

NYERE UTVIKLING INNEN "KALD HYDROLOGI" I NORGE

Arne Tollan
Hydrologisk avdeling, NVE.
Oslo

Norge er et snørikt land. Vi anslår at halvparten årsnedbøren kommer som snø, dvs. ca. 700 mm snønedbør. I de mest nedbørrike områder på Vestlandet (Ålfotbreen) kan årlig snøfall nå opp i 10 m snødyp eller mer. Våre breer dekker 2745 km² eller en snau prosent av landarealet. Der breene finnes, setter de naturligvis et sterkt preg på landskap og hydrologi. Både snø, breer og is i vassdragene setter særlige krav til våre operative hydrologiske tjenester, og det er noen trekk fra de siste års utvikling på dette feltet jeg vil beskrive, ikke minst med sikte på norsk vannkraft. Mens Norges Vassdrags- og Energiverk i sin Hydrologiske avdeling har hatt et eget kontor for isundersøkelser siden ca. 1950, og glasiologiske undersøkelser siden 1962, har det ikke eksisteret en egen snøhydrologisk gruppe som del av organisasjonen før nå i 1987, da en snøseksjon med 3 personer er organisert ved avdelingens bre- og snøkontor.

Et godt grunnlag for en nasjonal snøhydrologi-tjeneste er en snødata-base. En norsk snødata-base ble etablert i 1984. Den inneholder data fra tradisjonelle punktmålinger og snøstrekk, de eldste kontinuerlige serier stammer fra 1930-årene (Hardangervidda, Tyssø). Fra senere år er det lagt inn data fra snøputer og spesielle stasjoner utstyrt med bl.a. ultralydmålere for snødybde. Et nødvendig, men tidkrevende arbeid for å kunne dra full nytte av databasene, bl.a. for forskningsformål, er detaljerte stasjonsbeskrivelser, og avmerking i terregnet for sikker

identifisering av lokalitetene. I dag inneholder snødatabasen data fra ca. 700 enkeltstasjoner som representerer et areal på 45000 - 50000 km².

I tillegg til konvensjonell måling av snøens vannekvivalent med snøprøve-rør (som ikke beskrives nærmere), har snøputer blitt tatt i bruk siden 1967. I dag er 7 snøputer i drift i Sør-Norge. De virker som kontinuerlige vekter, og registrerer enten ved flottørbevegelse eller ved trykksonde. Fordelen er enkel, kontinuerlig og nøyaktig registrering av snøens vanninnhold. Ulempene er liten representativitet (tilsvarende punktmålinger) og store installasjonskostnader.

For å oppnå bedre arealmessig representativitet i snømålingene er det

- (1) gjort utviklingsarbeid med snøradar, og
- (2) satellittfotografier er utnyttet.

Snøradar har vært forsøkt de siste 5 år, og utviklingsarbeid pågår fortsatt. Det benyttes en radar med to frekvenser. Tidsforsinkelsen i det reflekterte signalet avhenger av snødyppet, og faseforskyvningen er en funksjon av snøens tetthet og vannekvivalent. Når radaren er kalibrert for en viss tetthet vil den derfor gi snøens vannekvivalent. Forsøkene har vist at på tynt snødekke, < 100 mm, overestimeres snødybde og vannekvivalent. På våt snø har radaren god nøyaktighet opp til 250 cm snødybde (ca. 1000 mm vann), men med større feil ved større snødybder. På tørr snø er nøyaktigheten god op til 450 cm snødybde (ca. 1200 mm vann). For måling av snødyp med denne teknikken må snøens vannekvivalent være kjent.

Videre utvikling vil sikte mot en indikasjon av målingenes kvalitet uten omfattende kontrollmålinger.

Gammastråling fra bakken utnyttet også for snømålinger. Teknikken er ikke for tiden i operativt bruk i Norge p.g.a. begrensninger i den snødybde som lar seg måle, og vansker med å bestemme metodens nøyaktighet under ulike forhold (ikkelineær avhengighet mellom snøens vanninnhold og gamma-transmisjonen). For tiden er dessuten radioaktivt cæsium på bakken etter Tsjernobyl-ulykken et problem.

