



SNÖKARTERING I SVENSKA FJÄLLOMRÅDET MED NOAA-SATELLITBILDER

Martin Häggström

Projektet är finanserat av
Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO)

SNÖKARTERING I SVENSKA FJÄLLOMRÅDET MED NOAA-SATELLITBILDER

Martin Häggström

Rapporten är granskad och godkänd av Göran Ryne

Projektet är finanserat av
Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO)

Omslagsbild:
Färgkodad NOAA-scen över Suorvaområdet
från midsommardagen 26 juni 1993

vitt	=	snö
ljusgrönt	=	snöfläckar
mörkgrönt	=	barmark
violett	=	vatten
gult	=	moln

SMHI, Norrköping, december 1994
ISSN 0283-7722

Förord

SMHI deltar sedan mitten av 1970-talet i internationellt samarbete på vädersatellitområdet och är numera medlemmar i EUMETSAT (European Meteorological Satellite), den organisation som administrerar det europeiska vädersatellitesamarbetet. De vädersatelliter som är av intresse för SMHI är dels METEOSAT-satelliten som ägs av EUMETSAT och dels satelliterna från NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) i USA. METEOSAT-satelliten är geostationär medan NOAA-satelliterna går i polära banor.

Data från vädersatelliter är en viktig informationskälla för SMHIs prognosmeteorologer och i den dagliga verksamheten används moln- och nederbördsklassade satellitbilder rutinmässigt. Även inom SMHIs oceanografiska verksamhet har satellitdata stor betydelse och där bland annat för kartläggning av ytvattentemperatur och isutbredning i havet.

I ett tidigt skede insåg man de potentiella möjligheterna av att använda satellitbilder för kartläggning av snötäckets utbredning och då speciellt på kalfjället. En bra snökartläggning, och speciellt om den kan kopplas till snömagasinets storlek, skulle ha stort ekonomiskt värde för vattenkraftindustrin. Beslutsunderlaget skulle bland annat kunna förbättras under en kritisk period i snösmältningens slutskede då man har bristande information om hur stor tillrinning som är att vänta till regleringsmagasinen. Ovanstående fick till följd att företrädare för svensk vattenkraftindustri och SMHI i slutet av 1980-talet beslutade att närmare undersöka möjligheterna att använda satellitbilder. Nya beslut om fortsatta undersökningar följde sedan i flera omgångar.

Denna rapport redovisar resultaten och sammanfattar SMHIs erfarenheter från åren 1989 - 1994 av att bestämma snötäcke och snömagasin med hjälp av bildinformation från de meteorologiska NOAA-satelliterna. Eftersom projektet har pågått under ett antal år har ganska många personer på SMHI varit inblandade i verksamheten. De som främst har varit involverade är följande personer.

Mats Moberg	- ansvarig för datorprogram och bildframställning
Maja Brandt	- huvudansvarig för projektet 1989 inklusive för efterföljande utvärderingsrapport
Magnus Persson	- huvudansvarig för projektet 1990
Martin Häggström	- huvudansvarig för projektet 1991 - 1994 inklusive för utvärderingsrapporter efter säsongerna 1990 och 1991 samt för slutrapporten 1994
Erik Johansson	- utvärderingsarbete efter säsongen 1992
Carolina Nilsson	- utvärderingsarbete för slutrapporten 1994
Gunilla Walger	- bildbevakning 1993 och 1994

SNÖKARTERING I SVENSKA FJÄLLOMRÅDET MED NOAA-SATELLITBILDER

Innehåll

	Sida
Inledning	3
Teknik för snökartering med NOAA-satelliter	4
Förutsättningar för utvärdering av snötäckningsgrad från NOAA-bilder	5
Förutsättningar för jämförelse av NOAA-bildernas snötäckningsgrad med HBV-modellens snömagasin	8
NOAA-bildernas snötäckningsgrad jämförda med HBV-modellens snömagasin	10
Diskussion om felkällor och problem vid jämförelse av satellitbildernas snötäckningsgrad med HBV-modellens snömagasin	11
Slutsatser om användbarheten av NOAA-bilder för uppdatering av HBV-modellens snömagasin	14
Referenser	15

