

SNÖKARTLÄGGNING MED SATELLITDATA
I KULTSJÖNS AVRINNINGSSOMRÅDE

Projektet är finansierat av Vattenregleringsföretagens
Samarbetsorgan (VASO)



SNÖKARTLÄGGNING MED SATELLITDATA
I KULTSJÖNS AVRINNINGSOMRÅDE

Mats Moberg och Maja Brandt

Omslag: LANDSAT TM-bild över västra delen av Kultsjöns
avrinningsområde

Ordbehandling: Vera Kuylenstierna

Figurer: Anita Bergstrand

SMHIs tryckeri, Norrköping, 1988

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid.</u>
1. PROJEKTBEKRIVNING	1
2. DATASÖKNING	1
3. BEARBETNING	2
Geokodning	3
Något om satellitburen radiometrisk registrering och kalibrering av data	5
Metod för snökartläggning och beräkning av snö- täckningsgrad	7
4. JÄMFÖRELSE MELLAN HBV-MODELLENS BERÄKNADE SNÖFÖR- HÅLLANDEN OCH SNÖKARTLÄGGNING MED SATELLITDATA	12
5. DISKUSSION OCH SLUTSATSER	14
6. SLUTORD	15
7. REFERENSER	15

SNÖKARTLÄGGNING MED SATELLITDATA I KULTSJÖNS AVRINNINGSSOMRÅDE

PROJEKTBEKRIVNING

Vid ett sammanträde på SMHI i april 1987 med VASO uppdrogs åt SMHI att införskaffa och bearbeta 3 - 4 satellitscener från SPOT-satelliten över Kultsjöns avrinningsområde under årets snösmältningssperiod. Syftet var att undersöka värdet av satellitinformation om snösituationen i samband med flödesprognoser för kraftindustrin.

DATASÖKNING

Hos Satellitbild i Kiruna AB beställdes i maj registrering av Kultsjöns avrinningsområde med SPOT. Satellitens unika möjlighet att vinkla radiometern skulle utnyttjas i syfte att öka möjligheterna att lyckas få molnfrihet vid passagera. Mellan 20 maj och 10 juli skulle högst fyra registreringar göras i satellitens tre våglängdsband under förutsättning, att molnigheten uppgick till högst 20 % och att minst en vecka förflutit sedan föregående registreringstillfälle. Oturligt nog var det alltför mycket moln vid samtliga passager, varför inte en enda användbar SPOT-scen erhöles. Vid sökning i arkivet över SPOT-data under snösmältningssäsongen 1986 fanns ej heller någon molnfri scen över det aktuella området.

För att komma vidare bestämde vi att i stället söka bland äldre scener registrerade av LANDSAT TM (Thematic Mapper - det modernare av de två instrumenten ombord). Information begärdes från 33 olika registreringstillfällen under snösmältningssperioderna åren 1985-87 från Satellitbild. Ur detta material utvaldes slutligen två scener, nämligen 28 maj och 6 juni 1985. Dessa tillfällen var de enda, som uppfyllde kriterierna på minsta möjliga moln, minst två scener från samma säsong samt att någon avsmältning av betydelse verkligen ägt

rum. Lufttemperaturen var vid de bägge registreringarna ca +8 grader (Klumpfjäll). Således kunde till slut digitala data beställas, och magnetbanden anlände till SMHI i slutet av januari 1988.

Efter att man läst in scenerna i SMHIs bildbehandlingssystem PROSAT visade det sig, att moln och dimma hade något större utbredning än väntat. Till saken hör, att enda sättet att i förväg bedöma molnigheten för en viss satellitscen är att granska en s k quick look-bild, d v s en svartvit fotokopia i A5-format. Naturligtvis är det då svårt att särskilja snö från moln. Även om de väderobservationer som finns på SMHI utnyttjats, är dessa som bekant så glesa i fjälltrakterna, att de inte utgör någon säker informationskälla rörande den lokala moln- och dimförekomsten. Den västra delen av avrinningsområdet var dock molnfri vid de bägge tillfällena, och bearbetningen koncentrerades dit.

BEARBETNING

LANDSAT TM registrerar den reflekterade strålningen i sju olika våglängdsband:

Tabell 1. LANDSAT TMs kanaler, våglängdsområden och föreslagna tillämpningsområden (enl. Rymdbolaget).

Kanal	Våglängdsområden (μm)	Tillämpningsområden (förslag)
1	0.45-0.52	Vattenkartering Atskilja jord/vegetation Atskilja lövträd/barrträd
2	0.52-0.60	Bedömning av vegetationens hälsotillstånd
3	0.63-0.69	Atskilja olika typer av vegetation
4	0.76-0.90	Bestämning av mängden biomassa Atskilja land/vatten
5	1.55-1.75	Bestämning av vatteninnehållet i vegetation och jord Atskilja moln/snö
6	10.40-12.50	Bedömning av vegetationens hälsotillstånd Bestämning av vatteninnehåll i jord Termisk kartering
7	2.08-2.35	Atskilja bergarter Hydrotermisk kartering.

Kanalerna 1, 2 och 3 motsvarar ungefär det synliga spektrat och de övriga kanalerna det nära infraröda till det termiskt infraröda (kanal 6) området. Av särskilt intresse i detta fall, med en hel del moln, är våglängdsområdet i kanal 5. Med hjälp av informationen från denna kanal är det nämligen möjligt att särskilja moln från snö, eftersom snöns reflektion här är väsentligt lägre än molnens. Detta ger en bild med gråaktig mark oavsett om denna är snötäckt eller ej, medan molnen är vita. Det förtjänar att påpekas, att av SPOTs tre kanaler ingen motsvarar detta våglängdsområde, varför möjligheterna att med SPOT-data göra denna åtskillnad torde vara betydligt mindre.

I ett bildbehandlingssystem för satellitdata arbetar man vanligen med antingen svartvita bilder från en kanal eller med färgbilder, s k RGB-bilder, där man kan betrakta tre kanaler samtidigt. I det senare fallet låter man de utvalda kanalerna presenteras av färgmonitorns tre färgkanoner - representerande Rött, Grönt och Blått. Resultatet blir en färgkomposit, där informationen från tre kanaler åskådliggörs genom den färgblandning, som uppstår.

I denna studie har bearbetningen skett med hjälp av kanalerna 3, 4 och 5. Informationen i kanal 5 har, som nämnts, använts för moln/snöseparationen och de övriga kanalerna (främst kanal 3) för att skilja snö från barmark.

