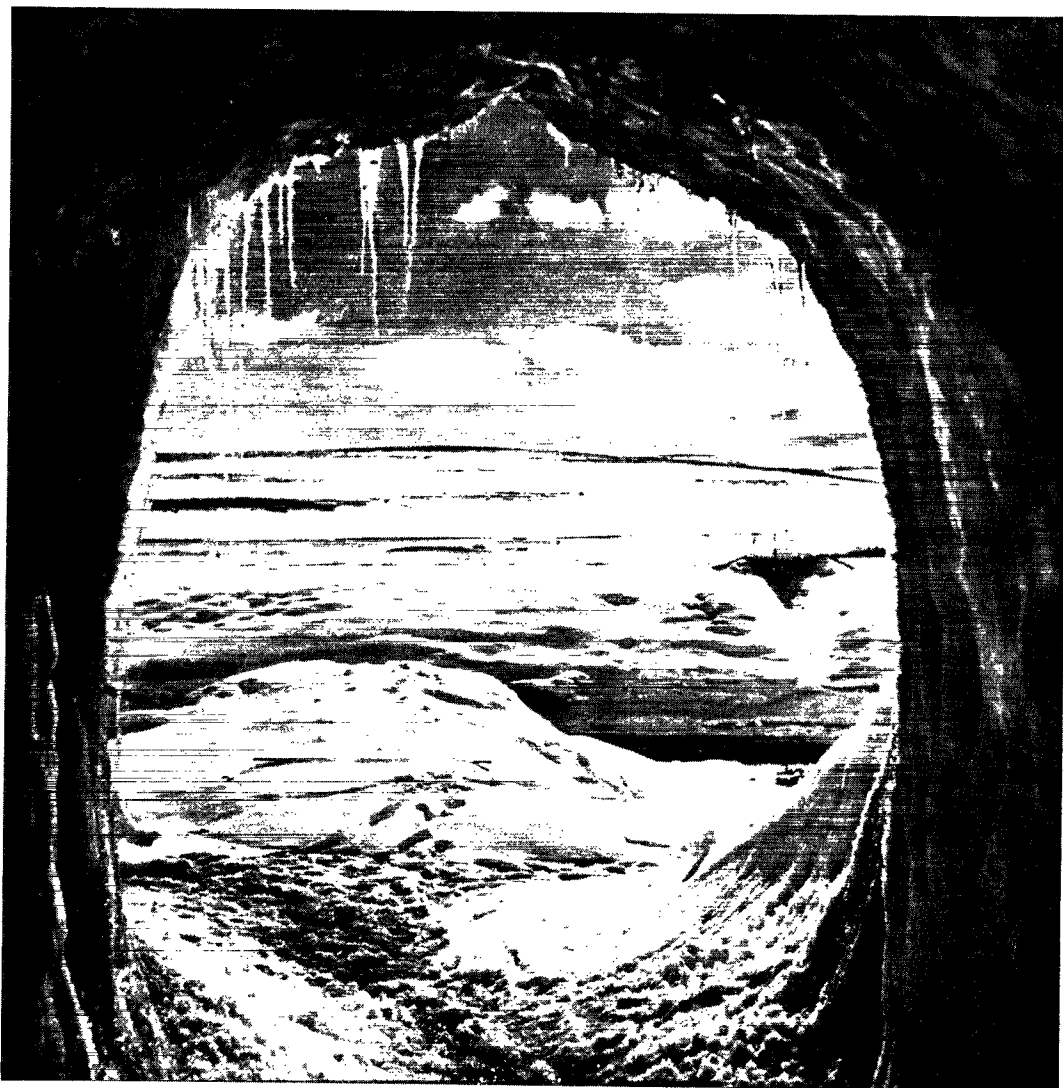
landsisen, nemlig mindre end 2.500 m, og at bunden af indlandsisen også her enkelte steder lå i niveau med eller lidt under havoverfladen. I expeditionen deltog også den unge amerikanske sneforsker Carl S. Benson, der senere skulle komme til at lede en lang række af SIPRE's undersøgelser i Grønland.

I 1953 startede man for alvor en lang række videnskabelige undersøgelser omkring Thule, og som naturligt var, studerede man særlig indlandsisens randzone og adgangsmulighederne til isen. På halvøen Nunatarssuaq ved bunden af Wolstenholme Fjorden mellem Moltke Gletscher og Knud Rasmussens Gletscher blev der foretaget omfattende glaciologiske undersøgelser over isens bevægelse, afsmeltningens størrelse m. v. En række resultater af disse undersøgelser er af S. White blevet publiceret i Meddelelser om Grønland. Adgang til selve indlandsisen blev fundet flere steder, således ved Nuna Ramp på Nunatarssuaq Halvøen og ved den såkaldte Thule Ramp ved Tuto indenfor selve Thule Basen. Ved disse ramper eller opkørs-

ler skråner isen ret jævnt opad og giver derfor adgang til at komme ind på isen også med motorslæde m. m. Særlig inden for Thule Rampen er der et stykke inde på isen adskillige spalter, og sporet må derfor til stadighed undersøges og eventuelle spalter enten fyldes op med sne ved hjælp af bulldozers eller afmærkes, så sporet kan lægges udenom.

