NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN

METODIKK FOR SNØMÅLINGER

RAPPORT NR. 1-73

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO JANUAR 1973

NORGES VASSDRAGS-OG ELEKTRISITETSVESEN

Tom Andersen

METODIKK FOR SNØMÅLINGER

RAPPORT NR. 1-73

VASSDRAGSDIREKTORATET

HYDROLOGISK AVDELING

OSLO JANUAR 1973

FORORD

Det foregår i dag ikke organisert snøforskning i Norge, men snøen har meget stor betydning for en rekke virksomheter her i landet. Spesielt for kraftverk og reguleringsforeninger har kjennskapet til snøens fysiske egenskaper svært stor betydning, og målinger til støtte for beregning av snødekkets vannmagasin inngår nå som en fast del av driftsplanleggingen ved en rekke kraftverk.
På denne bakgrunn har foreliggende redegjørelse blitt til etter anmodning fra styret i Utvalget for tilsigsprognoser.

Bidrag til redegjørelsen er levert av tre av medlemmene i Arbeidsutvalget for tilsigsprognoser i form av eksempler på bruk av snømålingsdata hentet fra deres eget arbeidsted. Bildene som er brukt er tatt av Henrik Svedahl, Per Lofsberg og Kolbjørn Halgunset.

Oslo i januar 1973

Tom Andersen

Tom Andersen

INNHOLD

		Side
1.	GENERELT OM SNØMÅLINGER	4
2.	LITT OM SNØ	5
3.	METODER OG UTSTYR	7
	3.1. Punktmetoden	7
	3.1.1. Valg av målesteder	7
	3.1.2. Måling av snødybden	8
	3.1.3. Måling av tettheten	10
	3.1.4. Bruk av måledata	12
	3.2. Snøakkumuleringskart	13
	3.3. Bakkens naturlige radioaktivitet	14
	3.4. Snøputer	14
	3.5. Andre metoder	15
	Fotogrammetrisk kartlegging - Vertikalfotografering - Skråfotografering - Nøytronmetermålinger	
4.	SNØMÅLINGER I NORGE	15
5.	BRUK AV SNØMÅLINGSDATA	18
	5.1. Beregning av tilsig til Innset-verkene sommeren 1971. Av overing. Helge Ødegaard, Statskraftverkene	18
	5.2. Snemagasinets avsmeltning og effekt. Osen 1959/60 Av hydrolog Kåre Knudsen, Glommens og Laagens Brukseierforening	20
	5.3. Bruk av snømålingsdata. Av institutting. John Tveit, Institutt for Vassbygging, NTH	22
6.	IGANGSETTING AV SNØTAKSERINGER	26
7.	SAMMENDRAG	27
8.	LITTERATUR	28

1. GENERELT OM SNØMÅLINGER

Et særtrekk ved nedbørforholdene i Norge er at en stor del av årsnedbøren faller som snø. Nedbør i fast form kommer ikke umiddelbart vassdragene til gode, men akkumuleres i kortere eller lengere perioder i nedbørfeltene. Først når snøen smelter vil den faste delen av årsnedbøren gi tilskudd til avløpet i elvene. Dette bidrar til at fordelingen av avløpet i norske vassdrag blir skjev med en markert topp i vårsesongen. I en del norske elver er årsvariasjonen i avløpet så stor at en betydelig del av elvenes samlete årsavløp foregår i løpet av noen uker på våren.

Intense snøsmeltingsperioder vil ofte føre til store flommer i elvene og prognosering av vårflommenes størrelse har derfor fått stor betydning for all virksomhet langs elvene. Imidlertid har kjennskap til størrelsen av vannmengdene som kan ventes ved snøsmelting også fått stadig større betydning for kraftverkene. En riktig manøvering av reguleringsmagasinene krever best mulig kjennskap til de vannressurser som til enhver tid er til rådighet. Vurdering av snømagasinets vannforråd er derfor stadig viktigere.

På nedbørstasjonene observeres daglig hvor mye nedbør som er falt til alle tider av året. Men alene gir disse nedbørobservasjoner et altfor dårlig bilde av snømagasinene i nedbørfeltene. Dette har i første rekke to årsaker. Nedbørstasjonene har inntil nå blitt plassert der det er folk som kan observere dem. Dette medfører at de fleste nedbørstasjonene er plassert for lavt til å kunne gi informasjon om nedbøren i våre fjellstrøk. Terrengets høydenivå har svært stor betydning for nedbørens størrelse. Nedbørmengden øker med høyden over havet og med ulik styrke over ulike landsdeler. Den andre hovedårsaken til at nedbørobservasjonene gir et dårlig uttrykk for snømengden, er at vindhastigheten er helt avgjørende for hvor stor del av den virkelige nedbøren som oppfanges av nedbørmålerne. Undersøkelser har vist at ved vindhastigheter omkring 15 m/s (stiv kuling) oppfanger en vanlig nedbørmåler omkring 40% av nedbøren når den faller som snø. Jo lettere snøen er desto dårligere blir nedbørmålernes oppfangningsevne.

Andre metoder til å bestemme snømagasinets vanninnhold er derfor påkrevet når det er nødvendig med verdier med stor sikkerhet. Den eldste og mest anvendte metoden her i landet består i å måle snødybden og bestemme tettheten av snøen på representative steder i måleområdet. Allerede i 1924 ble

den første snøtakseringen foretatt av R. Søgnen ved Hydrologisk avdeling, NVE. Målingen foregikk ved Hakavik kraftverk ved Eikeren i Buskerud. Etter hvert har flere kraftverk og reguleringforeninger innsett betydningen av snømålinger i sine nedbørfelt og regelmessige målinger foretas nå på flere steder rundt i landet. Nye metoder for å bestemme snøens vanninnhold er også under utprøvning.

Interessen for snømålinger er stadig økende blant dem som leder driften av kraftverk. Vi vil derfor i denne redegjørelsen gi en orientering om noen aspekter vedrørende snøtaksering slik den er praktisert i Norge.

2. LITT OM SNØ

Tidsrommet bakken er dekket av snø varierer fra sted til sted og fra år til år. Normalt begynner varig snølegging allerede i september på de høyeste partiene av Finnmarksvidda. I lavereliggende deler av Sør-Norge begynner snøen normalt å legge seg i månedene november og desember. Snøsmelting kan i noen områder temporært finne sted hele vinteren, men full smelting finner sted normalt i perioden fra slutten av april til juni.

Dybden av snøen på et sted varierer naturligvis en del fra år til år. Middelverdien for enkelte felt her i Norge kan svinge mellom 0,60 m i et snøfattig år og 1,60 m i et snørikt år. Til enkelte tider er det målt snødybder på over 3 meter over store strekninger.

Fra snøen er falt og til den smelter har den gjennomgått en sterk og gradvis omvandling. Nyfalt snø har gjerne en hexagonal krystallstruktur i uforstyrret tilstand. I sterk vind opptrer snøen som oftest som små korn eller nåler. Tettheten av nysnø kan være så liten som 0,01 g/cm³ for såkalt dunsnø, men vanligvis regnes middelverdien for nysnøens tetthet som 0,1 g/cm³.

Påvirket av vind, trykk fra ovenforliggende lag, temperaturendringer, fuktighetsendringer og nedbør forvandles snøkrystallene til rundaktige korn. Tørr kornsnø har tetthet omkring 0,30 g/cm³. De runde snøkornene bygger opp en sekskantet plate som fører til dannelse av en sekskantet symmetrisk pyramide som er hul inni. En slik snøkrystall kalles ofte en begerkrystall. Når smelte-

punktet nærmer seg, avrundes begerkrystallen og snøen består igjen av rundaktige korn.

Når snøen har nådd smeltepunkts-temperatur tvers gjennom hele snødekket, sies den å være "moden". Når snøen har en tetthet på over 0, 50 g/cm³ kan den ikke holde på fritt vann når snøen tas opp for måling. Våt kornsnø har tetthet fra 0, 40 til 0, 55 g/cm³.

Under snøoverflaten er rommet fylt av krystallinsk snømasse og luft i porene i snøen. I porene kan det være fritt vann på grunn av nedbør eller smelting. Porevolumet er volum innesluttet hulrom i prosent av hele snøvolumet. Porevolumet varierer fra omkring 90% for nysnø til omkring 60% for våt kornsnø.