Geokodning

De bägge använda scenerna är registrerade från två olika satellitbanor, vilket innebär, att deras utseende inte helt överensstämmer. För att avrinningsområdet skulle bli identiskt för de bägge datumen samt för att man skulle kunna hitta i bilderna gjordes inledningsvis en resampling av bilddata till rikets nät enligt topografiska kartan. Detta tillgår så, att man pekar i satellitbilden på ett antal karakteristiska punkter och ger RAK-koordinaterna för dessa. På basis av

Nästa steg innebar att i bilden rita in vattendelaren i de bägge scenerna för den aktuella västra delen av avrinningsområdet. Därefter kunde bilddata utanför vattendelaren tas bort, vilket resulterade i två nära nog identiska utsnitt från de bägge tillfällena. Det sålunda utvalda bearbetningsområdet omfattar ca 83 km² från den allra västligaste delen av Kultsjöns avrinningsområde (totalt 1100 km²). Några mindre moln accepterades i scenen från den 6 juni i syfte att inte reducera området alltför mycket. Det molnpåverkade området motsvarar ca 2.5 km². Området har en höjd över havet på 800 m eller mer och omfattar nästan enbart kalfjäll. I figur 2 finns en RGB-bild från 6 juni visande bearbetningsområdet.

Något om satellitburen radiometrisk registrering och kalibrering av data

Radiometern registrerar den från jordytan reflekterade strålningen uppdelad på olika våglängdsband. Detta sker kontinuerligt under satellitens färd genom att instrumentet söker av jordytan i smala stråk vinkelrätt mot banriktningen. Intensiteten på den mottagna strålningen digitaliseras i 256 nivåer, där 0 anger ingen mätbar strålning och 255 för instrumentet maximal strålning. Det är dessa s k digitalnivåer, som sänds till mottagare på jorden och utgör bilddata.

För att få ett fysikaliskt mått på den uppmätta strålningen applicerar man instrumentets kalibreringsdata:

$$L_{\lambda} = L_{\text{MIN}_{\lambda}} + \frac{L_{\text{MAX}_{\lambda}} - L_{\text{MIN}_{\lambda}}}{Q_{\text{CALMAX}}} Q_{\text{CAL}} \quad (1)$$

där Q_{CAL} = den uppmätta digitalnivån,
 $L_{\text{MIN}_{\lambda}}$ = spektral radians vid $Q_{\text{CAL}} = 0$,
 $L_{\text{MAX}_{\lambda}}$ = spektral radians vid $Q_{\text{CAL}} = Q_{\text{CALMAX}}$,
 Q_{CALMAX} = dynamiken,
 L_{λ} = spektral radians (mW/(cm²*ster*μm)).

Genom att omvandla den spektrala radiansen till reflektans, ett vanligt begrepp i dessa sammanhang, får man ett mera jämförbart mått. Det innebär, att man normaliserar med hänsyn till registreringstillfallets specifika belysningsförhållanden, som främst beror på solhöjden.

$$P_p = \frac{\pi L_\lambda d^2}{ESUN_\lambda \cos\theta_s} \quad (2)$$

där P_p = reflektansen vid satelliten,
 L_λ = spektrala radiansen (från ekv. 1),
 d = jord-solavståndet (AE, astronomiska enheter),
 $ESUN_\lambda$ = medelvärde för exoatmosfäriska irradiansen
 (mW/(cm²*µm)),
 θ_s = solens zenithvinkel.

Ekv. (1) och (2) är hämtade från Markham/Barker, uå.

Reflektansen utgör ett mått på hur stor andel av den på en yta infallande strålningen som reflekteras i ett givet våglängdsområde. Dessutom återstår att ta hänsyn till atmosfärens inflytande på den till radiometern infallande strålningen. Reflektansen vid satelliten är, grovt sett, en summa av bidrag från atmosfären själv, jordytans reflektans samt transmissionsförluster:

$$P_p = P_a + T \cdot P_y \quad (3)$$

där P_a = atmosfärens reflektans,
 P_y = ytans reflektans,
 T = transmissionskoefficient.

Med kännedom om solhöjden och medelvärdet för vinkeln till satelliten erhålls $P_a = 0.02$ och $T = 0.94$ (Vollier et al., 1980).

De bägge bearbetade scenerna är registrerade med endast 8 dagars mellanrum. Solhöjden skiljer endast marginellt, varför digitalvärdena kunnat användas för själva snökartläggningen. Reflektanser har beräknats för vissa värden som en rimlighetskontroll.

Metod för snökartläggning och beräkning av snötäckningsgrad

För att särskilja snö från barmark har vi använt kanal 3, eftersom reflektansen hos snö skiljer sig markant från reflektansen hos snöfri mark i detta våglängdsband. Snökartläggningen kvantifieras genom att man i varje pixel beräknar den snötäckta arean (s). Den övriga pixelytan ($1-s$) antas bestå av barmark. Reflektansen från barmark är P_b , medan snöytan har reflektansen P_s . Om P_b och P_s är kända, kan snötäckningsgraden S beräknas (Sögaard/Thomsen, 1988):

$$S = \frac{P_y - P_b}{P_s - P_b} * 100 \quad (4)$$

Här är P_y den uppmätta reflektansen. Eftersom sambanden enligt (1), (2) och (3) är linjära, har beräkningarna av snötäckningsgrad för enkelhetens skull utförts på digitalvärden.

P_s har man bestämt genom att i bilderna uppsöka homogena vita ytor på något så när horisontell mark, vilka kan anses helt snötäckta, och för dessa har digitalvärdets medelvärde bestämts. Samma förfarande har skett på synbarligen helt snöfria ytor för P_b .

En första beräkning av skillnaden i snötäckningsgrad mellan de bägge tillfällena gjordes med $P_s = 0.61$ och $P_y = 0.10$.

Nyfallen torr snö har vid dessa våglängder en reflektans på omkring 0.90. Ett värde på 0.61, som här uppmätts, tyder på vattenmättad snö, vilket bekräftas av den höga lufttemperaturen och att avsmältningen uppenbarligen är i full gång (Qunzhu et al., 1983).

