

Olaf Devik. Foredrag i NRK 15. november 1961 i serien

"Universitetenes radioforedrag".

Isen som naturmakt.

## ISVELIER OG ISGANG

I vårt land har isen på sjøer og elver fra gammel tid av spillet en stor rolle for trafikk om vinteren, både langs vassdraget og tversover, for gårdsdrift og skogsdrift, og for all slags gående og kjørende trafikk. Men det kunne være store forskjeller fra vinter til vinter, både hva kulde og hva snømengde angår, og begge deler var avgjørende for hvor brukbare isveiene over vann og vassdrag kunne bli.

I de siste femti år har vi fått utbygget mer og mer av vår vannkraft, fler og fler av våre vassdrag er blitt regulert for å skaffe stor nok vannføring også om vinteren, og aller mest er tempoet i utbyggingen blitt økt i de siste ti årene. Det fører ofte til store forandringer i isforholdene, og det drives derfor nå systematiske undersøkelser av et særskilt iskontor i Vassdragsvesenet. Det gjelder ikke bare isveier og liknende problemer i vassdragene, det gjelder også tiltak for å redusere isvansker ved kraftverkter når kulden setter inn brått og tidlig på vinteren, før inntaksbassengene er blitt islagt.

I dette foredraget kommer jeg til å fortelle litt om de erfaringer som er gjort og om det innviklede, men også ytterst interessante samspillet som foregår mellom forskjellige varmeprosesser, når vann går over til is i en hvirvlende elv eller i stille vann.

Aller først skal vi nevne litt om hvor mye innstrålingen fra solen minker i vintermånedene, for det er hovedårsaken til underskuddet på varme.

Det er bare seks uker igjen til vintersolhverv og vi er nå midt i november. På Svalbard er det mørketid og ved Nordkapp er solen så vidt synlig midt på dagen. Her i Oslo er den bare 10 grader over horisonten kl. 12. Vi må langt sønderfor ekvator, til  $20^{\circ}$  s. br., helt ned i Sør-Rhodesia, før vi vil ha solen i zenitt ved middagstid, midt på himmelhvelvet over oss. Der sender solstrålingen inn mot det øverste laget av luften en mektig varmestrøm som vi kanskje best får et begrep om når vi sier at hver eneste kvadratmeter der får en varme som svarer til varmen fra en elektrisk panelovn på godt og vel 1 kW -- innstrålingen er nemlig 1400 watt pr. kvadratmeter flate som strålingen faller loddrett på.

Men jo mere skrått strålene faller på en flate, desto mindre blir det for hver kvadratmeter. Og enda rekker ikke all stråling ned til jordoverflaten fordi en stor del blir spredd utover eller absorbert. Selv i klarvær vil det her i Oslo på denne tid av året ikke bli mer enn omkring 100 watt pr.  $m^2$  av en horisontal flate, ved middagstid. Men en loddrett vegg eller et vindu rett mot syd vil riktig nok få omtrent 6 ganger så mye pr. kvadratmeter. Det er derfor ikke noe rart at når solen skinner synes vi den varmer gjennom et vindu midt på dagen selv om bakken utenfor er frossen. Men det betyr ikke mye, for dagen er jo kort.

Når det skyer over blir det brått mindre, bare en brøkdel, da er det bare den spredte solstrålingen som rekker ned til oss. Flyr vi gjennom et skydekke får vi tydelig demonstrert hvor sterkt skyene svekker lyset.

Når det i november er slik her sør blir det enda mindre varme å få fra solen lenger nordover, og alt i alt kan vi si at i selve vintermånedene hos oss er varmetilførselen til jordoverflaten gjennom solens stråling helt ubetydelig i forhold til varmetapet, som vi straks skal

behandle. Vi får si at Petter Dass hadde rett da han skrev "Nordlands Trompet" og i sin malende beskrivelse av "Nordlands Horizont, Elementer og Veirlig" skrev:

"Men Sagen, at Veiret langt haardere her  
End andensteds falder, det voldendes er  
Den poliske Circul hin koldes!  
Thi derfor ei Landet laa Polen saa nær,  
Fornam man i Sandhed et mildere Veir  
Iblandt vore klumpede Knolde."