"Snøens kvalitet" er betegnelsen på mengden av krystallinsk stoff i en snømasse og defineres som vekten av den krystallinske snømasse i prosent av den totale vekt av snømassen. "Det frie vanninnholdet" i en snømasse defineres som vekten av fritt vann i snømassens porer i prosent av snømassens totale vekt. Kalles det frie vanninnholdet F og snøens kvalitet K blir altså:

$$F + K = 100 \qquad F \text{ og } K \text{ i prosent.}$$

Er snøens kvalitet 80% betyr dette at snømassen inneholder 20% fritt vann. Det er ikke vanlig å finne snø med høyere fritt vanninnhold enn 30%. Ved F= 5% begynner gjerne snødekket å avgi smeltevann.

Den størrelsen som har størst interesse når snømagasinet skal vurderes med henblikk på flom eller fylling av reguleringsmagasin er "snøens vannekvivalent". Denne størrelsen må ikke forveksles med den tidligere nevnte "snøens frie vanninnhold". Snøens vannekvivalent i et punkt på jordoverflaten regnes i mm og er den vannhøyde snølaget ville gi ved smelting. Det frie vanninnholdet er dermed inkludert i snøens vannekvivalent. Denne størrelsen kan måles enten ved å smelte en vertikal søyle av snødekket og måle vanndybden eller ved bestemmelse av snøens tetthet og snødekkets tykkelse. I siste tilfelle er snøens vannekvivalent lik produktet av tetthet og snødybde. Den første metoden brukes gjerne ved nedbørmålinger om vinteren. Den andre metoden brukes ved snøtaksering.

Selv om snøen har stor evne til å reflektere innkommende stråling, er strålingen den langt viktigste energikilde ved snøsmelting. Konveksjon og kondensasjon av vanndamp på snødekket har også stor betydning, mens direkte nedbør

ikke påskynder smelteprosessen i nevneverdig grad. Teleforholdene i bakken har stor betydning for hvordan smeltevannet skal løpe av. Hvis det ikke er tele i bakken ved smeltingen vil en del av smeltevannet synke ned i grunnen og gå via grunnvannsmagasinet til elvene. Smeltingens begynnelse kan ofte i slike tilfelle ikke oppdages direkte av limnigrammene for elvene. Er det dyp tele i bakken når snøen smelter vil alt smeltevannet løpe av som overflatevann og gi umiddelbar økning i elvenes vannføringer. Det er en viss fordunstning fra snøoverflaten hele vinteren men i smelteperioden om våren med relativt stor solhøyde kan fordunstningen fra snøoverflaten være større. Antakelig deler av mm/døgn. Derimot er fordunstningen fra et smeltende snødekke stor p. g. a. vann på og nær jordoverflaten mellom snøflekkene.

3. METODER OG UTSTYR

I de aller fleste snøtakseringer som foretas i Norge benyttes den såkalte punktmetoden, som består i å bestemme snøens tetthet og dybde på representative steder i måleområdet. Denne metoden vil derfor få bredest plass i denne redegjørelsen. Imidlertid vil det bli orientert litt om noen andre metoder for snøtaksering som kan brukes i Norge eller som er under utprøvning her i landet.

3.1. Punktmetoden

Når snømagasinets midlere vannverdi skal bestemmes for et felt etter denne metoden, er det innlysende at valget av målesteder er svært avgjørende. Viktig er det også at målingene foretas på det mest gunstige tidspunkt. De fleste måler snømagasinets vannekvivalent like før snøsmeltingen tar til og noen foretar flere takseringer i løpet av vinteren for å følge utviklingen av snømagasinet.

3.1.1. Valg av målesteder

Det er umulig å si noe bestemt om hvor mange steder innen et felt takseringer bør foretas. Stasjonstettheten avhenger helt av terrengtype, framkommelighet o. l. Snødybden varierer sterkt over et felt med forskjellige terrengtyper. I skogsterreng vil snøen i alminnelighet være noenlunde jamt fordelt over bakken mens det i fjellstrøk kan være store lokale variasjoner i snødybden. Selv om stasjonstettheten bør vurderes for hvert enkelt felt,

kan det nevnes at det er vanlig med 40 - 50 målesteder i et nedbørfelt med størrelse 1800 - 2000 km². Det vil si en målestasjon pr. 40 km². Noen steder vil det være ønskelig med en betydelig større stasjonstetthet for at de beregnede snømengder skal ha tilfredsstillende sikkerhet.

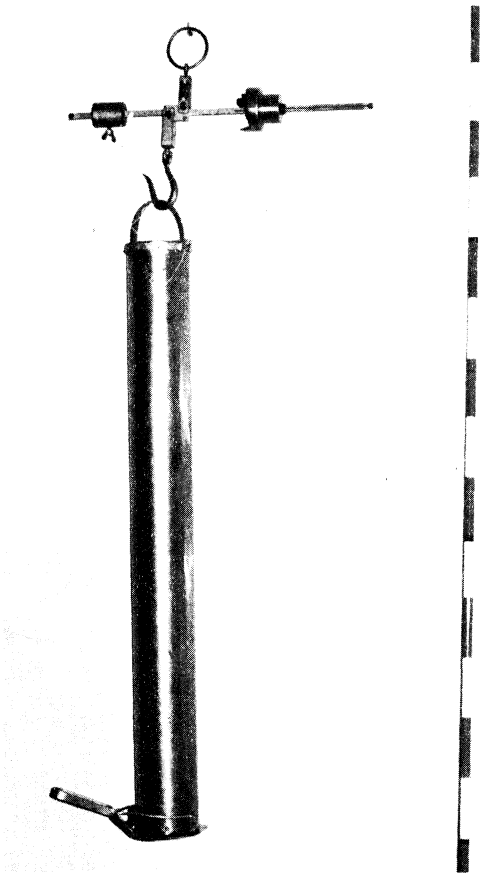
Målestedene bør velges der snøen ligger noenlunde uforstyrret og hvor det er liten mulighet for at snø stadig flyttes til og fra stedet. Etter at målestedene er tatt ut bør de under sommerforhold kontrolleres. Små ujamnheter bør fjernes (steiner, trestammer o.l.) for å hindre feilmålinger av snødybden.

Når målestedene endelig er fastlagt, bør de merkes opp slik at de samme stedene kan brukes år etter år. Målestedet kan være omkring 100 m x 100 m der dette er mulig. I fjellterreng vil det ofte være nødvendig å foreta målingene over et større område, f. eks. langs to parallelle strekk på 1 km. med tilsammen ca. 80 målepunkter. Stedene bør merkes i forhold til trær, kraftlinjer, spesielle steiner, elver osv. og de bør tegnes inn på et kart slik at observeringen ikke er avhengig av en enkelt eller noen personers hukommelse. Likevel er det i høgfjellet ofte vanskelig å finne igjen de faste målestedene.

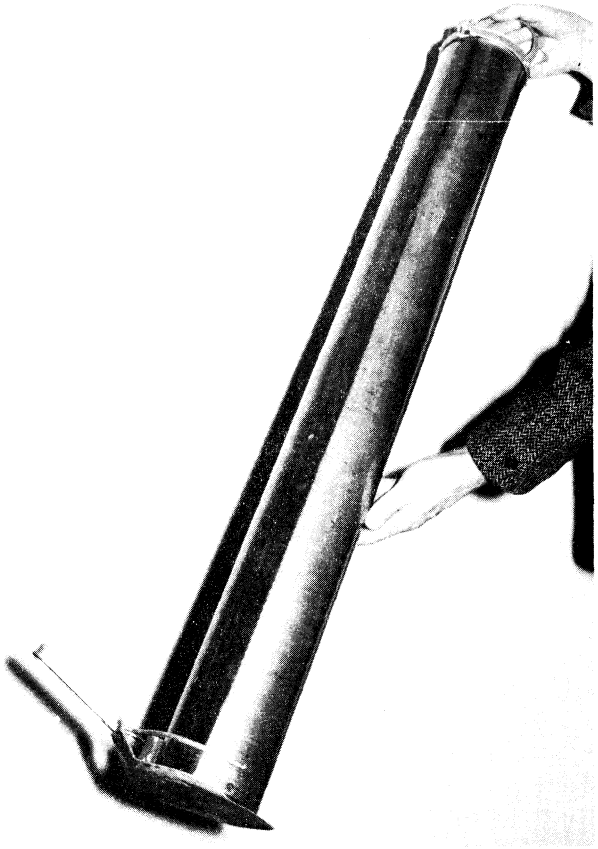
Det er bedre å måle på for mange steder enn for få. Etter en tid med målinger på mange stasjoner vil det ved hjelp av statistiske metoder være mulig å plukke ut noen få stasjoner som med ønsket sikkerhet kan representere hele feltet. En slik undersøkelse er foretatt for Tunhovdfeltet, og Aursundfeltet. I Tunhovdfeltet ble snøen taksert på 44 steder spredt rundt i feltet i perioden 1925 - 65. Analyser viste at 3 av stasjonene kan uttrykke snømagasinets størrelse med midlere avvik fra gjennomsnittet av alle stasjonene på ca. 3%. I Aursundfeltet gav 3 stasjoner en forklart varians på 0,99.