För överskådlighetens skull har resultatet sedan fördelats på klasser om 20 % snötäckningsgrad. Detta har använts för att skapa två nya bilder, vardera om 5 nivåer utvisande snötäckningsgraden från 0 till 100 % i steg om 20 %. Dessa bilder är återgivna i färgkodad form i figur 3. I tabellform ser snöfördelningen ut som följer:

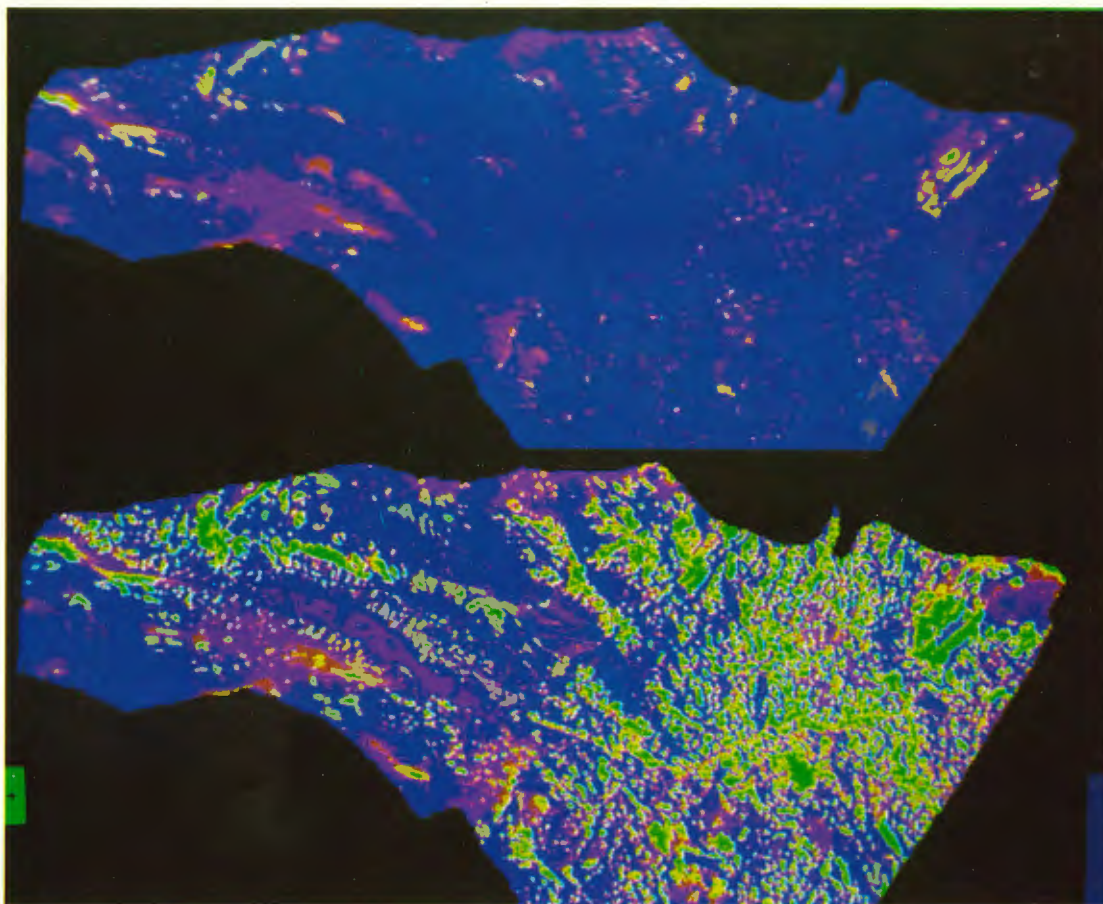
Tabell 2. Snötäckningsgrad vid $P_s = 0.61$ och $P_b = 0.10$.

Snötäckningsgrad %	28/5 km ²	6/6 km ²	Differens km ²
0	0	1.5	+ 1.5
0.1 - 20	0.1	6.2	+ 6.1
20 - 40	0.7	8.9	+ 8.2
40 - 60	2.3	12.6	+10.3
60 - 80	10.6	19.9	+ 9.3
80 - 100	68.9	33.5	-35.4
Totalt	82.6	82.6	0

Som nämnts är reflektansskillnaden stor mellan snö och de flesta typer av barmark. Eftersom det emellertid visade sig svårt att finna någon för de bägge tillfällena gemensam, säker barmarksyta, uppstår svårigheter med att definiera nivån där en pixel består av endast barmark. Barmark är inte ett lika entydigt begrepp som snö. Beroende på typ av mark varierar exempelvis reflektansen mellan 0.04 för mörk jord till 0.28 för sand och vissa typer av naket berg (Krinov, 1947).



Figur 2. LANDSAT TM-bild (RGB) från 6 juni 1985 över den undersökta delen av Kultsjöns avrinningsområde (TM 5 rött, TM 4 grönt, TM 3 blått).



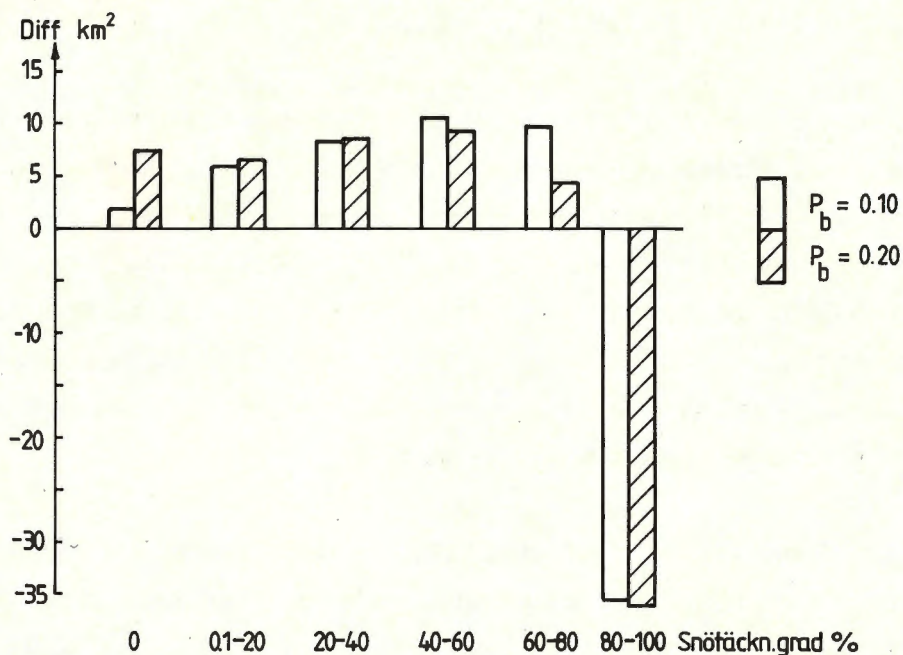
Figur 3. Den beräknade snötäckningsgraden fördelad på klasser för den 25 maj (överst) och den 6 juni. Grönt innebär 0 - 20 % snötäckningsgrad, gult 20 - 40 %, ljusviolett 40 - 60 %, mörkviolett 60 - 80 % och blått 80 - 100 %.