Samtidig med undersøgelserne i 1953 i det nordlige Grønland arbejdede en gruppe videnskabsmænd også inde på indlandsisen i et område sydøst for Søndre Strømfjord. Allerede i 1947 havde man under en militærøvelse fundet en ganske jævn is-overflade ca. 100 miles fra den amerikanske base i Sdr. Strømfjord, og da man ellers netop i denne zone på grund af den stærke afsmeltning i sommertiden har en meget ujævn og kaotisk overflade, var man stærkt interesseret i en nærmere undersøgelse. Det blev overdraget til Arctic Desert Tropical Information Center i samarbejde med American Geographical Society at udarbejde et forskningsprogram, og i maj 1953 oprettede man en baselejr i området. Da man ikke kunne komme ind med slæder, blev alt materiel bragt ind ved hjælp af fly; man byggede en lejr af jamesway huts og begyndte arbejdet. Omfattende sneundersøgelser og målinger af sneafsmeltningen og af ferskvandsafstrømningen blev iværksat.

I Thule området var man i 1954 gået i gang med mere omfattende skaktgravninger på indlandsisen for at bestemme årslagenes tykkelse og sneens hårdhed og krystallografiske egenskaber. Allerede på Wegenerexpeditionens overvintring på Eismitte 1930-31 havde den tyske glaciolog Ernst Sorge påvist, at der er et tydeligt skifte mellem en mere grovkornet relativ lettere sommersne og en meget finkornet vintersne af stor vægtfylde. En række undersøgelser på Sukkertoppen Iskappe i 1938 af Erich Etienne i forbindelse med den britiske Oxford University Expedition 1938 havde fortolket de fundne sneprofiler således, at lag med stor vægtfylde skulle være sommerlag, dannet ved smeltning, og omvendt skulle de mere løse lag være vintersne. Undersøgelserne i det nordligste Grønland bekræftede dog tilfulde Sorges gamle observationer og fortolkninger fra indlandsisens centrale dele. Under ledelse af den svenske glaciolog Valter Schyt blev der iværksat en række studier over isdannelsen og af de glacialmeteorologiske forhold i indlandsisens randzone ved Thule Rampen. Særlig blev der på dette sted foretaget undersøgelser af den såkaldte pålejrede is, eller „superimposed ice“, der dannes ved frysning af våd sne samt ved, at smeltevand, som siver ned gennem snelaget, ved kontakten med den underliggende is igen fryser, således at man i kontaktzonen får dannet en slags gletscheris, som ikke skyldes sammenpresning og omkrystallisering af firn, men alene frysning af smeltevand og våd sne, og hvis luftbobler derfor heller ikke på noget tidspunkt har været under tryk. Betydningen af den pålejrede is var få år i forvejen blevet påvist for gletshere i Lappland og på Baffin Land. I Alperne og i Lappland dannes pålej-



Udsigt fra indgangen til istunnelen.

Foto: B. Fristrup

ret is kun i en ganske smal zone, men i Arktis er det anderledes. Undersøgelserne på Grønlands indlandsis og i Peary Land viste nu, at denne istype spiller en meget betydelig rolle og endog kan træffes langt ind på indlandsisen som tyndere eller tykkere islinser i snelagene. Det fremgik også af undersøgelserne i Grønland og på Baffin Land, at firnlinien d. v. s. grænselinien mellem den del af gletscheren, som smelter snefri i løbet af sommeren, og den del, som hele året igennem dækkes af sne, som efterhånden omdannes til firn, ikke som tidligere antaget, betegner en grænselinie

mellem underskuds- eller overskudsaflejring, idet der på grund af den pålejrede is foregår en ret betydelig tilvækst også nedenfor firnlinien. Teoretisk kan man have en gletscher, som er i ligevægt uden at det kommer til dannelse af firn; sådanne typer er da også fundet f. eks. på Baffin Land og i Peary Land i det nordlige Grønland. De glaciologiske undersøgelser ved Thule Rampen er senere blevet fortsat af dr. Thomas M. Griffiths.