Vannetapet fra jordoverflaten er av tre slag :

For det første varmeutstrålingen, for det annet vannetapet til den kaldere luften som støyker hen over overflaten, og for det tredje fordunstningen av vanddamp, som krever varme. Det er især fra åpent vann at fordunstningen spiller en rolle.

Vi kan ikke se varmestralingen, men vi føler den når vi får mere varmestraling enn vi selv sender ut, eller når vi får mindre.

Alle vet at om høsten kan det lett bli nattefrost hvis det klarner opp og er stille vær. Da kan vannpyttene trekkes over av is som så kanskje tiner når solen skinner. I Nord-Norge kan en oppleve dette midtsommers på fjellet. Jeg gikk en gang for mange år siden fra Kåfjord i Alta opp til Haldde-observatoriet. Det hadde vært sol uavbrutt et par uker, så det var best å gå om natten, ikke minst for myggens skyld. Men i midnattsolen var det behagelig varmt å gå i skjorteemene, og jeg mente at lufttemperaturen var bortimot  $10^{\circ}$ , mens midnattsolen stod som en gylden skive i nord. På fjellet lå det en og annen snøklatt igjen, og vannpytter var det nok av. Men på de vannpyttene som lå i skyggen av større stener, begynte det å trekke seg over is fra kantene, tynne stråler som fine fjær. Det var utstrålingen fra vannoverflaten til atmosfæren og himmelrommet som var hovedårsaken, for luften var helt stille.

En slik klar sommernatt kunne varmetapet på grunn av utstrålingen dreie seg om 50 watt pr. m<sup>2</sup>. Men hvis det skyer over vil skyene øke varmestrålingen tilbake mot jordoverflaten, og netto-tapet ved utstråling blir mye mindre enn ved klarvær. Nattefrosten hører sammen med klarvær.

Utstrålingen spiller en stor rolle for varmetapet fra åpent vann. En vinterdag med sterk kulde, når jorden i vid omkrets er snødekket, vil f.eks. en elv som går åpen i stryk få et nettotap ved utstråling som kan bli omkring 200 watt/m<sup>2</sup>. Omtrent av samme størrelsesorden er det varmetap som kald luft og fordunstning tilsammen forårsaker.

Etter de målinger og undersøkelser som er utført her i landet over disse varmeprosesser, kan vi grovt regnet si at ved sterk kulde svarer det samlede varmetap fra en åpen vannflate til omkring 400 watt pr. m<sup>2</sup>. Det er kanskje mere illustrerende å si, at hvis vi ville stoppe avkjølingen og hindre isdannelse, måtte vi tilføre vannoverflaten en varme som svarte til 400 watt pr. m<sup>2</sup>, f.eks. som strålevarme, for den ville bli absorbert i et meget tynt overflatelag. Ved middels sterk kulde ville det dreie seg om halvparten.

Nå i denne overgangstiden er det god anledning til å legge merke til hvordan vannpytter og vanddammer fryser til. De vil sikkert legge merke til at en vanddam blir islagt på den måten at det vokser ut et nettverk av tynne bjelker eller stråler av is, ofte fjerformet, og de vokser fra faste punkter på kanten, mens det til å begynne med er åpent vann mellom strålene. Disse strålene blir derfor tykkere enn den ishinnen som siden kommer over de åpne partiene, så man kan godt se mønstret i isdekket etter at hele vanddammen er islagt. Mens det er åpne vannpartier kan man måle selve vannoverflatens temperatur - det gjør man ved hjelp av varmestrålingen fra overflaten - og da finner man at vann-

flaten har temperatur litt under null, kanskje  $-1^{\circ}\text{C}$  eller så, når det er stille vær. Vannfilmen i overflaten er underkjølt, og det forekommer bestandig i åpent vann når isproduksjonen begynner. Dessuten er det nødvendig at det finnes kjerner av fast stoff som iskrystallene kan ha som startpunkt. Det kan være partikler som flyter i vannet eller det kan være fast stoff i materialet på kanten.

Men så snart det er dannet et sammenhengende isdekke er det slutt på underkjølingen der hvor isdekket ligger, det er bare åpent vann som kan bli underkjølt.