Tabellen ovan samt de framtagna klassade bilderna bygger på antagandet, att snö förekommer när digitalnivån överstiger 50, motsvarande en reflektans > 0.10 . För att bedöma betydelsen av detta tröskelvärde för själva jämförelsen av snötäckningsgraden har vi gjort en beräkning av motsvarande arealer med tröskeln 90 i digitalnivå - reflektans > 0.20 ..

Tabell 3. Snötäckningsgrad vid $P_s = 0.61$ och $P_b = 0.20$.

Snötäckningsgrad %	28/5 km ²	6/6 km ²	Differens km ²
0	0.1	7.5	+ 7.4
0.1 - 20	0.5	6.3	+ 6.8
20 - 40	1.2	9.4	+ 8.2
40 - 60	4.4	13.4	+ 9.0
60 - 80	14.5	18.6	+ 4.1
80 - 100	61.9	26.4	-35.5
Totalt	82.6	82.6	0

En beräkning har även gjorts över förändringen i den totala snötäckta ytan. Den visar, att medan det lägre tröskelvärdet ger en minskning (d v s avsmältning) med 24 % från 28 maj till 6 juni, ger det högre tröskelvärdet en minskning på 30 %. De bägge beräkningarna kan troligen anses representera minimum och maximum för det sanna P_b , varför resultaten från båda presenteras.



Figur 4. Beräknad skillnad i snötäckningsgrad mellan 28.5 och 6.6 1985 med två olika tröskelvärden för barmark.

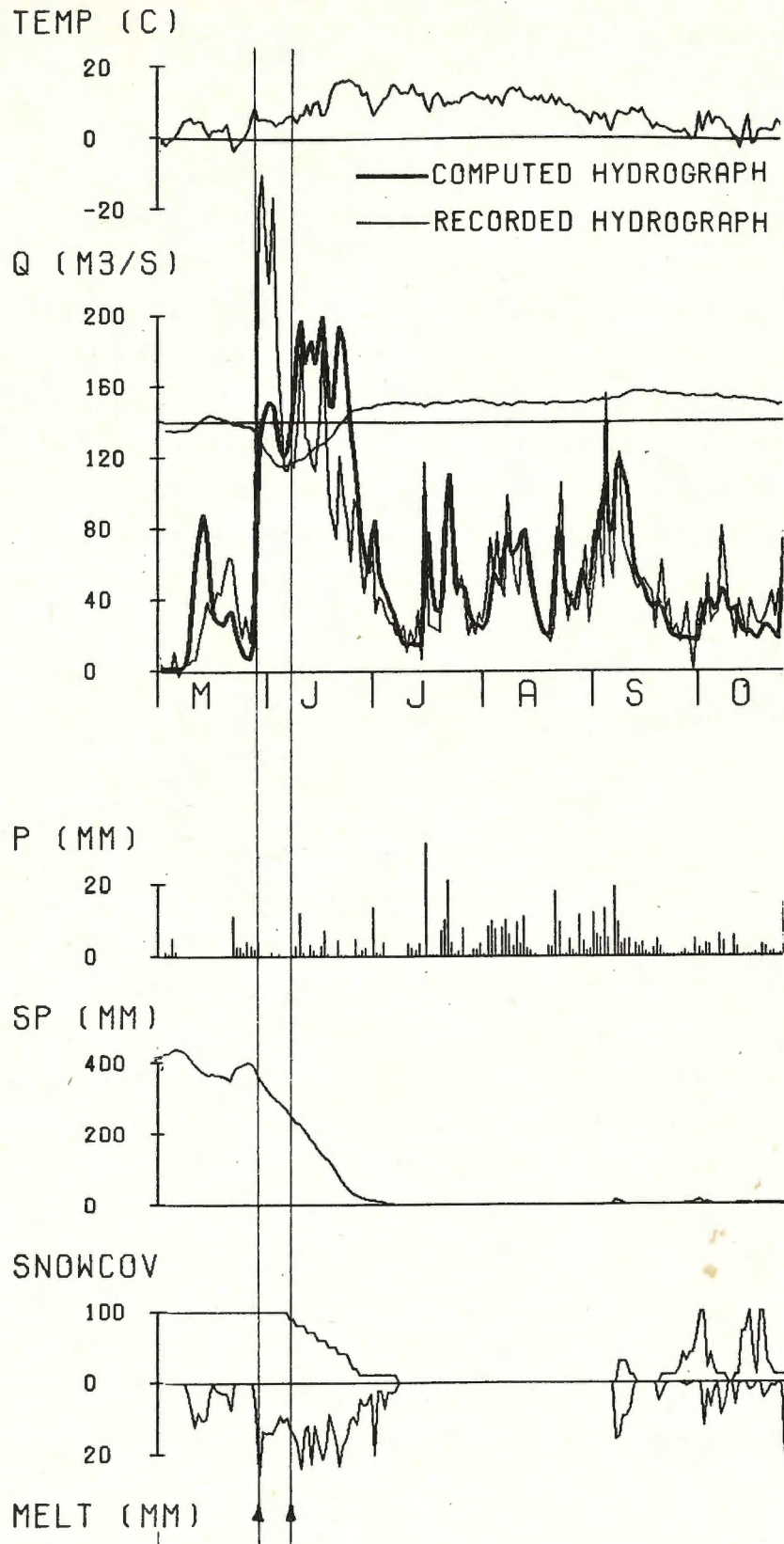
Som nämnts förekom några mindre moln i scenen från den 6 juni. Det fel i beräkningen av snötäckningsgrad, som detta medför, p g a dels förhöjd reflektans i själva molnen och dels sänkta värden i molnskuggan, bedöms dock som litet.