Af særlig interesse det år er også snestudierne ved en forsøgsstation, som blev oprettet inde på indlandsisen ca. 320 km øst for Thule Basen og i en højde af godt 2000 m over havet. Her gravede og huggede man en skakt ned i firnen og nåede med selve skakten ned i en dybde af 31 m. Fra bunden af skakten borede man yderligere med kernebor og nåede ned i firnlag, der var faldet som sne omkring 1908. Ved at bestemme tykkelsen af årslagene er det muligt at bestemme størrelsen af de forskellige års nedbørsmængder, og studiet af snestratifikationen i skakter og borer kan derfor også give oplysning om klimasvingninger. Man har således påvist, at den årlige nedbør i Nordgrønland er aftaget i løbet af de sidste 30 år. Samtidig hermed iværksattes en række mere ingeniørmæssige sneundersøgelser, idet man gravede en række horizontale gange og nogle lodrette skakter, der blev overdækkede på forskellig vis. Ved hjælp af trykceller og andre måleinstrumenter, som sættes ind i væggene af gangene, er det muligt at studere gangenes deformation. På basis heraf kan man også finde frem til, hvilke dimensioner og profiler af gange og rum, der er mest fordelagtige. Det er indlysende, at denne viden kan have stor praktisk betydning, hvis man skal indrette beboede stationer på indlandsisen for kortere eller længere tid. Uden en sådan viden havde det f. eks. ikke været muligt at konstruere den overvintringsstation, som i øjeblikket benyttes af den Internationale Glaciologiske Expedition, og som er planlagt til i hvert fald at kunne vare mindst 10 år, d. v. s. indtil stationen igen skal bruges ved genopmåling.

Ved Blue Ice Valley, der ligger i det øvre tilløb til Moltke Gletscher, studeredes gletscherspalter, og man arbejdede bl. a. med forsøg på udvikling af spalเต็ดetektorer, der ad mekanisk vej kan registrere en spalte. Både i Grønland og ganske særlig i Antarktis i forbindelse med det internationale geofysiske år har amerikanerne anvendt en elektromagnetisk spalเต็ดetektor. Princippet for disse instrumenter bygger på, at det er muligt at etablere et elektromagnetisk felt omkring motorslæden, men hvis der findes en spalte, afbrydes feltet. Instrumentet er stort og uhåndterligt, idet feltet frembringes mellem store metalpander ophængte i en stang foran køretøjet og en række metalpander, der slæbes efter motorslæden. Ved at køre langsomt foran slædetøget kan man således ved hjælp af spalเต็ดektoren registrere spalten, inden motorslæden selv er kommet så langt ind over spalten, at der bliver fare på færde. Det er bl. a. denne spalเต็ดetektor, der har gjort det muligt at finde en farbar vej

ind til Byrd Stationen i Antarktis, som amerikanerne alene har oprettet ved transport på indlandsisen og ikke ved anvendelse af fly. Andre spaladedetektorer er baseret på måling af de meget små temperaturforskelle, som hersker over en gletscher-spalte sammenlignet med luften over normal sneoverflade; disse instrumenter er betydelig lettere.

I 1955 fortsattes undersøgelserne, og en del vigtige projekter blev iværksat dette år. I forbindelse med de franske undersøgelser i Station Centrale havde de franske polarekspeditioner rejst en række stager langs med ruten mellem kysten og overvintringsstationen. Et ret omfattende materiale til belysning af snefaldets størrelse og af isens bevægelse var blevet indsamlet i forbindelse med målinger langs disse stager.

Imidlertid var hverken Station Centrale eller stagerne så sikkert afmærkede, at de ikke ville blive begravet af sne og gå tabt i løbet af kort tid. Det var derfor nødvendigt, at stagerne blev forlængede. Gennem den internationale organisation for videnskabelig hydrologi forberedtes samtidig en international glaciologisk expedition til Grønlands indlandsis (se Grønland 1960, p. 1–15), men denne expedition kunne først begynde arbejdet i Grønland i 1958 eller 1959, og man frygtede, at stagerne for det meste ville være gået tabt på dette tidspunkt. For at redde stagerne udsendte SIPRE derfor allerede i 1955 en expedition under ledelse af Carl S. Benson. Fra Thule kørte man ind på indlandsisen og nåede ned til Station Centrale; herfra fulgtes den franske rute fra stationen ud mod den grønlandske vestkyst ved Eqip sermia. Overalt, hvor det var muligt, blev stagerne forlængede, og man målte samtidig tilvæksten af sne langs stagerne. Langs hele ruten blev der gravet skakter ned i sneen, og der blev foretaget studier over snestratifikation, og man målte den årlige sne-mængdes størrelse m. v.