Satellitt-foto over snødekkete områder kan gi nyttige opplysninger, spesielt i smeltetiden, fra det tidspunkt 10-15% av nedbørfeltet er snøfritt. I Norge er NOAA-satellitter utnyttet for kartlegging av snødekket. NOAA-satellittene går i nesten-polare baner og er solsynkrone. De er utstyrt med mulitspektral scanner, MSS. Oppløsningen er ca. 900 m. Billedata tas ned i Tromsø telemetristasjon. Dataene er vesentlig brukt til å bestemme snødekningsgraden i utvalgte nedbørfelt for å kunne prognosere tilsig til kraftverksmagasiner. Andre satellitter med større oppløsning er ikke nødvendigvis bedre egnet til operative formål. Landsatbilder tar tid å få tilgjengelig, og satellittene har få passasjer pr. dag. SPOT-satellittens egnethet er mere uklar; stor oppløsning (10-15 m) gir store store datamengder og store kostnader. NOAA-bildene har vist seg nyttige til å bestemme den relative snøfordelingen, som viser seg ofte å være ganske konstant fra ett år til et annet. Dette forenkler opplegg for eventuelle bakkemålinger, og gjør modellberegninger enklere.

Også innen glasiologi er radarteknikk mye brukt, spesielt til større kartleggingsoppgaver av subglasial topografi. I flere tilfeller har norske vannkraft-prosjekter i breområder inkludert oppsamling av smeltevann under dalbreer for overføring til magasiner. Det er åpenbart avgjørende for anleggs- og driftsøkonomi at overførings-tunnellene under isen treffer vannstrømmen så presist som mulig. Her kan radarteknikk supplere mere tradisjonell

smelteboring, nå med TV-overvåking. Et spesielt, og interessant, problem oppsto siste år i samband med en innsjøregulering (Austdalsvatn) som er planlagt i Jostedalen. Reguleringen vil heve vannstanden opp på fronten av Austdalsbreen som er en utløper fra Jostedalsbreen. Radarmålinger af breens tykkelse ga overraskende resultater. Dalbunnen under breen er så flat og så nær planlagt høyeste regulerte vannstand at reguleringen kunne tenkes å få dramatiske konsekvenser: Oppflyting og kalving av Bretungen i magasinet, betydelig tilbakegang i en kanskje flere km lang kalvingsbukta og ødelagte turistruter til og på breen.

Bruk av breradar har i dette tilfellet gitt gode resultater fra 60 til 600 m dybde. Tolkingsusikkerheten er ca. 30 m.

Den praktiske nytten ligger også i en bedre bestemmelse av spesifikt avløp i $1/s \text{ km}^2$ fra nedbørfelt med bredekkete arealer. Bare med kjennskap til den subglasiale topografien er det mulig å fordele observert avrenning fra f.eks. platåbreer med flere utløpere.

Nøyaktig kartlegging av overflaten av enkelte breer med flere års mellomrom har gitt muligheter for kontroll av massebalanse-målinger, og med interessante resultater. Bl.a. gir slike kart bidrag til klimatiske studier.

I 1987-88 pågår oppdatering og ny-utgivelse av Breatlas over Sør-Norge med ialt 921 bre-enheter (utgitt des. 1988). En bre-enhet er i denne forbindelse ikke bare geografisk isolerte breer, men også utløpere fra platåbreer. En nyhet i breatlasen er opplysninger om farerisiko for turistferdsel på og ved breer. Sommeren 1986 omkom 7 personer i breulykker i Norge, og informasjonsarbeidet om risiko ved breene har blitt intensivert i samarbeid med Miljøverndepartementet og Statens informasjons-tjeneste. Sommeren 1987 (og 1988) omkom ingen i norske breulykker, uten at det er mulig å si hvilken betydning informasjonsarbeidet har hatt.

Is i vassdrag og vanntemperaturer har vært systematisk undersøkt i Norge siden ca. 1950. For temperaturmålinger brukes idag i stor grad

elektronisk selvregistrerende utstyr med datalogger: 12 kanals logger med fast-fase hukommelse for 1024 registreringer. Målefrekvensen er variabel mellom 8 min. og 12 t. Data overføres direkte via avlesningsutstyr i datamaskin. Vi har idag ca. 150 loggerstasjoner av et samlet nasjonalt nett på 300 vann-temperaturstasjoner.

Ismålinger i vassdrag ble ofte tidligere utført for å kunne vurdere trafikkforhold over is. Idag er dette mindre aktuelt, og isobservasjoner har oftere til hensikt å vurdere risiko for frostrøyk og annen tåke. Derfor er det snarere utbredelse og varighet av isdekke som er interessant idag, enn istykkelse og iskvalitet. Den nyere forskning om is og vanntemperaturer som er utført i Norge har særlig konsentrert seg om sirkulasjon og termikk i regulerte innsjøer. Råkdannelse ved utslipp til innsjøer har fått særlig oppmerksomhet.