Tilläggas bör, att ingen korrektion har gjorts för topografin. Bergsslutningars lutning och riktning i förhållande till solen spelar naturligtvis stor roll för de reflektanser, som uppmätts. Exempelvis kan skuggeffekter uppstå. Att korrigera för detta kräver någon form av terrängmodell, där man på basis av lutningen hos varje liten yta normaliserar det uppmätta reflektansvärdet till horisontalplanet. Detta har alltså inte varit möjligt att göra men torde inte utgöra någon större felkälla i detta fall, när endast 8 dagar skiljer de bägge passagera och följaktligen solens höjd och riktning endast ändrats någon grad.

JÄMFÖRELSE MELLAN HBV-MODELLENS BERÄKNADE SNÖFÖRHÅLLANDEN OCH SNÖKARTLÄGGNING MED SATELLITDATA

Det är mycket svårt att utnyttja informationen om snösituationen från enbart dessa LANDSAT-bilder för att visa, att vi kan förbättra flödesprognoserna. Det beror dels på att det bara var möjligt att täcka en del av Kultsjöns avrinningsområde och dels på att det krävs ^{fler} bilder än två från flera snösmältperioder eller åtminstone flera bilder från samma smältperiod för att man skall kunna finna ett samband mellan snötäckningsgrad och snömagasin.

I figur 5 redovisas HBV-modellens simulering av flöde, snömagasin, snötäckningsgrad och smältning samt indata i form av nederbörd, lufttemperatur och avrinning från Kultsjön. Modellen är inte kalibrerad för detta år utan det är en framkörning. Under den aktuella perioden 28 maj - 6 juni 1985 har modellen kraftigt underskattat avrinningsvolymen och förskjutit den till en senare period. Modellsimuleringen för denna snösmältning är betydligt sämre än den normalt är. Enligt snötäckningsgradskurvan är snötäckningen 100 % fram till och med 5 juni och sjunker till 90 % den 6 juni (anges enbart i steg om 10 %). Smältningen i modellen är stor den 28 maj (26 mm). Medellufttemperaturen är 9 °C. Dagarna efter sjunker lufttemperaturen till 5 - 6 °C, och smältningen beräknas till 14 mm/dag för att ytterligare minska i början av juni. Modellen för Kultsjön är endast uppdelad i ett delområde, och det går inte att urskilja hur modellen beräknar snöförhållandena i det undersökta delområdet, men det är klart att LANDSAT-scenerna från den 28 maj och 6 juni visar en större avsmältning än vad modellen har beräknat under samma tid. Övervägande del av smältningen i modellen bör ha skett i de lägre delarna, medan LANDSAT-scenerna visar 25 - 30 % avsmältning i de högre liggande delarna mot väst.



Figur 5. Modellsimulering av avrinning, snötäckningsgrad och vattenmängd i snön samt smältning i Kultsjöns avrinningsområde 1985. LANDSAT-scenerna är från den 28 maj och 6 juni, och dessa dygn har märkts ut i figuren.

DISKUSSION OCH SLUTSATSER

Det går inte att använda LANDSAT-scener för information om snötäckningsgrad och omräkning till snömagasinets utveckling under snösmältning för operationellt bruk. Det tar alltför lång tid att få fram scenerna. De kan dock tänkas vara behjälpliga vid kalibrering av ett område. Det gäller kanske främst för stora arealer med högfjällsområden och skogsområden, typ Suorva, där modellen delas in i flera delområden, men där det bara finns en vattenföringsstation att kalibrera modellen mot. Det kan vara svårt att bedöma om de olika delområdena är rätt kalibrerade, och LANDSAT-scener från snösmältningsfasen kan vara ett värdefullt stöd. En nackdel med LANDSAT är dock att satelliten passerar över en given punkt med ca 8 dagars mellanrum. Smältperioden är i regel kort, och det är stor risk för störande molntäcke vid satellitpassagen.

Denna studie visar, att det verkar vara svårt att finna användbara SPOT-scener på grund av alltför mycket moln över dessa trakter och för gles återkomsttid. Dessutom är det svårt att urskilja vad som är snö och vad som är moln med SPOT. Detta går betydligt bättre i LANDSAT på grund av att LANDSAT-satelliten har kanaler med bättre våglängdsområden för detta. SPOT har även den nackdelen att den inte går att använda operationellt.

För operationellt bruk måste man utnyttja NOAA-scener. NOAA-satelliterna passerar Sverige flera gånger per dag men har en sämre upplösning än SPOT. En bild täcker ett område på 2.9 miljoner km². Upplösningen är ca 1 * 1 km. Kultsjöns avrinningsområde, som vi studerat här, är drygt 1000 km². I Norge har man testat att utnyttja NOAA-scener för snökartläggning (Andersen m fl, 1984) i avrinningsområden av den storleken, och i Finland pågår studier (Kuittinen, 1988 a, 1988 b). Vi bedömer att NOAA-scenerna är de bästa för närvarande för att utveckla metoder för bestämning av snötäckningsgraden i ett område. Utifrån dagens satelliter kan man dock inte direkt

avläsa snömängd, utan den måste beräknas från någon typ av samband mellan snötäckningsgrad och snömängd.

SLUTORD

Studien har finansierats av Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO).

REFERENSER

- Andersen, T., Haakenson, N., og Johnserud, M. (1984)
Snøkartlegging med satellitt.
Oppdragsrapport 7-84, Norges Vassdrags- og Elektrisitetsvesen
- Krinov (1947) cit. i: Handbook of Geophysics, New York, 1960
- Kuittinen, R. (1988 a)
Determination of snow water equivalents by using NOAA-satellite images.
7th Northern Research Basin, 159 - 189
- Kuittinen, R. (1988 b)
Determination of snow water equivalents by using NOAA-satellite images, gamma ray spectrometry and field measurements.
Nordisk Hydrologisk Konferens, del 2, 56 - 66
- Markham, Brian L., and Barker, John L. (uå)
LANDSAT MSS and TM Post-Calibration Dynamic Ranges etc.
NASA/Goddard Space Flight Center
- Qunzhu, Zeng et al. (1983)
A study of spectral reflection characteristics for snow, ice and water in the north of China.
Hydrological Applications of Remote Sensing and Remote Data Transmission, IAHS Publ. No. 145
- Sögaard, Henrik, and Thomsen, Thorkild (1988)
Monitoring of Snow Cover and Surface Runoff in Greenland by Use of NOAA-AVHRR Satellite Data.
7th Northern Research Basin, 179 - 188
- Vollier, M., et al. (1980)
An Algorithm for Remote Sensing of Water Colour from Space.
Boundary-Layer Meteorology 18