Ved selve Station Centrale foretog man en meget omhyggelig afmærkning, man byggede et over 10 meter højt tårn af stålrør, og man foretog en omhyggelig astronomisk stedsbestemmelse. Det sidste gav det overraskende resultat, at stationen skulle have flyttet sig ca. 170 m om året i SV-retning siden stationens oprettelse. Samtidig fandt man, at en dyb skakt, som franskmændene havde boret til brug for glaciologiske undersøgelser, under overvintringen var fuldstændig uskadt og praktisk talt uden deformation. Det forekom usandsynligt, at skakten skulle kunne bevæge sig så stærkt uden at skifte form, og senere stedsbestemmelser synes da også at bekræfte, at Station Centrale praktisk talt ingen bevægelse har, og at den først fundne bevægelse må bero på en fejlmåling. Efter de nyeste resultater er der næppe tvivl om, at Station Centrale ligger i et område af indlandsisen, hvor der næsten ikke er nogen horizontal bevægelse af isen. Ved et besøg i stationen i 1959 fandt man nu, at Station Centrale lå 10 m under sneoverfladen, og at der er sket en ret betydelig sammenpresning af stationen; træværket er mange steder knust på grund af vægten af

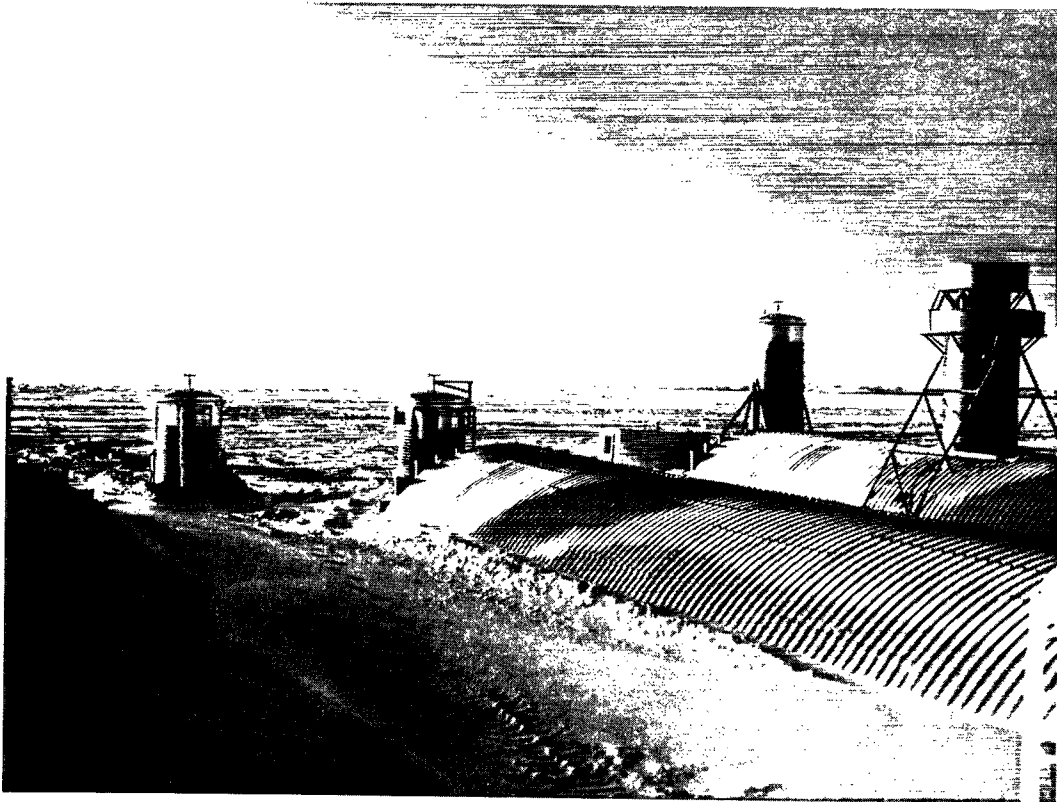
den overliggende sne, og der er sket en ret betydelig sammenpresning fra siderne af gangene, som forbinder stationens forskellige dele.

Efter at expeditionens arbejdsprogram var gennemført blev alle deltagerne evakueret med fly fra en lejr, den såkaldte Camp VI, indenfor kysten af Equip sermia. Motorslæder og den tunge udrustning blev lagt i depot på indlandsisen til brug for den internationale glaciologiske expedition (EGIG), som i maj 1959 gravede motorslæderne ud og benyttede dem på turen over indlandsisen.

På indlandsisen indenfor Thule fortsattes sneundersøgelserne også i 1955, og der blev bl. a. foretaget en række studier over det såkaldte „white out“ fænomen. Desværre har vi ikke noget dansk ord derfor, men det er velkendt for næsten alle, som har færdes på indlandsisen. Under visse vejrforhold er lysets indstråling fra himmelrummet og tilbagekastningen fra sneoverfladen af samme størrelse, og det er derfor ikke muligt at afgøre, hvor horisonten ligger, og man kan helt miste orienteringen om, hvad der er op og ned. Særlig af flyvere er white out stærkt frygtet og har været årsag til mange ulykker. White out kan optræde både under tåge og under relativt klart vejr. I virkeligheden er det resultatet af samspillet mellem flere meteorologiske faktorer, som indstråling, udstråling, luftfugtighed o. s. v., og kun på grundlag af detaljerede mikroklimatiske målinger, er man i stand til at analysere og forklare forskellige typer af white out.