Inledning

På uppdrag av arbetsgruppen för hydrologiskt utvecklingsarbete (HUVA) inom Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO) har SMHI undersökt värdet av den information om snötäckningsgrad som kan erhållas från de meteorologiska NOAA-satelliterna. Syftet med undersökningen har varit att finna ut om förutsättningar finns att använda satellitbildsmaterial för att bestämma den kvarvarande tillrinningen från snötäcket under avsmältningsfasen och främst då i dess slutskede. Om satellitbilder visar sig användbara för ändamålet skulle de t. ex. kunna utnyttjas för att uppdatera snömagasinet i de modeller som används för att beräkna tillrinningen till vattenkraftens regleringsmagasin och därmed erhålla bättre tillrinningsprognoser.

Undersökningen inleddes 1989 med att en studie gjordes för tillrinningsområdet till Suorvamagasinet i Luleälven (Brandt & Moberg, 1990). Under våren 1990 utvidgades studien till sju tillrinningsområden för vattenkraftsmagasin (Häggström & Moberg, 1991). Studien fortsatte under våren 1991 med satellitbilder från sex tillrinningsområden. Resultatet av 1991 års bilder tillsammans med resultaten från de två tidigare åren sammanfattades i en rapport (Häggström, Johansson & Moberg, 1992). VASO beslutade sedan att studien skulle fortsätta med ytterligare två års serier av satellitbilder. Efter det första av dessa år gjordes en kortfattad redovisning av läget (Häggström, 1992). Resultatet av hela studieperioden 1989 - 1993 och för två områden även 1994 utvärderas och sammanfattas i den nu föreliggande rapporten, vilken bygger vidare på de tidigare rapporterna. Hela arbetet med att utvärdera satellitinformationen om snötäckningsgrad och dess användbarhet har finansierats av VASO.

Valet av lämpliga avrinningsområden har gjorts i samråd mellan SMHI och några av de kraft- eller vattenregleringsföretag som handhar regleringen av vattenmagasinen i fjällområdet. Dessa företag har också finansierat den primära bearbetningen av indata från satelliterna och framställningen av bildmaterial över de studerade tillrinningsområdena. De har under snösmältningssäsongerna regelbundet från SMHI erhållit listor med resultatet av det automatiskt klassade bildmaterialet och vid vissa tillfällen även papperskopior av satellitbildstolkningarna. De berörda företagen är Vattenfall AB, Umeälvens Vattenregleringsföretag, Ångermanälvens Vattenregleringsföretag, Indalsälvens Vattenregleringsföretag och Gullspångs Kraft AB (tidigare Uddeholm Kraft AB).

En grundförutsättning för att NOAA-bilderna skall kunna ge en representativ snötäckningsgrad är att marken inte skymms av tät skogsvegetation. Områden i fjälltrakterna är därför mest lämpade, eftersom skogen där är gles och saknas på kalfjället. De områden som utvaldes är Sitasjaure och Suorva i Luleälven, Överuman i Umeälven, Kultsjön (utom Ransarn) i Ångermanälven, Stensjön (endast 1990) och Torrön i Indalsälven och övre Trysilelva (området från inflödet av Engera och uppströms). För Stensjön togs satellitbilder enbart under 1990. Området visade sig vara alltför litet för att kunna ge användbart bildmaterial och området uteslöt ur studien på grund av detta.

Inför 1994 års snösmältningssäsong redovisades preliminära resultat från utvärderingen. Dessa tillsammans med kraft- och vattenregleringsföretagens egna erfarenheter av satellitbildernas användbarhet gjorde att samtliga utom Vattefall AB avbeställde ytterligare bildmaterial. De områden för vilka satellitbilder beställdes under snösmältningssäsongen 1994 var således Sitasjaure och Suorva i Luleälven.

Teknik för snökartering med NOAA-satelliter

Vädersatelliterna från NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) i USA går i polära banor på ungefär 850 km över jordytan och har en omloppstid på omkring 100 minuter. Banorna är solsynkrona, vilket betyder att banplanet roterar kring polaraxeln med samma hastighet som jorden roterar kring solen. Detta medför att satelliten passerar över en given punkt på jordytan vid ungefär samma tidpunkt varje dygn. Under ett dygn har varje satellit beskrivit 14 varv runt jorden och täckt alla områden minst två gånger varav en under solbelyst tid. Satelliterna av NOAA-serien har avlöst varandra så att samtidigt minst två har befunnit sig i omloppsbana.