HB-RAPPORTER

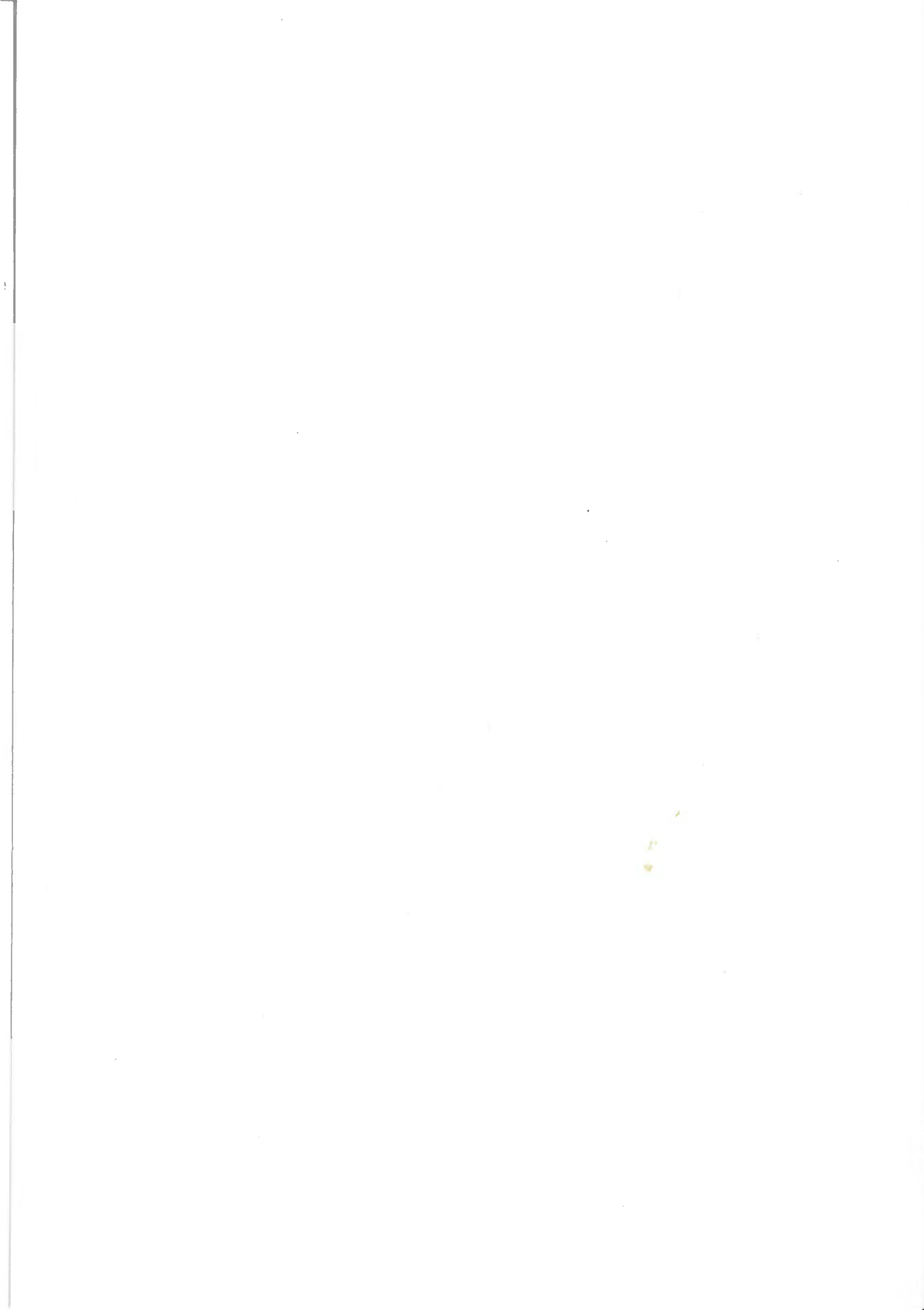
Nr	Titel	
1	Hydrologiska undersökningar i Kassjöbåns representativa område Meddelande nr III: Vattenomsättningen i Lilla Tivsjöns område 1966/67 - 1972/73 av A Waldenström Stockholm 1974	26. Strömmätningar i Himmerfjärden 1976 av E Bergstrand Norrköping 1977
2	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr IV: Nederbörd och vattenomsättning av M Persson Stockholm 1974	27. Oceanografiska observationer i Östersjön 1977 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1978
3	Oceanografiska observationer i Östersjön 1973 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Stockholm 1974	28. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Velens representativa område av A Waldenström Norrköping 1977
4	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 1: Mätningar juni - september 1973 av U Ehlin och C Ambjörn Stockholm 1974	29. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Kassjöbåns representativa område av A Waldenström Norrköping 1977
5	SMHI-rapport Verification of heated water jet numerical model by James G Weil Stockholm 1974	30. Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 5: Mätresultat 1977, vatten- och materialtransportberäkningar ur 1974 och 1975 års mätningar av C Ambjörn Norrköping 1978
6	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr V: Markvattenstudier av T Milanov Stockholm 1975	31. Basnät för vattentemperatur Stationsförteckning 1978-01-01 av O Cabelis och A Moberg Norrköping 1978
7	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VI: Vattenomsättningen 1968-73 med feluppskattning av M Persson Stockholm 1975	32. Operational Hydrological Forecasting by Conceptual Models av S Bergström, M Persson och B Sundqvist Norrköping 1978
8	Hydrologiska undersökningar i Kassjöbåns representativa område Meddelande nr IV: Snötaxering 1974 och vattenomsättning 1969-73 av A Waldenström Stockholm 1975	33. Slutrapport över hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område av M Persson Norrköping 1978
9	Snösmältningen i en punkt som funktion av meteorologiska data av S Jönsson Stockholm 1975	34. Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1979
10	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 2: Mätningar okt-dec 1973 och juli - sept 1974 av U Ehlin och C Ambjörn Stockholm 1975	35. Utvärdering av 1979 års vårflödesprognoser av S Bergström och S Jönsson Norrköping 1979
11	Oceanografiska observationer i Östersjön 1974 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Stockholm 1975	36. Oceanografiska observationer i Östersjön 1979 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1980
12	Vattenomsättning och flöde i Stormyra-området av L Liljequist och L Sterner Stockholm 1975	37. Vårflödesvolymprognoser baserade på analys av nederbördskartor av S Jönsson Norrköping 1980
13	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VII: Avrinningen och dess variationer inom området av M Persson Norrköping 1976	38. Resultat och erfarenheter av försöksverksamhet med utökad vattenprovtagning från kustbevakningens båtar av B Juhlin och B Carlsson Norrköping 1980
14	Vattenomsättningsstudier m m i Velens och Kassjöbåns representativa områden av A Waldenström Norrköping 1976	39. Sedimenttransport i svenska vattendrag 1979 av M Brandt Norrköping 1980
15	Strömmätningar i sundet mellan Värmlandsjön och Dalbosjön, Väner Vänerundersökningen. Meddelande nr 1 av B Carlsson och M Brandt Norrköping 1976	40. Sluttransport till Miljödatanämnden över projekt MI - 01:2. Systemutredning rörande samordnade uttag av information ur MI och SMHIs maskinella register av T Milanov och B Sundqvist Norrköping 1980
16	Oceanografiska observationer i Östersjön 1975 med kustbevakningens båtar samt från isbrytare av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1976	41. Användning av vädersatellitdata för att studera ytvattentemperatur av G Wennerberg Norrköping 1980
17	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav 1975 Meddelande nr 3. Mätningar 1974-75. Vattentransporter av U Ehlin och C Ambjörn Norrköping 1976	42. Nordisk hydrologi i utveckling. Tillägnad Ragnar Melin av Å Forsman, J Otnes, M Falkenmark, E Kuusisto, R Lemmelä och J Lundager-Jensen Norrköping 1980
18	Tillämpning av HBV-2 modeller på regleringsmagasin i Ångermanälven av S Bergström och S Jönsson Norrköping 1976	43. Beräkning av en föroreningstransport och blandning i en grund istäckt sjö av U Ehlin, I Bork och J Svensson Norrköping 1980
19	Grundvattenståndsmätningar i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av T Milanov Norrköping 1976	44. Utvärdering av 1980 års vårflödesprognoser av S Bergström, M Haggström och M Persson Norrköping 1980
20	Beräkning av frekvenser av torrår av L Gottschalk Norrköping 1976	45. Mätningar av sjötemperatur vid SMHI av A Moberg Norrköping 1981
21	Hydrografi och sandaugning av M Brandt Norrköping 1976	46. Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1980 av B Juhlin Norrköping 1981
22	Hydrologiska undersökningar i Lapträskets representativa område Meddelande nr VIII: Vattenomsättning och avdunstning under perioden 1968-76 av M Persson Norrköping 1976	47. Temperaturmätningar vid Visby av B Broman samt Spridning av utsläppt vatten av B Vasseur Norrköping 1981
23	Oceanografiska observationer i Östersjön 1976 med kustbevakningens båtar av U Ehlin och B Juhlin Norrköping 1977	48. Användning av satellitdata från Landsat för studium av vattengrumlingar av G Wennerberg Norrköping 1981
24	Oceanografiska undersökningar i Ålands hav Meddelande nr 4: Mätningar 1975-76, vatten-, värme- och materialtransportberäkningar av U Ehlin och C Ambjörn Norrköping 1977	49. Utvärdering av 1981 års vårflödesprognoser av S Bergström, M Haggström och M Persson Norrköping 1981
25	Ström- och vattentransportstudier i norra Öresund, sydöstra Kattegatt och i Skälderviken av M Brandt Norrköping 1977	50. Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1981 av B Juhlin Norrköping 1982
		51. Sedimenttransport i svenska vattendrag 1980 av M Brandt Norrköping 1982
		52. The areal precipitation index method - A simple method to forecast the spring flood volume by M Haggström Norrköping 1982
		53. Vågdata från svenska kustvatten 1981 av J Svensson Norrköping 1982