Hvad der særlig har givet genlyd i dagspressen Verden over, er konstruktion af de såkaldte istunneler. Istunnelerne startede fra randen af indlandsisen i nærheden af Tuto. Indlandsisens rand står her flere steder praktisk talt lodret, og vi har her at gøre med ret komplicerede byggede gletscherfronter, dannet ved sammensmeltning af dele opbygget af gammel gletscheris og partier dannet ved at perennerende snefaner er vokset sammen med disse gamle isfronter.

Konstruktion af istunneler og rum i gletscheris er først blevet mulig i årene efter anden verdenskrig, idet sådanne arbejder er overordentlig kostbare, og der har ikke tidligere været tilstrækkelige økonomiske midler til rådighed for glaciologiske undersøgelser. I 1948-49 lykkedes det at grave og hugge en 202 m lang tunnel igennem Mt. Collon Gletscher ved Arolla i Schweiz. Arbejdet var et led i forundersøgelserne for anlæggelse af et kraftværk. Tunnelen blev ført tværs gennem den meget stejle gletscher, og nåede ind til kontaktzonen mellem is og klippe. I 1950 blev en ca. 50 m tyk gletscher ved Jungfraujoch gennemskåret af en 130 m lang tunnel som et led i konstruktionen af en bjergbane. I 1951 gravede en gruppe britiske studenter en 125 m lang tunnel gennem en lille niche-gletscher Skauthöe Bræ i Jotunheimen i Norge. Senere er nogle kortere tunneler blevet konstrueret i Schweiz, men alle de hidtil konstruerede istunneler har været små og har kun været konstrueret for at skaffe sig bestemte glaciologiske eller geologiske oplysninger, som ikke kunne fås på anden vis.



Ved den første amerikanske station på indlandsisen byggede man selve stationen inde i kæmpemæssige rør, der efterhånden er blevet dækket til af sneen.

Fra et ingeniørmæssigt standpunkt var det derfor af største interesse at få undersøgt, om det var muligt at konstruere større tunneler i en arktisk indlandsis, og om det ville være muligt at konstruere større rum i isen, som kunne bruges f. eks. til forrædsrum, og om disse konstruktioner ville være stabile under længere tidsrum. Omkostningerne ved sådanne eksperimenter er imidlertid så store, at de sikkert kun kan udføres, når man råder over militære hjælpemidler.

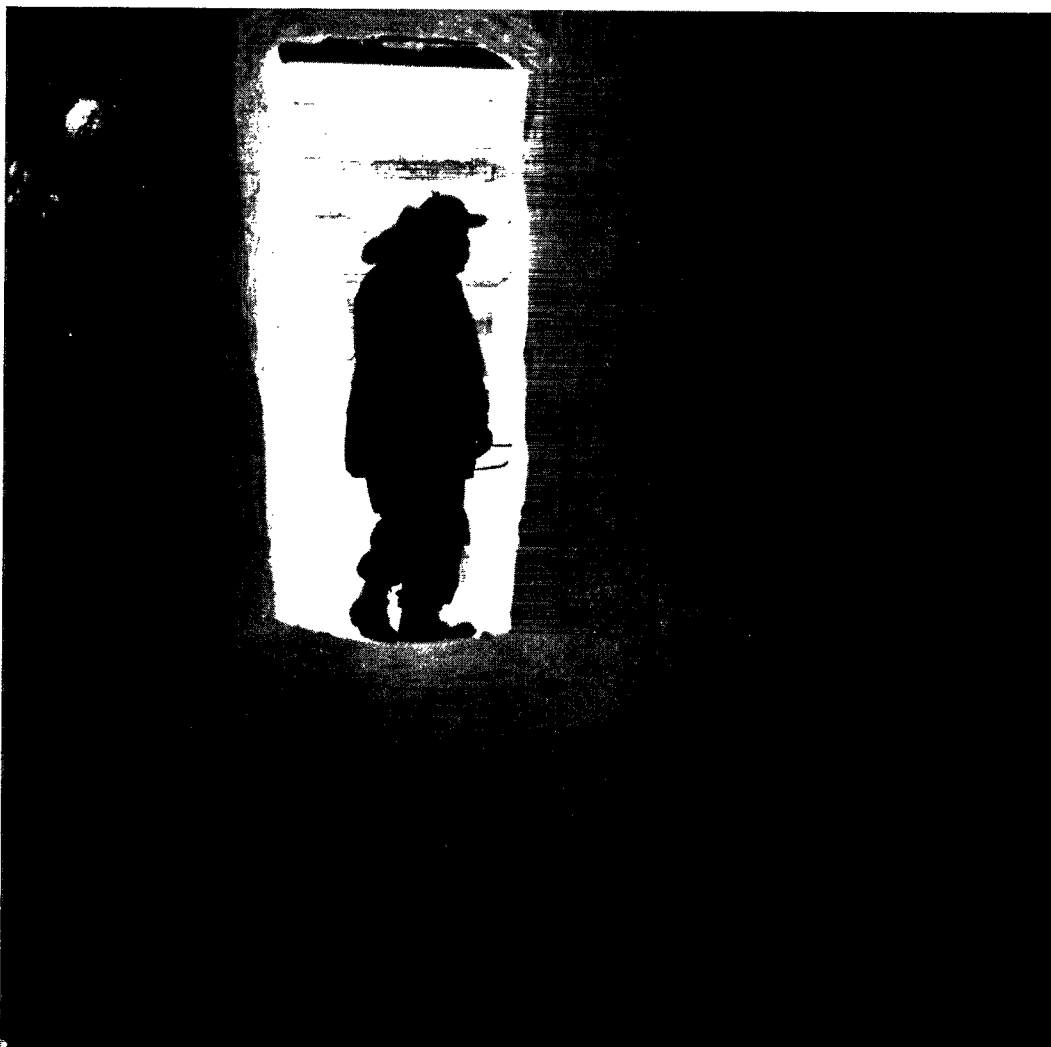
I 1955 gravede man en 200 m lang istunnel $2 \times 2\frac{1}{4}$ m, og året efter blev den yderligere forlænget med 40 m, og man udgravede et større rum $20 \times 20 \times 8$ m. Til at begynde med blev istunnelen alene gravet med håndkraft, idet der benyttedes spader, save og isøkser m. v., men efterhånden gik man over til at anvende særlige maskiner til bortrømningen af isen, idet man benyttede sig af maskiner, som ellers bruges ved kulbrydning.