3.1.2. Måling av snødybden

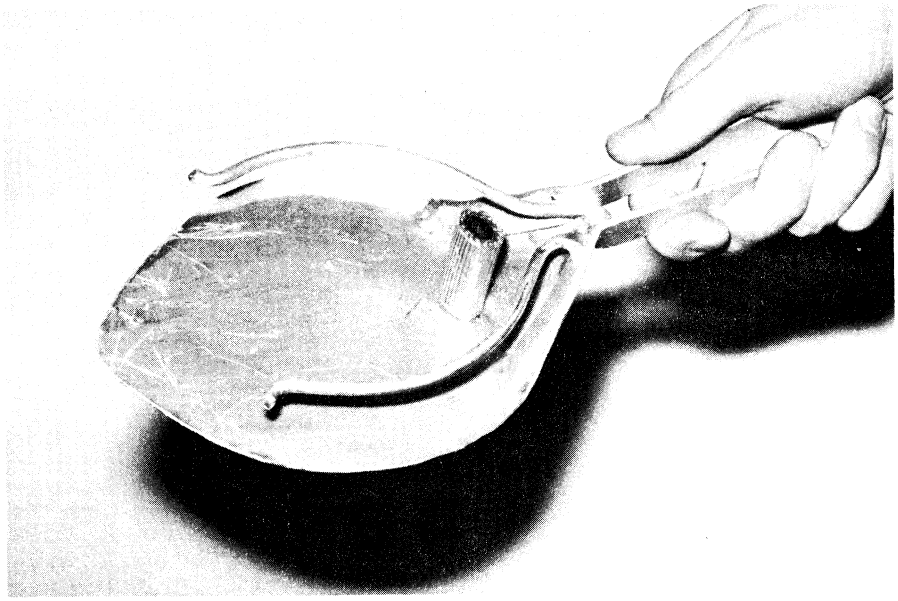
På hvert enkelt målested skal den midlere snødybden bestemmes. Til dette brukes en målestav,eller stikkstang, med en spiss eller egg nederst. Staver med egg er å foretrekke. Staven stikkes vertikalt ned i snødekket til den når bakken og snødybden leses av direkte på stavens skala. Det kan ofte være vanskelig å vite om staven har kommet helt gjennom snølaget for det er ikke sjelden at det er et islag like over bakken. Kjennskap til bakkens beskaffenhet har derfor betydning for observatøren. I alminnelighet foretas 40 - 50 stikk på hvert målested. Stikkene kan enten tas helt tilfeldig eller langs en fastlagt rute, f. eks. en sirkel eller to parallelle strekk. Stedets midlere snødybde



Figur 1. Sylinder for veiing av snø. Sylinderen er opphengt i en bismervekt. Til høyre stang for måling av snødybde.



Figur 2. Målesylinder med spade som lukker sylinderen nederst. Lokket øverst ved håndtaket kan åpnes.



Figur 3. Detaljbilde av spaden til målesylinderen. Spaden skyves inn på sylinderen mot venstre og de fjærende stålklemmene holder spaden på plass.

bestemmes som det aritmetiske middeltall av dybden ved hvert stikk.

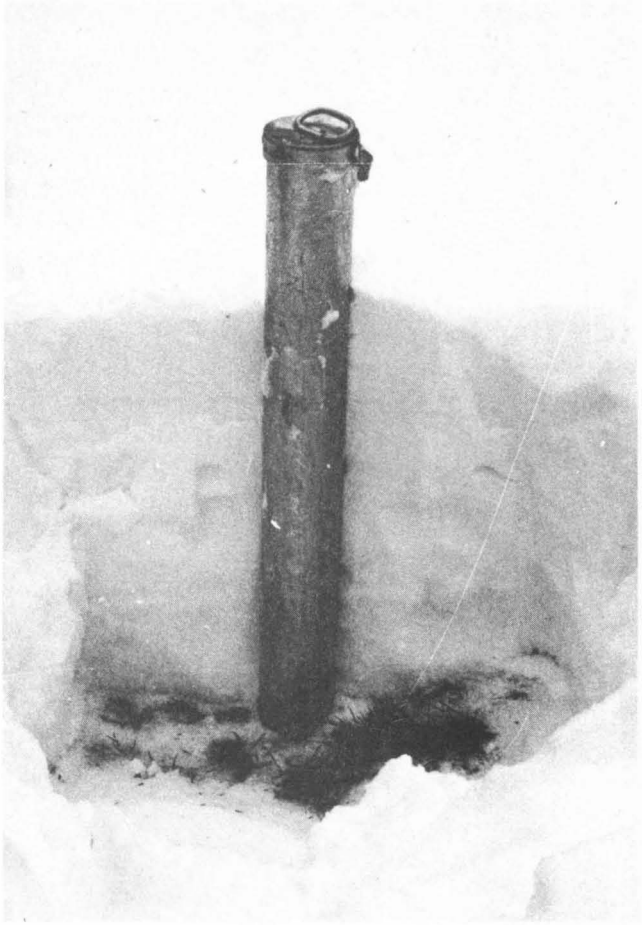
De målestaver som vanligvis brukes her i landet er 2 m lange og laget av aluminium. De er inndelt i vekselvis røde og hvite felt med 10 cm lengde på hvert felt. Innenfor hvert 10 cm's intervall anslås verdien av observatøren. I enden av stanga er det hull til feste av en snor, slik at den kan bindes fast til belte eller ryggsekk og henge etter observatøren. Prisen på en slik stikkstang er ca. 50 kroner. På figur 1 er gjengitt et bilde av bl. a. en stikkstang, og på figur 5 vises hvordan snødybden måles. Det fins også målestenger som kan settes sammen av mindre stykker. En type består av lengder på 0, 5 m og kan dermed transporteres i en ryggsekk, en annen type består av lengder på 1, 0 m. En har imidlertid dårlig erfaring med målestenger som kan settes sammen ved hjelp av bajonettlås.

3.1.3. Måling av tettheten

Det er snøens midlere tetthet langs en vertikal som måles. Måleutstyret består av en vekt og en metallsylinder som kan lukkes nederst ved hjelp av en såkalt "spade". Figur 2 viser målesylinderen med spade og på figur 3 gjengis et detaljbilde av spaden. Etter at målestedets midlere snødybde er bestemt tas en snøprøve på et sted der snødybden er mest mulig lik middeldybden. Snøprøven tas ved at målesylinderen stikkes loddrett ned i snøen til den når bakken. Sylinderen er sagtakket eller bølgeformet nederst slik at den kan dreies fram og tilbake for å lettere skjære gjennom tette snølag eller is like ved bakken. Når sylinderen er stukket helt ned graves et hull i snøen ved siden av sylinderen. Spaden som lukker sylinderen nederst settes på plass og sylinderen med snøsøylen er klar for veining. Det hender snøen følger med sylinderen når den tas opp også om spaden ikke settes på plass. Imidlertid er det en fordel å grave seg ned ved siden av sylinderen for å montere spaden, for da har en mulighet til å kontrollere om sylinderen har kommet langt nok ned og om det er vann eller is på bunnen. Bildet på figur 5 er tatt etter at snøsylinderen er stukket gjennom snødekket og hullet ved sylinderen er gravd. Etter at bildet ble tatt ble spaden montert nederst og sylinderen med snøen tatt opp og veid. Eventuell snø utenpå sylinderen fjernes før veining.