Denne underkjølingen av åpent vann spiller den aller største rolle i bekker og elver som går i stryk. Hele vannmassen kan bli underkjølt noen hundredels grader. Med spesielle forsiktighetsregler og et godt kvikksølvtermometer inndelt i hundredels grad kan man måle det.

Det hender også at f.eks. et inntaksbasseng til et vannverk eller et kraftverk blir utsatt for sterk kulde og pålandsvind, så alt vannet blir omrørt og avkjølt meget nær til frysepunktet. Den kalde vinden setter da i gang en overflatestrøm av underkjølt vann mot dammuren, strømmen går ned langs dammuren, og da kan iskrystaller vokse på selve inntaket og kanskje tilslutt tette det helt. Vi har eksempler på at inntaksrør på 20 meters dyp er blitt tettet av undervannsis under slike forhold. Dette viser at en underkjølt vannfilm fra overflaten ennå kan ha noe underkjøling i behold etter å ha passert 20 m gjennom nullgraders vann.

I grunne elver hvor vannet går i hvirvler vil en vannfilm som et øyeblikk var i overflaten snart etter stryke langs bunnen, og så etter igjen hvirvles opp i overflaten, hvor all avkjøling foregår. På hele denne veien vil iskrystaller kunne starte og vokse, eller kittes sammen. Det kan bli iskrystaller som flyter i strømmen som gaxx, eller det kan vokse bunnis på den stenete bunnen og fra strandkantene.

Bunnisen er en meget interessant form for is, helt forskjellig fra stålisen som dannes på stille vann. Bunnisen er ofte grønnlig av farge, den er ikke kompakt, tvært imot er den som et filter av krystaller hvor vannet siver igjennom. Under langvarig kulde kan bunnisen vokse til et tykt lag over hele elvebunnen. Derved løftes vannet og det oversvømmer strandisen som så vokser på oversiden, ofte på samme måte som isvull. Elven kjører. Samtidig dannes det stadig flytende sarr som lett kitter seg sammen til større drivende porøse isklumper. Bunnis og sarr har lett for å sette seg fast på grunne steder og lage demninger, som så kan vokse videre. En slik isdam kan bli et par meter høy og danne opp store vannmasser, og isdammen er stabil så lenge som den får tilført underkjølt vann. På denne måten omdannes elveprofilen til et trappeformig profil hvor fallet samles på korte strekninger med rolige partier imellom. På de rolige partiene er hastigheten liten og det vokser da et isdekk fra breddene mot midten og varmetapet nedsettes sterkt. Men samtidig opphører produksjonen av underkjølt vann der hvor isdekket ligger, og bunnisdammen vokser ikke mer. Derimot kan nå varmetilførselen få et overtak, det er jo stadig noe varmetvikling på grunn av hvirvlingen i strykene, og dessuten kommer det noe varme fra sol og himmel om dagen. Ja det kan også hende at fronten på isdammen ligger mot syd og kan få sol midt på dagen. Da kan det bli årsak til at isdamningen tæres i fronten så raskt at den øviker, så vannmassene tømnes som når en fløtningsdam åpnes. En flombølge kan da vandre nedover elven, kanskje ta med seg andre isdammer, renske elven for is og gå som en vinterisgang et kortere eller lengre stykke. Kallflo kalles en slik isgang i enkelte vassdrag.

Under naturlige forhold blir isdemningene som regel liggende i ro, og da tilsiget fra nedslagsfeltet avtar vil vannføringen i elven minke. Varmetviklingen i strykene er da nok til at vannstrømmen tærer et hovedløp, isdekket på isdammen synker ned, elven "skjærer seg ned"

som man sier, og får på den måten et dypere og smalere løp enn før, synlig eller mer eller mindre skjult under ismassene. I slike tilfeller er varmelikevekt oppnådd, varmetap og varmetilførsel er like store. Isforholdene har stabilisert seg. Det er naturens egen måte å regulere isleggingen på.