Glaciologerne fik her en enestående lejlighed til at studere isens bevægelser dens plasticitet m. v. En lang række undersøgelser blev iværksat, og nogle af resultaterne

fra den efterhånden 366 m lange istunnel er blevet publiceret i „Journal of Glaciology“. En mindre tunnel blev i 1955 konstrueret i randen af Nordisen på Nunatarssuaq halvøen. Tunnelerne strækker sig i isens bevægelsesretning, og omhyggelige studier langs glidningsplaner og smudsbånd synes at vise, at der er ingen eller i hvert fald meget ringe differentialbevægelse, og lukningen af tunnelerne foregår meget langsomt. Man har f. eks. konstateret, at den snavsede is var betydelig mere plastisk end den rene, klare is; men der er stadig mange problemer vedrørende isens fysiske egenskaber i tunnelerne, som kun kan løses gennem langvarige observationer.

Et karakteristisk træk for randen af indlandsisen mange steder i Nordgrønland er forekomsten af lodrette isvægge, der kan nå en højde af 40 m eller mere. Specielle undersøgelser over betingelserne for deres dannelse og over isbevægelsen blev iværksat under ledelse af professor R. Goldthwait; undersøgelserne foregik ved Red Rock på Nunatarssuaq halvøen.

Studierne ved forsøgsstationen på indlandsisen fortsatte også i 1956, og man begyndte nu på forarbejder til det store dybdeboringsprogram, som har været et af amerikanernes hovedpunkter for undersøgelserne i Antarktis i forbindelse med det internationale geofysiske år. Teknisk set er isboringer temmelig vanskelige, og indtil 1956 var det ikke lykkedes at gennemføre ret mange dybdeboringer med kernebor. De franske polarekspeditioner havde foretaget dybdeboringer på indlandsisen ved Camp VI til en dybde af 130 m og til en dybde af 150 m ved Station Centrale. På den norsk-britisk-svenske Antarktis expedition havde Valter Schytt foretaget boring til 100 m ved Maudheim på is-shelfen. I forbindelse med skaktundersøgelserne og andre undersøgelser på den grønlandske indlandsis havde det vist sig muligt at finde horisonter i firnen med vulkansk aske, f. eks. fra Katmais udbrud i 1912 o. s. v. En lang række kemisk-fysiske undersøgelser af sneen og firnen har vist, at det er muligt at bestemme årslagene i firnen på grundlag af isotop analyser. F. eks. har Epstein påvist, at der er forskel på forholdet mellem iltisotoperne O^{16} og O^{18} i vinter- og sommersneen, og at der i Grønlands indlandsis er en sammenhæng mellem højden over havoverfladen og sneens sammensætning af O^{16} / O^{18} . En række undersøgelser herover er fra dansk side foretaget af magister W. Dansgaard. Gennem undersøgelser i Antarktis har bl. a. W. Marshall kunnet påvise, at støvindholdet i sneen gør det muligt at bestemme sommer- og vinterlag. Ved sådanne fysiske og kemiske analyser er det muligt at bestemme årslagenes mægtighed, også i sådanne dybder, hvor det ikke er muligt visuelt at udskille årslagene. I 1956 nåede man ca. 1000 fod ned, og i 1957 blev der boret med kernebor ned til 411 m, borekernen var 10 cm i diameter, og for at sikre, at boreprøverne ikke skulle gå tabt, blev kernen straks halveret på langs, og den ene halvdel blev pakket i kulsyresne og fløjet til SIPRE's laboratorier i Wilmette for nærmere analyse, medens den anden borekernehalvdel indtil videre



Lange gange udgraves i sneen ved hjælp af en Peter snepløj og overdækkes med materialer af forskellig art. Trykændringer og deformationen af gangene måles. Undersøgelserne danner grundlaget for, at det nu er muligt at bygge store stationer i firnen, som den nu anlagte Camp Century.