Veiningen foretas som oftest med en bismervekt, men det er ingenting i veien for at en tilstrekkelig god fjærvekt også kan brukes. På forhånd har en veid målesylinderen med spade. Total vekt minus vekt av målesylinder og spade gir vekten av snøsøylen. På figur 1 ses en målesylinder opphengt i en bismervekt og figur 6 viser en veining i praksis. Snødybden på det stedet snøsøylen

Figur 4. Snødybden måles med stikkstang.



Figur 5. Målesylinder som er stukket gjennom snødekket. Hull er gravd til bakken. Spaden er ikke satt på plass.

Figur 6. Veining av målesylinder med snøprøve med bismervekt.

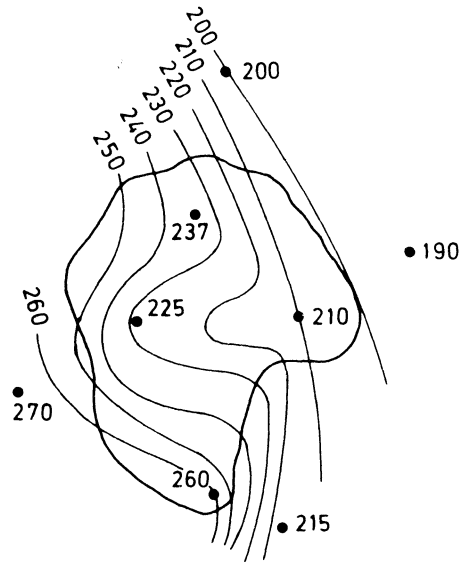
ble tatt ut måles nøyaktig. Sylinderens tverrsnitt er målt på forhånd. Sylinderens tverrsnitt multiplisert med snødybden gir snøprøvens volum. Når snøprøvens vekt og volum er kjent fås prøvens tetthet ved å dividere vekten med volumet, tetthet = vekt/volum. En regner at tettheten av snøen ikke varierer over målestedet. Hvis det er uensartete forhold på målestedet er det nødvendig å foreta flere veieprøver for bestemmelse av snøens midlere tetthet. I dyp snø eller i snø med islag kan det være nødvendig med flere veininger for å bestemme snøsøylens vekt.

Av målesylindere er det flere slag. Her i Norge har det i alle år vært brukt en sylinder som er omtrent 1 dm^2 i tverrsnitt og cirka 1 m lang. Nylig er det konstruert en forbedret utgave av den vanlige norske målesylinderen. Den har fått betegnelsen "Songa" - røret. På det nordiske ekspertmøtet om snøtaksering i Lammi i Finland (21. -23. mars 1971) ble det foretatt en sammenliknende undersøkelse av 6 målesylindere som er i bruk i Norden. Det norske røret "Songa" oppnådde best resultat av samtlige rør. Det anbefales derfor at dette røret brukes ved framtidige snøtakseringer. Spesielle trekk ved dette røret er en fals i sylinderveggen istedenfor klinker, bølgeformet skjærekant nederst og at skjærekantens tverrsnittareal er litt mindre enn sylinderens tverrsnittsareal. Målesylinderen som er avbildet på figur 1 og 2 er av den nye typen, men den som er brukt ved målingen på figur 5 og 6 er av den typen som er brukt tidligere. Prisen på en målesylinder med stikkspade er omkring 300 kroner. En bismervekt vil koste omkring 100 kroner.

3.1.4. Bruk av måledata

Når tettheten og middeldybden er bestemt på hvert enkelt målested som nevnt ovenfor i kapittel 3.1.2 og 3.1.3, fås snøens vannekvivalent på hvert målested ved å multiplisere tettheten med middeldybden. Resultatet blir en rekke punktverdier for snøens vannekvivalent fordelt over hele nedbørfeltet. Plottes disse punktverdiene inn på et kart kan nedbørfeltets totale snømagasin beregnes. Foregår snømålingene over flere dager, må de tidligste måleresultatene justeres for nedbør i måleperioden.

Det fins flere framgangsmåter for en slik beregning, men vi nevner bare den metoden som det har vært vanlig å bruke til nå, nemlig isolinjemetoden. På grunnlag av punktverdiene trekkes linjer gjennom punkter med samme vannekvivalent. Det er vanlig å trekke linjer for hver 25 mm eller 50 mm. Arealet mellom kurvene planimetreres og den totale vannmengde kommer fram ved å multiplisere arealet med midlere vannhøyde for hvert delareal og summere over alle delarealene. En ser bort fra snøen som er falt på feltets



ISOLINJEMETODEN

Isolinjer, mm	Areal mellom isolinjer, km^2	Vannmengde, m^3
200	14	2870
210	14	3010
220	17	3825
230	25	5875
240	16	3920
250	9	2295
260	5	1325
270		
	100	23120

Middel : $\frac{23120}{100}$ mm = 231 mm

Figur 7. Eksempel på bestemmelse av et felts snømagasin ved isolinjemetoden (hentet fra Otnes og Ræstad: Hydrologi i praksis).

sjøer, for den kommer vassdraget til gode allerede i vintertiden. På figur 7 er vist et eksempel på et kart med inntegnete isolinjer og et utsnitt fra beregningen av total vannmengde i feltet.

Ofte blir beregningen av det totale snømagasinet gjort mye enklere. Etter noen års beregninger kan det ved hjelp av lineær regresjonsanalyse etableres en relasjon mellom målestedenes vannekvivalenter og beregnet arealmiddel. Snømagasinet kan også finnes ved å ta det aritmetiske middel av verdiene på representative målesteder. F. eks. vil det aritmetiske middel av snøens vannekvivalent i målepunktene innenfor feltgrensene på figur 7 være 233 mm, altså i dette tilfelle litt større enn feltets middel beregnet ved isolinjemetoden. Ved å multiplisere med feltets areal fås snømagasinet.

Beregningene kan kontrolleres ved at nedbøren som faller fra målingene fant sted og til snøen smelter, legges til det beregnete snømagasinet. Dette totale vannmagasin sammenliknes med målt avløp ved feltets utløp i vårflommen. I de sammenlikner som er foretatt på denne måten ligger avviket vanligvis under 10%, hvilket må sies å være et godt resultat.

3.2. Snøakkumuleringskart

Meteorologisk Institutt gir fire ganger i året ut kart som viser summen av nedbør som er falt siden snøakkumuleringen begynte og fram til kartets dato.

Kartene gis ut i slutten av månedene januar, februar, mars og april. Nedbørsummene gis i prosent av den normale nedbør regnet fra snøakkumuleringens normale begynnelsestidspunkt fram til kartets dato. For at netto eller virkelig snømagasin skal kunne bestemmes for et sted ved hjelp av disse kartene må en kjenne normal akkumulert nedbør og størrelsen av smeltet og fordunstet vannmengde siden snøakkumuleringens begynnelse. Smeltevannsmengden kan anslås ved analyse av hydrogram fra feltet.

3.3. Bakkens naturlige radioaktivitet

Radioaktive metoder til bestemmelse av snøens vannekvivalent har vært kjent i 10 - 15 år. Forsøk med slike metoder startet i Norge vinteren 1967 - 68. Metoden bygger på at det fra bakken kontinuerlig foregår radioaktiv utstråling. Denne strålingen er tilnærmet konstant på hvert sted. Vann aborberer strålingen slik at graden av absorbsjon er et uttrykk for den absorberende vannmengde. Snøens vannekvivalent måles derfor ved denne metoden uten å gå veien om snødybde og tetthet. Utstyret kalibreres over bar mark.
Senere når snø er falt måles strålingen langs den samme ruten og absorbsjonens størrelse bestemmer snøens vannekvivalent.

Målingene er utført både i flatt og åpent skogsterreng i lavlandet og i kupert høyfjellsterreng. Det har vært utført samtidige målinger av radioaktiviteten fra ski, snøscooter og helikopter. Målinger er også utført fra fly. Samtidig ble det foretatt konvensjonelle snøtakseringer langs den samme ruten.

Resultatet av forsøkene er lovende. Av de ovennevnte måletypene viste helikoptermålingene seg å være de beste, fordi en da får en stråling integrert over et bredt belte omkring helikoptrets kurs. En stor fordel ved bruk av helikopter eller fly er at målingene kan ta betydelig kortere tid enn konvensjonelle snøtakseringer. Operative målinger har vært utført siden 1970/71. Vinteren 1972/73 vil det bli utført snømålinger etter denne metoden fra fly over fjelltraktene fra Røldal/Suldal til Aura.