HO-RAPPORTER

Nr	Titel	Nr	Titel
1	Metod för homogenitetskontroll av meteorologiska och hydrologiska observationsserier av Sven-Erik Westman Norrköping 1982	18	Vattenståndsprognoser för Hammarsjön - Helge å. En utredning för Kristianstad län av Barbro Johansson
2	Utvärdering och modellsimulering av grundvattenmätningarna i Ångermanälvens övre tillrinningsområde av G Sandberg Norrköping 1982	19	Utvärdering av 1984 års vårflödesprognoser av Martin Häggström Norrköping 1984
3	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens båtar 1982 av B Juhlin Norrköping 1983	20	Svenskt Sjöregister - Uppdatering av Torbjörn Lindkvist och Christina Thoms-Hjärpe Norrköping 1984
4	Utvärdering av 1982 års vårflödesprognoser av M Häggström och M Persson Norrköping 1983	21	Snömätning med flygburen gammaspektrometer i Kultsjöns avrinningsområde 1980 - 1984 av Sten Bergström och Maja Brandt
5	Vågdata från svenska kustvatten 1982 av Jonny Svensson Norrköping 1983	22	PROBE - An Instruction Manual by Urban Svensson Norrköping 1984
6	The new harbour in Landskrona - oceanographic investigations by Jonny Svensson Norrköping 1983	23	Kartläggning av ytvattentemperaturen med satellitdata av Thomas Thompson Norrköping 1985
7	Operational hydrological forecasting in Sweden by Magnus Persson Norrköping 1983	24	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med Kustbevakningens fartyg av Bo Juhlin Norrköping 1985
8	Vattenutbyte mellan Bottniska Viken och Östersjön av Cecilia Ambjörn Norrköping 1983	25	Vindförluster vid mätning av snönederbörd med SMHI-nederbördsräknaren av Bengt Carlsson Norrköping 1985
9	Var vintern 1982/83 extrem? En jämförande studie av vattentemperatur i några mellansvenska sjöar av Gun Zachrisson Norrköping 1983	26	Svenskt Vattendragsregister av Torbjörn Lindkvist Norrköping 1985
10	Sedimenttransport i svenska vattendrag 1981. Resultat från sedimenttransportnätet av Maja Brandt Norrköping 1983	27	Svenskt Sjöregister av Kurt Ehlert (projektledare) Norrköping 1983
11	Försök med automatisk vattenprovtagning i Marviken av Bo Juhlin Norrköping 1983	28	Aplicación del modelo HBV a la cuenca del Lago de Arenal en Costa Rica av Barbro Johansson, Magnus Persson, Göran Sandberg och Edgar Robles (ICE) Norrköping 1985
12	Värmeuttag ur Helgasjön - Möjligheter och konsekvenser av Gun Zachrisson och Barry Broman Norrköping 1984	29	Beräknat markvattenunderskott i Simlångens avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
13	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1983 av Bo Juhlin Norrköping 1984	30	Beräknat markvattenunderskott i Emåns avrinningsområde 1934-83 av Gun Grahn, Barbro Johansson och Barbro Norlander Norrköping 1985
14	Åtgärder mot försurning i Velen. Erfarenheter från utförd behandling med kalk och soda samt förslag till fortsatta åtgärder. En utredning för Töreboda kommun av Ingemar Holmström Norrköping 1984	31	Application of the HBV-model to pilot basins in Burma av Ohn Gyaw och Magnus Persson Norrköping 1985
15	Vågdata från svenska kustvatten 1983 av Jonny Svensson Norrköping 1984	32	Vattenbalanskartor över Sverige - månadsmedelvärdet för 1931 - 1960 av nederbörd, avdunstning och avrinning av Todor Milanov Norrköping 1985
16	Beräkning av daglig vattenföring vid Ulva kvarn i Fyrisån 1951-82 av Magnus Persson och Sven-Erik Westman Norrköping 1984	33	Vågdata från svenska kustvatten 1984 av Jonny Svensson Norrköping 1985
17	Utvärdering av 1983 års vårflödesprognoser av Martin Häggström och Magnus Persson Norrköping 1984		