Foto: B. Fristrup

blev oplagret i Thule. I 1957 fik man en sammenhængende borekerne ned til ca. 300 m, derfra og nedefter fik man kun enkelte kerner op, idet det viste sig meget vanskeligt at bringe kernerne uskadt op. Trykket i den dybde af isen er meget stort, og ved frigørelsen af borekernerne er de derfor tilbøjelige til at sprænges og pulveriseres, på samme måde som dybvandsfisk kan sprænges, hvis de hales for hurtigt op til vandoverfladen. Prøverne fra boringens dybeste dele stammer fra sne, der er faldet over Grønland omkring Erik den Rødes tid. Erfaringerne fra den grønlandske

indlandsis var afgørende for den teknik, som amerikanerne også anvendte i Antarktis, hvor man ved Byrd Station nåede ned i 304 m dybde, og her var nede i sne faldet i 8. århundrede. Fra russisk side har man i Antarktis boret ned til ca. 350 m. Ingen af borerne er nået igennem indlandsisen og ned til undergrunden under isen. Sådanne borer er nu planlagt og vil give meget vigtige oplysninger for glaciologerne, bl. a. vil det være vigtigt at få at vide, hvorledes kontaktzonen mellem indlandsisen og undergrunden er i virkeligheden. En lang række oplysninger er indsamlet ad indirekte vej bl. a. gennem de seismiske undersøgelser, men da en sikker viden om temperatur og plasticitetsforholdene i dybet bl. a. er afgørende for en sikker tykkelsesbestemmelse ved seismisk måling af istykkelsen, vil det forstås, at det er meget vigtigt for glaciologerne at få en sådan dybdeboring helt igennem, ligesom man derigennem vil kunne få mange oplysninger til brug for forståelsen af, hvorledes erosionen sker i og under en indlandsis.

En lang række undersøgelser har taget sigte på, om det var muligt at bruge sneen selv som byggemateriale. Ved hjælp af en Peter sneplov er det muligt at konstruere lange udgravninger relativt hurtigt, og overdækkes disse forskellige konstruktioner, er det muligt at bygge rum og gange i sneen, og disse konstruktioner vil i hvert fald have en levetid på adskillige år. Ved konstruktionen af overvintringsstationen Jarl-Joset for den Internationale Glaciologiske Expedition benyttedes også en Peter sneplov, der blev kastet ned med faldskærm, og det lykkedes at konstruere udgravningerne til stationen på meget kort tid. Fra amerikansk side er også foretaget undersøgelser over anvendelse af sne til konstruktion af startbaner for fly på indlandsisen.

Det er erfaringerne fra disse amerikanske sne-undersøgelser, der har gjort det muligt at konstruere både „Camp Century“ og de to amerikanske radarstationer, der som forlængelsen af DEW-line i øjeblikket er under konstruktion. Camp Century anlægges inde på isen øst for Thule Air Base og rummer boliger, der ligger nede i sneen, for ca. 100 mand. Husene, der forbindes med gange i sneen, er forsynet med alle moderne bekvemmeligheder, og kraftforsyningen fås fra et atomkraftværk, der nu opføres. I modsætning hertil vil de to radarstationer på indlandsisen blive bygget ovenpå isen, og ved hjælp af et meget sindrigt system af dunkrafte vil stationen kunne holdes ikke alene vandret, men også i samme højde i forhold til kyststationerne, selv om fundamentet som følge af sneens eller rettere firnens sammenpresning vil synke efterhånden.

Medens Carl S. Bensons undersøgelser fra Thule til Station Centrale og ud til kysten i 1955 gav temmelig god oplysning om snefaldets størrelse og om sneens omdannelse til firn i den nordlige del af indlandsisen, manglede sådanne undersøgelser delvis for den sydlige del af indlandsisen, og i 1959 arbejdede derfor en gruppe fra SIPRE under ledelse af R. Ragle på det sydlige område.