3.4. Snøputer

Ved hjelp av en snøpute kan trykket fra et snødekke bestemmes til enhver tid og en får også ved denne metoden en direkte måling av snøens vannekvivalent. Puten er laget av nylonvev belagt med neopren. Den er sirkulær og overflaten er 10, 5 m². Puten er fylt med en blanding av etanol og vann for å hindre frysing, og væsken i puten er forbundet med et flottørkammer ved et rør. Trykket på puten registreres med en vanlig limnigraf. En snøpute angir snøens vannekvi-

valent bare over putens overflate og den egner seg godt til sammenlikning mellom en vanlig nedbørmålers akkumulerte nedbør og virkelig nedbør som trykket på snøputen representerer.

I Norge er det i drift 5 snøputer. Den første ble satt i drift i 1967. Kartet på figur 8 viser hvor snøputene er plassert. Putene har stor driftsikkerhet og kontrollmålinger har vist at de ganske godt viser akkumulert snø på stedet. Snøputer gir også mulighet til i detalj å følge snødekkets avsmeltning.

3.5. Andre metoder

Vi vil for orienteringens skyld kort nevne noen andre metoder som har vært forsøkt i Norge.

Fotogrammetrisk kartlegging har vært utført av Vegvesenet. Metoden gir relativt stor nøyaktighet av snødybden, ± 20 cm, men utgiftene til framstilling av fotogrammetrikart over store områder er så høye at metoden neppe vil få anvendelse til snøtakseringsformål.

Vertikalfotografering fra fly har vært benyttet til å bestemme snødekkets utbredelse. På Fillefjell har metoden vært brukt til å anslå størrelsen av snømagasinet som "oversomrer".

Skråfotografering fra fly av snøstaker har vært forsøkt i Telemark. Stakene har en skala med 0,5 m's inndeling og fotografiene analyseres med målelinse. På forhånd er det etablert relasjoner mellom midlere snødybde i et område og snødybden ved målestaken. Veiing av snøen foretas ved 3 - 4 staker. Resultatet av takseringen kan være klart mindre enn ett døgn etter hjemkomst.

Nøytronmetermålinger ble forsøkt i Norge vinteren 1965 - 66. Konklusjonen på forsøkene var at nøytronmetermålinger i dag ikke er egnet til snøtakseringer. Dette bl.a. fordi utstyret er svært tungt og at metoden bare gir punktverdier for snøens vanninnhold gjennom hele snødekket.

4. SNØMÅLINGER I NORGE

Som nevnt innledningsvis har interessen for snøtakseringer i kraftverkenes nedbørfelt stadig blitt sterkere og kraftverkene har utvilsomt stor nytte av beregningene av snømagasinets størrelse før smelting. Hydrologisk avdeling ved NVE mottar hvert år resultatet av snøtakseringer utført av en rekke

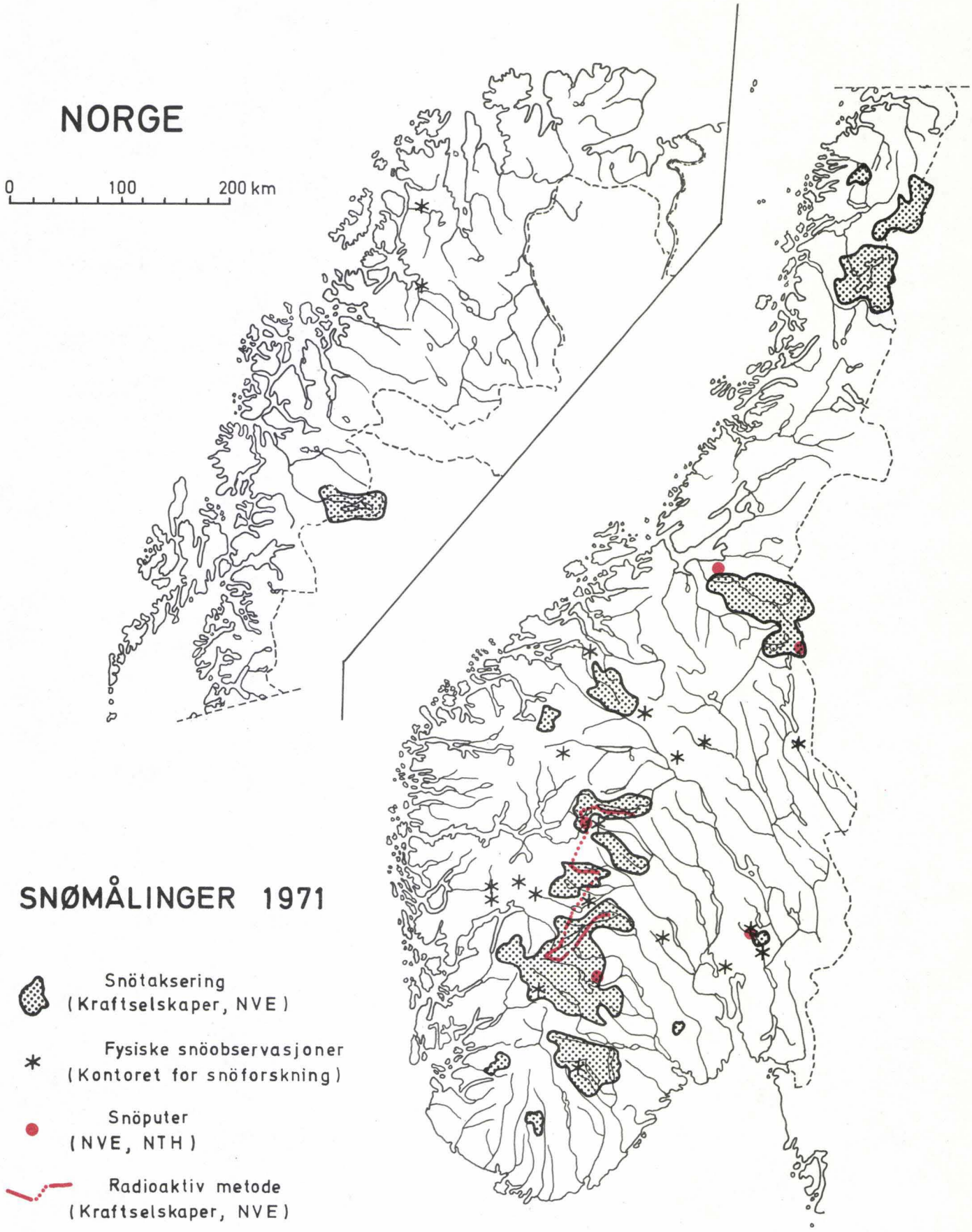
kraftverk. Avdelingen utfører også selv en del takseringer. Nedenfor er gjengitt en oversikt over de institusjoner som regelmessig lar utføre snøtakseringer og feltene der takseringene foretas.

Måleområde	Ansvarlig institusjon
Altevann	Statskraftverkene
Arendalsvassdraget	Arendals Vassdrags Brukseierforening
Aura	Statskraftverkene
Aursjø	Glommens og Laagens Brukseierforening
Aursunden	NVE, Hydrologisk avdeling
Breidalsvatn	Glommens og Laagens Brukseierforening
Brokke	Otteraaens Brugseierforening
Bægnavassdraget	Foreningen til Bægnavassdragets regulering
Fillefjell	NVE, Hydrologisk avdeling
Fundin	Glommens og Laagens Brukseierforening
Glomfjord	Statskraftverkene
Grytafeltet	NVE, Hydrologisk avdeling
Hemsil	Oslo Lysverker
Holselv	" "
Lyseheiene	Lyse kraftverk
Møsvatn	Øst-Telemarkens Brukseierforening
Mår	" "
Nidelv	Trondheim Elektrisitetsverk
Numedalslågen	NVE, Hydrologisk avdeling
Osensjøen	Glommens og Laagens Brukseierforening
Rana	Statskraftverkene
Romeriksfeltet	NVE, Hydrologisk avdeling
Røldal/Suldal	A/S Røldal/Suldal Kraft
Røssåga	Statskraftverkene
Sagelva	NTH, Institutt for Vassbygging
Savalen	Glommens og Laagens Brukseierforening
Skjerka	Vest-Agder Elektrisitetsverk
Storsjøen	Glommens og Laagens Brukseierforening
Tokke	Statskraftverkene
Tyin	A/S Årdal og Sunndal verk
Tysso	Aktieselskabet Tyssefaldene
Vik i Sogn	A/L Vikfalli
Vinstra	Glommens og Laagens Brukseierforening

Det er mulig at det er institusjoner som regelmessig foretar snøtakseringer som ikke står på listen over. Likeledes er det en mulighet for at ikke alle institusjonene på listen foretar regelmessige snøtakseringer hvert år.