Nr	Titel
HYDROLOGISKA RAPPORTER	
1	Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena av Bengt Carlsson Norrköping 1985
2	Utvärdering av 1985 års vårfloödesprognoser av Martin Haggström och Magnus Persson Norrköping 1986
3	Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985 av Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO Norrköping 1986
4	Skåneprojektet - Hydrologisk och Oceanografisk information för vattenplanering - ett pilotprojekt av Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman Norrköping 1986
5	Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av akador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985 av Martin Haggström Norrköping 1986
6	Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt av Barbro Johansson Norrköping 1986
7	Areella snöstudier av Maja Brandt Norrköping 1986
8	PULS-modellen: Struktur och tillämpningar av Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström Norrköping 1987
9	Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar av Lennart Funkquist Norrköping 1987
10	Application of the HBV-Model to Bolivian Basins av Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar och Roberto Lobet Norrköping 1987
11	Monthly streamflow simulation in Bolivian Basins with a stochastic model av Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar och Roberto Lobet Norrköping 1987
12	De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter av Kurt Ehler, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov Norrköping 1987
13	Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn av Göran Lindström Norrköping 1987
14	Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd av Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström Norrköping 1987
15	Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987 av Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist Norrköping 1987
16	Utvärdering av 1986 års vårfloödesprognoser av Martin Haggström och Magnus Persson Norrköping 1987
17	Skogsekador - klimat av Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin Norrköping 1987
18	Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser av Maja Brandt Norrköping 1987
19	Utvärdering av 1987 års vårfloödesprognoser av Martin Haggström och Magnus Persson Norrköping 1988
20	Frysföruster av vatten av Todor Milanov Norrköping 1988
21	Application of the HBV model to the upper Rio Cauca basin av Martin Haggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval och Maria Elvira Vega Norrköping 1988
22	Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde av Mats Moberg och Maja Brandt Norrköping 1988

Nr	Titel
OCEANOGRAFISKA RAPPORTER	
1	En hydrodynamisk modell för spridnings- och cirkulationsberäkningar i Östersjön - Slutrapport av Lennart Funkquist Norrköping 1985
2	Spridningsundersökningar i yttre fjärden Piteå av Barry Broman och Carsten Pettersson Norrköping 1985
3	Utbyggnad vid Malmö hamn; effekter för Lommabuktens vattenutbyte av Cecilia Ambjörn Norrköping 1986
4	SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen perioden 84/85 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1986
5	Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1985 av Bo Juhlin Norrköping 1986
6	Uppföljning av sjövärmepump i Lilla Värtan av Barry Broman Norrköping 1986
7	15 års mätningar längs svenska kusten med kustbevakningen (1970 - 1985) av Bo Juhlin Norrköping 1986
8	Vågdata från svenska kustvatten 1985 av Jonny Svensson Norrköping 1986
9	Oceanografiska stationsnät Svenskt Vattenarkiv av Barry Broman Norrköping 1986
10	PROBE - An instruction manual av Urban Svensson Norrköping 1986
11	Spridning av kylvatten från Öresundsverket av Cecilia Ambjörn Norrköping 1987
12	Oceanografiska observationer utmed svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1986 av Bo Juhlin Norrköping 1987
13	SMHIs undersökningar i Öregrundsgrepen 1986 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1987
14	Impact of ice on Swedish offshore lighthouses. Ice drift conditions in the area at Sydostbrotten - ice season 1986/87 av Jan-Erik Lundqvist Norrköping 1987
15	Fasta förbindelser över Öresund - utredning av effekter på vattenmiljön i Östersjön av SMHI/SNV Norrköping 1987
16	Undersökning av vattenmiljön vid utfyllnaden av Kockums varvsbassäng. Slutrapport för perioden 18 juni - 21 augusti 1987 av Cecilia Ambjörn och Kjell Wickström Norrköping 1987
17	Östergötlands skärgård - Vattenmiljön av Erland Bergstrand Norrköping 1987
18	Kattegatt - Havet i väster av Stig H. Fonselius Göteborg 1987
19	Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling 1986 av Erland Bergstrand Norrköping 1987
20	Bedömning av kylvattenrecipienten för ett kolkraftverk vid Oskarshamnverket av Kjell Wickström Norrköping 1987
21	Förstudie av ett svenskt modellsystem för kemikaliespridning i vatten av Cecilia Ambjörn Norrköping 1987
22	Vågdata från svenska kustvatten 1986 av Kjell Wickström Norrköping 1988
23	A permanent traffic link across the Öresund channel - A study of the hydro-environmental effects in the Baltic Sea av SMHI (Jonny Svensson) / National Swedish Environmental Protection Board (SNV) Norrköping 1988
24	SMHIs undersökningar utanför Forsmark 1987 av Jan Andersson och Robert Hillgren Norrköping 1988
25	Kylvattnet från Ringhals 1974-86 av Carsten Peterson och Per-Olof Skoglund Norrköping 1988
26	Oceanografiska observationer runt svenska kusten med kustbevakningens fartyg 1987 av Bo Juhlin Norrköping 1988
27	Recipientkontroll vid Breviksnäs fiskodling 1987 av Bo Juhlin och Stefan Tobiasson Norrköping 1988



SMHI

Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping. Tel 011-15 80 00. Telex 64400 smhi s.