Is i elvene stuver opp vannstanden ved 60% av de ca. 900 norske vannføringsstasjonene. Ved 40% forekommer oppstuvning regelmessig hver vinter. Et åpenbart tiltak for å redusere usikkerheten i vannføringsdata er direkte vintermålinger. Rutinemessig gjøres 150-200 vintermålinger hvert år. Antallet er ikke tilfredsstillende. Til støtte for "isreduksjon" brukes forøvrig:

- hydrogram fra nærliggende, ikke-oppstuvete stasjoner
- notater om isforhold
- lufttemperatur- og nedbørdata
- grunnvannsdata.

I tillegg til slike samtidige observasjoner, utnyttes:

- sammenlikninger med tidligere år
- tørrværs- (resesjons-) kurve

I praksis utføres isreduksjon grafisk med hjelp av et eget plottprogram. Som støtte for isreduksjonen kan også modeller brukes, (HBV-modellen med snørutine).

I et foredrag om kald hydrologi i Norge kan det passe å avslutte med en del av landet som virkelig er kald, Svalbard. Det har i de siste årtier vært utført både glasiologiske og meteorologiske målinger, og forskning omkring

permafrostfenomener på øygruppen. Men det har hittil ikke vært en eneste vannføringsstasjon i permanent drift. Dette blir nå endret. En stasjon opprettes i 1988 med støtte fra Norsk Hydrologisk Komite, og med gode utsikter til å utvide måleprogrammet til også andre hydrologiske elementer, så som nedbør og materialtransport. Interessante steder for fremtidige feltforskningsområder er bl.a. den elva som vannforsyner Longyearbyen, hovedsenteret for norsk Svalbard-virksomhet. Aktuell er også avløpet fra Brøgger-breen nær Ny-Ålesund. Denne stasjonen ligger nær 79° N, og er høyst sannsynlig den avløpsstasjon i verden som ligger nærmest en av polene.

Denne satsingen på Svalbard kan passende stå som et symbol på den betydning vi i Norge legger på "kald hydrologi", et arbeidsfelt som er godt egnet for nordisk samarbeid.

ÚTDRÁTTUR

Í Noregi fellur u.þ.b. helmingur ársúrkomu sem snjór. Jöklar eru mjög lítil hluti flatarmáls landsins, en setja greinilegt mark á vatnafarið þar sem þeir eru. Á Norges Vassdrags- og Energiverk var stofnuð „ísadeild" 1950 og „jöklaeild" 1962, en „snjódeild" var fyrst starfrækt 1987. Norskur snjógagnagrunnur var stofnaður 1984. Elstu samfelldu snjómælingarnar eru síðan 1930. Snjómælistaði verður að merkja nákvæmlega á staðnum til að fullt gagn verði að þeim. Nú eru skráð gögn frá 700 stöðum og þau gilda fyrir 45.000-50.000 km² lands. 1967 var fyrst reynt að mæla snjó með þrýstiskynjara og er það gert nú á 7 stöðum í Suður-Noregi. Til að láta snjómælingar gilda fyrir stærra svæði (ekki bara punktmælingar) hefur verið notast við radar og gervitunglamyndir. Snjóradar hefur verið á tilraunastigi síðustu árin. Gammageislamælingar hafa talsvert verið reyndar en þar er við margan vanda að eiga. Myndir frá NOAA gervitunglinu hafa gefið virkjanamiðlunum gagnlegar upplýsingar eftir að leysing er hafin. Leysing er lítt breytileg milli ára. Íssjá er mikið notuð til að ákvarða vatnasvið og afrennsli jökuláa. Gagnast hefur að kortleggja jökla með nokkurra

ára bili og bera svo saman við afkomumælingar jöklanna. Síðan 1950 hafa ísar á vatnasviðum verið rannsakaðir og hiti í vötnum mældur. Núorðið eru við lýði sjálfvirkir hitamælar til þess arna. Ísamælingar voru áður einkum vegna umferðar um vötn en nú þykir mestu máli skipta varmaskipti og straumar í miðlunum. Ís hefur áhrif á 60% af 900 vatnshæðarmæla í landinu. Að vetri er rennsli að jafnaði mælt 150-200 sinnum. Þetta er ekki nægilegt og eru ýmis atriði athuguð og mæld til að styrkja rennslismælingarnar. Í seinni tíð hafa farið fram þó nokkrar rannsóknir á jöklum og veðurfari á Svalbarða. Það var þó ekki fyrr en 1988 að fyrsti vatnshæðarmælirinn var settur upp. Aukin áhersla á vatnamælingar á Svalbarða er táknræn fyrir þá áherslu sem okkur í Noregi finnst beri að leggja á vatnafræði á heimsskautasvæðum.