Mange av våre vassdrag ligger såpass nær kysten at mildvær og regn kan forårsake stigende vannføring og flom også i vintertiden. Erfaring viser at elvestrekninger hvor fallet er mer enn ca 2 m pr. km og hvor elvens løp ikke er for ujevnt, vil en vinterflom lettere utløse en isgang, enn på ujevne elvestrekninger hvor løpet veksler mellom trange og vide partier med forskjellig fall. Kommer isløsningen om våren med brå økning av vannføringen kan en vårisgang føre med seg store ismasser. Dette er særlig tilfelle hvis det i samme vassdrag har gått et par lokale isganger tidligere på vinteren. Da vil det for det første ligge pakkisbelter på strekninger hvor disse isganger stoppet opp, og dessuten er det blitt produsert ny is på de elvestrekninger som da ble rensket.

Det er især i slike tilfeller at isganger kan gjøre stor skade ved oversvømmelser av dyrket jord med avleiring av svære mengder isflak og pakkis, og ved graving i elvebakken på enkelte steder. Det vil være vel kjent fra Glomma, og særlig fra Nea og Namsen. For slike elver som nå er regulert og har fått stor vintervannføring, blir det et problem å redusere de åpne strykpartiene. Det kan man gjøre ved å bygge ut mesteparten av dem, men det kan også tenkes at man kan stabilisere naturlige bunnisdammer. Forsøk i denne retning i en passende forsøkselv er planlagt av Vassdragslaboratoriet ved NTH.

De isundersøkelser som er utført i årene etter krigen av Vassdragsvesenets Iskontor i samarbeid med Det offentlige Isutvalg, har vist at det er to viktige kritiske forhold som spiller hovedrollen for hva slags is det blir produsert i et vassdrag. Det ene er sammenhengen

mellom vannhastigheten i elven og den vanntemperatur som vil bevirke tæring av råk i isdekket og holde råken åpen selv ved sterk kulde. Hvis strømhastigheten øker f.eks. p.g.a. en døgnregulering til 0,8 m/sek. eller mer på en elvestrekning, kan det tæres råker selv om vannet bare er en hundredels grad over null. Såpass overtemperatur vil vannet få ved å passere et fall på ca 4 m.

Det annet er den erfaring som for så vidt ikke er ny, at på en strekning hvor elva fører nullgraders vann med drivende sarr, vil en vannhastighet som er større enn ca 0,6 m/sek. være kritisk. Ved mindre hastigheter vil det drivende sarr bli stanset mot iskanten på et allerede ialagt område, og derfra vil isdekket vokse oppover elven. Men hvis vannhastigheten blir større enn ca 0,6 m/sek., f.eks. ved at vannføringen økes, vil sarr og isklumper dukke under iskanten og føres videre under isen, til stillere partier, hvor sarret sauler seg som sarrbanker oppe under istaket. Det kan bli store mengder, og de kan enkelte steder forskyve hovedstrømmen som så kan grave i elvebakken.

Til slutt litt om isveier og istrafikk. Det er utrolig hvor oppfinnsomme og dyktige våre bønder i dalene har vært til å få istand isveier over strie elver. Naturligvis har man først og fremst brukt de brede og stille partier, eller kulpene mellom strykene, ofte der hvor det ellers er overfart for båt eller et fast fergested når elven er åpen.

Men der hvor elven har vondt for å islegge seg fordi strømmen er for sterk, er det forskjellige måter en kan bruke for å få en kunstig isbro. På noen steder gjør man det på den måten at man skjærer ut et langt og bredt isflak av strandisen og svinger dette flaket ut så det legger seg på skrå i strømmen fra den ene iskanten til den andre. Da blir vannhastigheten bremsset såpass at sarr og isbiter kan stoppe opp og så vokser isbroen videre både i bredde og tykkelse.



På andre steder legger man bukker ut i elven fra lakanten, og oppnår etter hvert å få en løbrygge som kan forlenges på samme måten inntil den har trukket over til den andre siden. Deretter kan den forsterkes ved at man måker på snø og løser vann over, så det fryser sammen og vokser videre til en brukbar bro.

I nyere tid har man gjort adskillig bruk av lønne, f.eks. tømmerlønner som strekkes tvers over elven for at et lødøkke skal begynne å legge seg og vokse oppover elven.