Sammenholdes de amerikanske undersøgelser med de resultater, der er opnået gennem de franske Victor expeditioner, Simpsons British Northeast Greenland Expedition og den Internationale Glaciologiske Expedition (EGIG), fremgår det med stor tydelighed, at vi gennem de amerikanske undersøgelser har fået udviklet en teknik, der gør det muligt at foretage omfattende transporter på isen. Derved er en række videnskabelige undersøgelser som f. eks. dybdeboringerne blevet muliggjort. Men vi har også fået gennemført en række fysiske og ingeniørvidenskabelige undersøgelser, der har gjort indlandsisen omkring Thule til verdens bedst kendte indlandsis. En lang række kemiske, fysiske, krystallografiske undersøgelser m. v. er her for første gang blevet gennemført på en højarktisk gletscher.

Allerede inden de amerikanske undersøgelser var det kendt, at den grønlandske indlandsis ikke dannede én kuppel, men to kupler, en meget stor nordlig og en mindre sydligere, og at indlandsisens højderyg ligger skævt, meget nærmere østkysten end vestkysten. Det synes endda efter de nyeste meteorologiske observationer, at denne skævhed måske er endnu mere udpræget, end man efter de nuværende kort måtte formode.

Gennem de franske undersøgelser er det blevet godtgjort, at Grønland stort set kan betragtes som en mægtig skål fyldt med is, som på sine steder når op over skålenes rand, d. v. s. når højere op end kystens randbjerge. Indlandsisens største tykkelse er ca. 3000 m, og den gennemsnitlige istykkelse er 1515 m; dele af indlandsisens bund ligger i niveau med eller lidt under havoverfladen. Der er dele af indlandsisen, hvor der endnu ikke er foretaget egentlige tykkelsesmålinger; men der er ingen grund til at vente, at nye målinger skulle ændre billedet væsentlig. Man kan næsten med sikkerhed sige, at man ikke vil komme ud for overraskelser som f. eks. i Antarktis, hvor undersøgelserne i det geofysiske år viste, at man havde istykkelser på indtil 4000 m, og hvor man fandt ca. 40 % mere is, end man havde ventet.

Den nordlige store kuppel af indlandsisen er temmelig tyk, og bunden af indlandsisen er her over meget store strækninger omtrent i niveau med havoverfladen, dog synes undergrunden under isen i den nordligste del efter de amerikansk-franske undersøgelser at være noget højere og istykkelsen noget mindre. Den sydlige mindre kuppel af indlandsisen ligger forholdsvis højt og dækker over et højland. En række dalsystemer i undergrunden under isen strækker sig fra Disko Bugten langt ind under isen, men der er intet tegn på, at Grønland skulle bestå af flere øer, således som det rimeligvis er tilfældet med Antarktis. Efter alle de nu foreliggende undersøgelser må Grønland betragtes som en enkelt ø, delvis dækket af indlandsis.

Som særlig fremhævet gennem de franske undersøgelser under Victor, er isens bevægelse kompliceret, og dele af indlandsisen bevæger sig hurtigere end andre dele, således at man kan tale om „isstrømme“ af hurtigt bevægende is, der glider i en lang-

sommere eller helt stagnerende is. Sådanne isstrømme er særlig fremtrædende i forbindelse med mange af de meget aktive gletschere til Disko og Umanak Bugter.

Et meget detaljeret billede af nedbørsforholdene har man fået gennem de amerikanske undersøgelser. I en fornylig publiceret disputats har Carl S. Benson påvist, at den årlige gennemsnitlige nedbør over indlandsisen er 34 cm vand, men at snefaldet iøvrigt varierer betydeligt; den største nedbør træffes i randzonerne mod syd, hvor man kan nå op på 90 cm vand i årlig nedbør, medens man mod nordøst har mindre end 10 cm vand pr. år. Store nedbørsmængder tæt ved kysten træffes især i to områder: indenfor kysten mellem Upernavik og Thule og indenfor Angmagssalik-Scoresbysund. I følge Bensons undersøgelser har indlandsisen en ganske svag positiv balance, hvad han fortolker, som at Grønlands indlandsis i øjeblikket praktisk talt er i ligevægt. Andre forskere har tidligere ment, at indlandsisen havde større afsmeltning end tilførsel og derfor formindskedes.

Som nævnt vil Ragle's undersøgelse afslutte billedet af indlandsisens materiale-husholdningsbudget. Gentages målingerne fra den Internationale Glaciologiske Expedition, vil det vise sig, om denne del af indlandsisen er i ligevægt eller ikke. Der vil stadig være mange problemer, som ikke er løst; amerikanerne har ydet et stort bidrag til løsningen af nogle af problemerne, de har lært os en teknik, som gør det muligt at tage undersøgelser op, hvis løsning man ikke havde turdet tænke på blot få år i forvejen. Måtte Danmark deltage stærkere i løsningen af indlandsisens problemer, end det har været tilfældet i en årrække; vi har en tradition fra gammel tid fra J. P. Koch o. s. v., der nødig skulle dø ud. Som dansk område har Danmarks videnskab en særlig forpligtelse i Grønland.