I 1971 ble det for kraftverk foretatt snøtakseringer i omkring 800 punkter fordelt over 40 - 50 000 km² av kraftverkenes nedbørfelt. De fleste målingene til dette formål blir foretatt av kraftverkenes eget personale.

For å illustrere hvilket område de nevnte snøtakseringer dekker, er det på



Figur 8. Nedbørfeltet til Ossjøen og Storsjøen og noen mindre felt er ikke kommet med på kartet. (hentet fra IHD: Hydrologisk virksomhet i Norge).

figur 8 gjengitt et kart som viser snømålinger i Norge foretatt i 1971. Kartet viser områder der det foretas konvensjonelle snøtakseringer, plassering av de 5 snøputene som er installert her i landet, rutene for snømålinger ved overflyvning (radioaktive metode) og steder kontoret for snøforskning hadde sine snømålingstasjoner. Dette kontoret er nå nedlagt, men har publisert oversiktsrapporter med snødata for vintersesongene 1965-68. Det går fram av kartet at områdene der snømålinger foretas for en stor del er samlet i fjellstrøk i det indre av landet. Kartet viser også tydelig at det er store deler av landet der det ikke foretas snøtakseringer og beregninger av det disponible snømagasinet. Det er å håpe at det i disse områdene er interesse for igangsetting av snøtakseringer slik at en etter hvert vil få et større materiale til vurdering av snømagasinets fordeling over hele landet.

5. BRUK AV SNØMÅLINGSDATA

Når snømagasinets størrelse er beregnet etter de beskrevete metoder, vil den videre anvendelse av de størrelsene som er beregnet være helt avhengig av hva de enkelte kraftverk eller regulanter har av behov med hensyn til manøveringsreglement, fløtningsbestemmelser, avtaler om minstevannføringer, vannsparing, forhåndstapping av magasiner av hensyn til påventet flom osv. Det kan derfor ikke gis noe standardbeskrivelse av bruken av snømålingsdata. For allikevel å gi et innblikk i hvordan dataene kan anvendes skal det presenteres tre eksempler på bruk av snømålingsdata. De tre eksemplene er relativt ulike og utfyller hverandre godt som belysning av mulighetene til utstrakt anvendelse av snømagasinberegningene.

5.1. Beregning av tilsig til Innset-verkene sommeren 1971

Av overingeniør Helge Ødegaard, Statskraftverkene.

Snømagasin	95% av normalt (fra måling eller Met. Inst.'s snøkart)	
Midlere snødybde	1,55 m	fra snømåling
Midlere vanninnhold	28%	fra snømåling
Midlere vannhøyde i felt	436 mm	fra snømåling

Normalt snømagasin er 40% av årstilsig (ÅT)

Forventet tilløp fra snø:	40% . 0,95 =	38% av ÅT
Normalt tilløp 1. 5. - 1. 8. (50% sannsynl.) =		64 -"- (fra tilsigsstatistikk)
Derav normalt tilløp fra snø =		40 -"-

Tilløp utenom snø (regn, grunnvann) 64 - 40%	=	24%	av ÅT
Normalt tilløp 1. 8. -15. 10. (50% sannsynl.)	=	21	-"- (fra tilsigsstatistikk)
Tilløp 1. 5. -15. 10. som ikke kommer fra snø = 24% + 21%	=	45	-"-

Det er antatt at snøen smelter og renner av i perioden 1. 5. - 1. 8.

Som eksempel betraktes tilsiget til Altevann.

Felt 1353 km², ÅT =	1009 mill. m³
Magasin 1. 5. 71	60 " "
Forventet tilløp 1. 5. -15. 10. 1009 (0, 38 + 0, 45)	837 " "
Forventet magasin 15. 10. 1971:	897 mill. m³
Maks. mag.	1027 mill. m³
	= 87% fylling

Det ble observert et tilsig på 870 mill. m³ (mot beregnet 837 mill. m³). Dette tilsvarer en differanse på (870 - 837) /1009 = 3, 3% av årstilsiget. Dette skyldtes delvis at nedbøren i denne perioden var 114% av normalt. Som eksempel er det her valgt en enkel metode som skulle kunne nyttes de fleste steder og som gir den nødvendige nøyaktighet for drift av større reguleringsmagasin. Snømagasinet utgjør de fleste steder i høyfjellet ca. 40% av årstilsiget, ca. 35% nær kysten.

Når en har ytterligere opplysninger som grunnvannsnivå, langtidsvarsel etc. kan en justere uttrykket:

Forventet tilløp = 1009 (0, 38 + 0, 45), hvor snøandelen er 38% og de øvrige komponenter 45%. Om en på forhånd hadde fått opplyst at forventet nedbør er ca. 10% over normalt ville en korrigere på denne måte:

Forventet tilløp:

1009 (0, 38 + 0, 45 (1, 10)) = <u>883 mill. m³</u>

Dette ville gitt en differanse på
(870 - 883) / 1009 = 1,3%

Snømagasinet kan også bestemmes ut fra Meteorologisk Institutts snøkart. En må da ta hensyn til avrenning i vinterperioden.

5.2. Snemagasinets avsmelting og effekt. Osen 1959/60.

Av hydrolog Kåre V. Knudsen, Glommens og Laagens Brukseierforening.

Ad kontroll og anvendelse av snemålinger.

Eksempel: Osen. Nedbørfelt 1190 km² hvorav ca. 96% er landareal
Brutto årsnedbør (Årlig avløp og fordunstning) 1040 mill. m³
Normal årsnedbør (Punktnedbør) 660 mm

Arbeidshypotese: Snemagasinet forholder seg til brutto årsnedbør som sesongnedbøren til normalnedbøren. "Sesongen" er sneakkumuleringsperioden.

For å få rede på snemagasinets størrelse mens det ennå er tid til å forandre tappingen, foretas foreløbige snemålinger tidlig i sesongen. Erfaringsmessig er målinger på et fåtall punkter tilstrekkelig.

Videre utføres en grundigere snemåling i slutten av sesongen.

5.2.1. Foreløbige snemålinger tidlig i sesongen.

Målinger på 7 representative punkter 28.1.1960 gir en gjennomsnittlig nedbørhøyde på 198 mm, dvs. et snemagasin på (1190 · 0,96 · 0,198) mill. m³
= 226 mill. m³

1. Kontroll ved hjelp av observert nedbør:

Begynnelsesdatoen for sneakkumulering bestemmes ved korreksjon av observert lufttemperatur 0,6 °C pr. 100 m høydedifferanse. Nedbøren i akkumuleringsperioden 15.11. til 28.1 183 mm. Brutto snemagasin ifølge arbeidshypotesen $\frac{183 \cdot 1040 \cdot 0,96}{660}$ = 280 mill. m³

Avsmeltet 26 " "

Netto snemagasin ca. 254 mill. m³

2. Anvendelse.

Overført magasin av hensyn til lokale forpliktelser.

Ved Osen er overføringsdatoen 10. 4, og lokale forpliktelser er følgende:

Tapping for Osfallet kraftstasjon 10. 4 - 31. 5	ca. 66 mill. m³
Fløtningsmagasin pr. 31. 5	" 124 " "
Til disposisjon 10. 4 trengs netto	ca. 190 mill. m³

Med normal effekt av sne og nedbør (76%) trengs		250 mill. m³
" laveste " " " " " (58%) "		328 " "
Målt snemagasin pr. 28. 1		226 " "
Nødvendig nedbør m/normal effekt	22 mill. m³ dvs.	14 mm
" " m/laveste "	100 " " "	63 mm
Normal nedbør 28. 1 - 31. 5		148 mm

5. 2. 2. Endelige snemålinger pr. 6. 4. 1960.

Resultatet av målinger: Netto snemagasin = 345 mill. m³

1. "Kontroll".