Når et vassdrag blir regulert så den får stor vintervannføring går det hardt ut over løveløne på elvestrekkningene. På linsjønene i vassdraget har andforholdene øvert mye å si for løforholdene, både i uregulerte og regulerte vassdrag. Det er viktig å holde løveler fri for snø, eller pake snølaget sammen, eller pumpe vann opp så det fryser ovenfra. Men man må nå for tiden ikke glømske at tunge lastebiler og traktorer med tilhengerer stiller mye større krav til bærsevnen av løen enn trafikk med høst og sløde. Og særlig skal man huske på at på ettervinteren, fra mars av, begynner solstrålingen å få stor makt om dagen. På Östlandet i mars vil det midt på dagen i klavær komme omkring 400 watt pr. m<sup>2</sup> i stråling fra sol og himmel, og selv om mye blir reflektert fra en isflate er det nok igjen til å tære på isen og gi noe varme også til vannet under isen.

Isen på vannene blir da etter hvert mørken, det foregår en omkrystallisering av stålisen til store loddrøtte prismar som henger dårlig sammen. Det er da langt fra tilstrekkelig å male isstykkelsen og stole på at isen er like sterk som stål.

Ved A/S Sulltjelma Gruber har man mangesidig erfaring for tung transport på is, fra den tid det manglet vel lange vannet fra Finn-eld til Sjønet.

Det er om å gjöre at isen ikk slår sprekker ved ujevn belastning og derfor ble det alltid brukt lange transportsleder med faste meier som ble slept, av beltetraktorer eller forholdsvis lette 4-hjuls-drevne biler. På svake steder ble det i de siste årene pumpet opp vann som da frøs ovenfra så isen ble sterkere. Etter langvarig mildvær eller etter stor nedbør kan det bli store dype tjønn på isen, og da må det hugges hull så vannet kan renne ned og isen løfte seg, ellers kan isen bli farlig oppsprukket. Verket hadde faste isloser for trafikken. De sørget for at løypene alltid var støket, at isen ikke ble overbelastet, og ellers forsterket ved pløying og oppumping av vann. Og alle som brukte isen hadde å følge islosenes anvisninger.

I en del av de norske fjordene som går dypt inn i landet kan det i enkelte år være isvanskuligheter. Det henger ikke bare sammen med hvor streng kulden er, men ennå mer spiller tilførselen av ferskvann til fjorden en rolle.

I jubileumsskriftet for L.A. Meyers forretning i Mo i Rana har Axel Coldevin fortalt om de vanskeligheter som isen på Ranafjorden voldte i enkelte år. Det var f.eks. en rekke vanskelige isår i 1890-årene. I 1896 og 1898 la isen seg allerede i november og ble liggende til mai. Så var det å kjøre folk, varer og post utover og ekspedere ruteskipene ved iskanten, det hendte at man kjørte helt til Hemnes.

"Mangfoldige ganger hendte det at hestene gikk gjennom isen. Men sledene ble gjerne stående. Under slik kjøring hadde hestene et solid tau om buken med en god tamp hengende oppkveilet på sleden og så hadde de naturligvis grime. Sjekene var festet til sledene med remmer, ikke med kjetting, og på sleden hadde kjørerne gjerne et par brede bord. Når så hesten datt i kuttet de den løs fra sleden, stakk bordbitene under den og la den over på siden, så fikk de tak i grima og tampen, og var det vanskelig å hale den inn spente de for en av de andre hestene.

For kjørerne var det et hekseslit å bakse med disse hestene som lå i vannet. Om enn sjøisen er seig var det ikke til å unngå at kjørerne ofte også plumpet i. Når karene kom hjem fra slike nattekspedisjoner, satt bestandig noen og ventet på dem med mat og noe varmt, og hadde hestene vært gjennom isen måtte kjørerne helle i dem en halv flaske brennevin! Det var billig medisin den gang."

Men gamle folk på Mo sier også, at når været var godt og isen sikker, kunne sledeturen ut til lokalbåten bli en hyggelig avveksling.

Til slutt vil jeg si til dem som har hørt på dette foredraget, at på förejulsvinteren kan man se nok av interessante eksempler på bunnis og isdammer, i nær sagt hver eneste bekk eller elv som går i stryk. Her i Oslo f.eks. lager Sognsvannsbekken forbi Gaustad sykehus, i strykene der, en rekke instruktive isdammer, og bunnis i rikelig mengde.