Nedbør i akkumuleringsperioden 15. 11 - 6. 4 : 240 mm

Brutto snemagasin: $\frac{240 \cdot 1040 \cdot 0.96}{660}$ =	364 mill. m³
Avsmeltet (finnes ved hjelp av grunnvannskurver)	26 " "
Netto snemagasin	338 mill. m³

2. Anvendelse.

Avsmeltningen kan følges dag for dag ved hjelp av et skjema som er gjengitt i tabell 1 på neste side. (1 mm målt nedbør tilsvarer $\frac{1 \cdot 1040}{660}$ = ca. 1. 5 mill. m³ brutto nedbør). Etter 31/5 avtar tilsiget tross fortsatt nedbør, dvs. det er grunn til å tro at snemagasinet er helt avsmeltet. Når differansen mellom sum sne og nedbør (vanntilgangen) og samlet tilsig når et minimum (x), er dette uttrykk for vanntap eller forsvinningen som sammensetter seg av fordunstning, vegetasjonens behov og tilskudd til grunnvannsmagasinet.

Dato	Observert nedbør	Sum fra 6/4		Sum sne + nedbør i mill. m³ med effekt Norm.	Lavest		Obs. tilsig samlet fra 6/4		Diff. mellom sum sne + nedbør og samlet tilsig i mill. m³ Effekt norm.	
	mm	mm	mill. m³	100%	76%	58%	mill. m³	mill. m³	100%	76%
6/4										
10	0	0	0	345	262	200	1,4	1,4	344	261
15	11,4	11.4	17,1	362	267	210	3,2	4,6	357	262
20	0	"	"	"	"	"	6,0	10,6	351	256
25	0	"	"	"	"	"	13,5	24,1	338	243
30	0	"	"	"	"	"	14,0	38,1	324	229
5/5	6,0	17,4	26,1	371	282	215	19,1	57,2	314	225
10	3,4	20,8	31,2	376	286	218	42,6	99,1	276	187
15	0	"	"	"	"	"	69,7	169,5	206	116
20	0	"	"	"	"	"	54,9	224,4	152	62
25	13,0	33,8	50,7	396	301		32,1	256,5	139	44
31	23,1	56,9	85,4	430	327		37,5	294,0	136(x)	33
5/6	25,4	82,3	123,5	469	356		28,0	322,0	147	34
10	20,5	102,8	154,2	499	379		14,0	336,0	163	43
15	29,4	132,2	198,3	543			17,0	353,0	190	

Tabell 1. Skjema som viser avsmeltningens forløp.

Minimumsdifferansen viser at på dette tidspunkt kan en regne med at snesmeltingen er slutt.

Forholdet mellom samlet tilsig og vanntilgang angir da avløpskoeffisienten

(Effekten) = $\frac{294}{430}$ = 0,685.

Med denne effekt blir f. eks. restmagasinet av sne pr. 30/4:

(362 · 0,685 - 38) mill. m³ = 209 mill. m³.

Beregningen er bare tilnærmet bl. a. fordi vanntapet øker noe i løpet av vårsesongen.

Hvis det pr. samme dato var regnet med normal effekt, ville resultatet blitt: (267 - 38) mill. m³ = 229 mill. m³.

5.3. Bruk av snømålingsdata

Av instituttingeniør John Tveit, Institutt for Vassbygging, NTH.

Vedlagte døme på eit skjema for tilsigspredikering kan illustrera korleis ein

kan gjera bruk av data for snømagasin. Skjemaet er gjengitt på neste side.

Nytten av slike data går det an å resonnera seg til så nokolunde.
Det er tydeleg at nytten av data for snømagasin delvis er avhengig av andre prognosedata, fyrst og fremst nedbørstatistikker og data for grunnvatnet.

Forklaring til "oversynsskjema for tilsigspredikering".
Skjemaet er sett opp som eit utkast for predikering for felta øverst i Neavassdraget. Fordi reguleringsgraden er forskjellig frå felt til felt (til dels store variasjonar) er det nødvendig å ta kvart delfelt for seg. Namnet på felta står oppført i kolonne 1. Når det er fleire felt i serie (her t. d. Sylsjø-Nesjø) bør desse førast like over ein annan, og det er mest praktisk å operera med restfelt for dei lågare-liggjande felta.

Vi tek utgangspunkt i den rekneskapen som er heilt sjølvsagt for alle kraftverk, nemleg føring av innhaldet i dei kunstige magasina. Dette er det berekna plass til i kolonne 2.
Når vi så går videre fører vi opp dei naturlege magasina i feltet i tillegg til dei kunstige som står i kolonne 2. Dei naturlege magasina vil vera snømagasin og grunnvassmagasin, som det her er sett av plass for i kolonne 3 og 4. Ein nøyereknande hydrolog ville her hatt med ei kolonne for jordfukt i umetta sone ("markvatn"), men for å ikkje gjera dette for vidløftig har vi her tenkt å rekna dette saman med grunnvatnet. Sannsynlegvis gjer ein ikkje så særleg stor feil med det, i alle fall ikkje for fjellfelt.
Sjølv om vi altså ynskjer å konsentrera oss om snøen, slepp vi heller ikkje unna vurderingar for grunnvatnet. For grunnvatnet vil det vera mest praktisk å rekna med nedtapping i høve til ein eller annan normaltilstand, gjerne den vi har når vi etter ein relativt langvarig regnperiode kjem ned på gjennomsnittleg vassføring.

Det vert såleis bruk for turrverskurve. Der det ikkje er sett opp slik kurve, kan ein kanskje nytta hydrogrammet for 10. nov. 1965 - 5. mars 1966 som ei slik. Elles kan vinteren 1969 - 70 eller 1967 - 68 gje god illustrasjon av turrversutvikling. Magasintilstanden kan ein summera saman i kolonne 5. Den verdien vi får der vil gje ei rund orientering om tilstanden, men han kan ikkje nyttast direkte for driftsplanlegging.

Dei eigentlege prognosene skal så utviklast gjennom kolonnene 6 - 11.

OVERSYNSSKJEMA FOR TILSIGSPREDIKERING

Delfelt	Tilstand den: Dato				Prognose fram til: Framtidig dato						
	Magasin innhald	Snø magasin	Grunn-vass nedt.	Sum maga-sin	Nedbør	For-damping	snøsm + snøakk-	Grunnv. balanse	Flaum-tap.	Til disp. mill. m^3	Til disp. GWh
Sylsjø											ved normal nedb. ved minste -"-
Nesjø											
Stugusjø											
Finnkoihøgda											
Nedre Lødøfja											
Kolonne nr.	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Prognosetidsromet kan sjølvsagt vera forskjellig, men i samband med snømåling og snømagasin er det mest interessant med prognoser frå eit eller anna tidsrom om vinteren fram til snøsmeltinga er slutt.

I dette tidsromet må ein rekna med ei viss mengd nedbør, som ein fører i kolonne 6. Nedbørmengda er sjølvsagt usikker, og derfor vil det vera mest rimeleg å utvikla prognosene etter to eventualitetar, ein mest sannsynleg verdi (tilsvarar statistisk gjennomsnittleg nedbør i tidsromet) og ein dårlegast påreknelеg. Derfor er linjesetta doble for kolonne 6 - 12.

Likedan vil det verta ei viss fordamping som vi må vurdera og føra i kolonne 7.

Så kjem vi til kolonne 8 for snøsmelting. Smelta snø kjem i tillegg til nedbøren. Lagar vi prognoser om hausten eller for tidlegare periodar av vinteren, må vi kalkulera med ei snøakkumulering som vil koma som frådrag.

Når vi har skaffa tal for kolonne 6, 7 og 8 har vi samla tilskot av nytt vatn i feltet, og dette saman med grunnvasstanden vil avgjera kor mykje grunnvassmagasinet vert auka eller redusert i tidsromet. Denne utrekninga kan vi ikkje gå nærare inn på her. Det er sjølsagt slik at grunnvassmagasinet aukar i periodar med mykje tilgang på vatn og minkar i periodar med lite, og i kollone 9 fører vi forskjellen vi reknar med å få i grunnvassmagasinet.

I dei tilfelle det er delfeltregulering kan det verta tap frå eit delfelt (eller eit "restfelt") medan det enno er ei plass i andre magasin. Slike tap skal førast i kolonne 10. Ellers, dersom vi har samlafeltsregulering, vil gjerne all praktisk interesse for prognoser falla bort dersom det vert flaumtap.

Óppsummering av kolonne 1, 6, 7, 8, 9, og 10 gjev verdien i kolonne 11. Det er det vatnet som kan brukast. Reserve for tida videre framover må sjølvsagt trekkjast frå, men det er det ikkje nokon grunn til å ta med her.

Definisjon på dårlegast påreknelege tilfelle.

Dersom ein ikkje gjer bruk av meir innvikla berekningsmetodar for grensevassverdien, er det truleg at det er fornuftig å basera seg på at t. d. ekstra leveranser (sekundakraft) ikkje må føra til at vi treng større tilsig enn det vi kan rekna ut det er vel 95% sannsynleghet for å få, for å dekka fastkraftforbruket over ein vinter. Dårlegast påreknelege tilfelle vil då vera det vi får

dersom vi kuttar ut 3 - 5% av dei verst tenkelege tilfella.

6. IGANGSETTING AV SNØTAKSERINGER

I Utvalget for tilsigsprognoser er en av den oppfatning at interessen for snøtakseringer er stor blant folk som arbeider ved kraftverk og i reguleringsforeninger og at pålitelige snøtakseringer med etterfølgende beregninger stadig vil få større betydning for en mer økonomisk utnyttelse av vannressursene. Denne redegjørelsen vil derfor bli sendt til alle medlemmene av Reguleringsforeningenes Landssammenslutning, Samkjøringen av kraftverkene i Norge og Statskraftverkene. Andre interesserte kan få redegjørelsen ved henvendelse til sekretæren i Utvalget for tilsigsprognoser, statshydrolog Tom Andersen, Hydrologisk avdeling, NVE, postboks 5091, Majorstua, Oslo 3.

De som er interesserte i å sette i gang snøtakseringer i sine felt og som ønsker hjelp til dette kan kontakte Utvalget for tilsigsprognoser ved sekretæren. Vi kan eventuelt formidle adresser til selgerne av det nødvendige måleutstyr og i en viss grad kan vi værem med å legge opp planer for snøtakseringene.

Utvalget vil tilby seg å foreta en bearbeidelse av måleresultatene fra snøtakseringer for dem som er interessert i en slik hjelp. Observasjonene av total vekt av målesylinderen pluss snø, feltets middeldybde og snødybden på stedet for tetthetsbestemmelsen av snøen, føres på et fastsatt skjema og sendes til oss. Ferdig oversikt over snøens vannekvivalent på hvert målested vil bli beregnet av oss ved hjelp av Vassdragsvesenets regnemaskin og en tabell over resultatene vil bli sendt hver oppdragsgiver umiddelbart. Foreløpig vil Utvalget foreta denne bearbeidelsen vederlagsfritt, men hvis det viser seg at svært mange er interessert i en slik bearbeidelse må vi forbeholde oss retten til senere å ta betalt for slike tjenester. En slik ordning vil medføre at selve beregningsarbeidet ved snøtakseringene blir vesentlig redusert og det vil forhåpentligvis også gi mulighet for flere til å sette igang snøtakseringer. Interesserte kan henvende seg til Utvalgets sekretær. De vil da få tilsendt observasjonsskjema og bli gitt en nærmere orientering om framgangsmåten.

Hvis det er andre spørsmål angående igangsetting eller opprettholdelse av snøtakseringer enn dem som er nevnt ovenfor, vil vi gjerne stå til tjeneste der det er mulig og eventuelt formidle kontakt til personer som kan gi de rette opplysningene.

7. SAMMENDRAG

Vanlige nedbørmålere gir et altfor usikkert bilde av akkumulert nedbør i løpet av en vinterperiode, spesielt i fjellstrøk. Årsaken er dels nedbørstasjonenes plassering og dels målernes dårlige evne til å fange opp snø. Andre metoder for å bestemme det totale snømagasin er derfor påkrevet og allerede i 1924 ble den første snøtakseringen foretatt for et kraftverk. Siden har interessen for snøtakseringer stadig vokst,og som hjelp ved driften av kraftverk har snømålinger etter hvert fått stor betydning.

Snøforholdene i Norge varierer svært fra sted til sted og fra år til år og snøen gjennomgår en stadig forvandling gjennom hele vinteren. Den størrelsen som bestemmes ved snøtaksering er "snøens vannekvivalent", som i et punkt er den vannhøyde snølaget ville gi ved smelting.

Den såkalte punktmetoden benyttes ved de fleste snøtakseringer som foretas i Norge. Snøens vannekvivalent bestemmes ved denne metoden ved å måle gjennomsnittlig snødybde og tetthet av snøen på en rekke målesteder spredt over hele nedbørfeltet. Til bestemmelse av snødybden brukes vanligvis en 2 m lang målestav og tettheten bestemmes ved å veie en snøprøve ved hjelp av en sylinder med kjent tverrsnittsareal. Veiingen foretas vanligvis med en bismervekt. Den nye norske målesylinderen "Songa"-røret har oppnådd meget goderesultater i testmålinger og anbefales derfor til bruk. Et komplett sett med snømålingsutstyr vil koste omkring 450 kroner.

Når snøens vannekvivalent er bestemt for en rekke steder i nedbørfeltet, kan feltets totale snømagasin beregnes. Den enkleste metoden er å beregne det aritmetiske middel av vannekvivalentene i en rekke representative punkter og multiplisere dette middeltallet med feltets areal.

Det fins en rekke andre metoder til beregning av et felts snømagasin, f. eks. kan Meteorologisk Institutts snøakkumuleringskart brukes. Meget lovende forsøk har vært utført med målinger fra helikopter og fly der metoden bygger på snøens absorpsjon av bakkens naturlige radioaktivitet. Fem snøputer er nå i drift i Norge og av andre metoder som har vært prøvd kan nevnes: fotogrammetrisk kartlegging, vertikalfotografering, skråfotografering og nøytronmetermålinger.

En rekke institusjoner foretar snømålinger i dag. F. eks. ble det i 1971 foretatt snøtaksering i 800 punkter fordelt over 40 - 50 000 km². Allikevel er det store deler av landet hvor det ikke foretas målinger og en håper at det skapes interesse for snømålinger også i disse områdene slik at en etter hvert får et bedre bilde av snødekkets variasjoner over landet.

Utvalget for tilsigsprognoser tilbyr seg, foreløpig vederlagsfritt, å foreta en enkel maskinell bearbeidelse av tallmaterialet fra snøtakseringer slik at beregningsarbeidet kan reduseres til et minimum. Kraftverk og reguleringsforeninger som er interessert i en slik hjelp kan henvende seg til Utvalgets sekretær, statshydrolog Tom Andersen, Hydrologisk avdeling, NVE, for nærmere orientering om framgangsmåten. Utvalget kan også gi hjelp ved kjøp av snømålingsutstyr og til en viss grad hjelpe til med planlegging av snømålinger.

8. LITTERATUR

Opplysninger til denne rapporten er hentet fra følgende publikasjoner:

Dahl, J. B. & H. Ødegaard, 1970. Areal measurements of water equivalent of snow deposits by means of natural radioactivity in the ground. - IHD, Technical paper no. 1. Oslo.

Den norske komite for Den internasjonale hydrologiske dekade, 1972. Hydrologisk virksomhet i Norge. - Rapport nr. 3. Oslo.

Klæbo, Halvdan, 1962. Grunntrekk av hydrologien særlig Norges hydrologi. - Universitetsforlaget, Oslo.

Kravtsova, V. 1972. Map of snow Depth in Norway. - Norsk geogr. Tidsskr. 26, 17 - 26.

Otnes, J. og E. Ræstad, 1971. Hydrologi i praksis. - Ingeniørforlaget A/S, Oslo.

Snøtaxering. Nordiskt expertmøte, Lammi 21. -23. 3. 71. Nordic IHD report No 1. 1971.

Tollan, Arne, 1970. Experiences with snow pillows in Norway. - IHD, Technical paper no. 1. Oslo.

Tveit, J. 1970. Ingeniørhydrologi. Del 1. - Institutt for Vassbygging, NTH, Trondheim.

Wold, Knut, 1970. Snøens hydrologi. En kort innføring. - Utvalget for snøforskning. Oslo.