För snökarteringen har endast bilder från passager under solbelyst tid kunnat användas. På den aktuella latituden ger dock varje satellit bra bilder från ofta 2 och ibland 3 passager i följd. De satelliter som har använts är NOAA 10 och NOAA 11 under säsongerna 1989 - 1991 samt NOAA 11 och NOAA 12 under 1992 - 1994. NOAA 10 och NOAA 12 har gett bilder på morgonen medan NOAA 11 i början gav bilder vid middagstid vilket dock senare successivt har förskjutits till eftermiddagstid.

AVHRR (Advanced Very High Resolution Radiometer) är det instrument i NOAA-satelliterna som har använts för snökarteringen. Instrumentet avsöker kontinuerligt jordytan i 2800 km breda stråk och registrerar den reflekterade strålningen uppdelat på 5 olika våglängdsband från synligt ljus till termiskt infrarött. Samtidigt transmitteras dessa data - digitaliserade till 1024 nivåer - för mottagning på jorden. Varje bildelement, pixel, har en storlek av 1,1 x 1,1 km rakt under satelliten men ökar mot kanterna av stråket till ca 2 x 5 km.

Vid SMHI mottages rutinmässigt AVHRR-data med mottagnings- och bildbehandlingssystemet PROSAT. Ett urval görs baserat på en viss täckningsgrad av Skandinavien vilket innebär att data från 10 - 12 passager per dygn tas emot.

För snökarteringen har utvalts ett antal passager baserat på en satellithöjd över respektive tillrinningsområde på minst 45 grader över horisonten och en solhöjd överstigande 30 grader. För att alls få några bilder har det senare kravet inte alltid kunnat uppfyllas i början och slutet av säsongen d.v.s. i mars/april och under andra hälften av augusti. För övrig tid har kraven uppfylls av 1 - 3 passager per dygn och område. Kravet på minsta satellithöjd medför att mindre gynnsamma satellitpassager, där respektive område befunnit sig nära bildkanten, inte har bevakats. Bildelementen på jordytan är därför 1,6 x 2,8 km eller mindre. Kravet på minsta solhöjd beror av det faktum att en starkare belysning höjer säkerheten i den använda klassnings-

metoden. Satellitscenerna har sedan omräknats så att de presenteras i 1x1 km bildelement i polarstereografisk projektion (60 grader N).

Satelliten ger en lägesangivelse av bilden men denna har en viss osäkerhet och precisionen med vilket ett bildelement återger avsedd punkt på jordytan kan ha ett fel på upp till ungefär 10 km. För att förbättra positioneringen av bilderna infördes till avsmältningssäsongen 1992 en korrigeringsrutin för lägesbestämning. Denna rutin har fungerat då vissa förutbestämda kustkonturer varit molnfria, och har utifrån dessa styrt in bildens position.

För att kartera snötäckt mark har använts den på SMHI utvecklade klassningsmodellen för AVHRR-data (Karlsson & Liljas, 1990 samt Karlsson, 1994). Klassningsmodellen utgörs av en automatisk rutin som utifrån informationen i de 5 våglängdsbanden samt kombinationer av dessa klassar alla mottagna satellitscener i 23 olika klasser och presenterar resultatet i en bild. Flertalet klasser utgörs av olika molntyper men även markytan klassas med avseende på vatten, is, snö, barmark och vinterskog. Den sistnämnda klassen betecknar i skogstrakter snötäckt mark under trädkronorna, men i de aktuella områdena som består av kalfjäll eller har mycket gles skog får bildelementen en annan betydelse och anses beteckna områden som är fläckvis snötäckta.

Ur den klassade satellitbilden täckande norra Skandinavien har för vart och ett av de aktuella tillrinningsområdena delbilder skurits ut. Detta har gjorts med hjälp av att bildmasker lagts ut med respektive områdes form och läge. Slutligen har antalet bildelement i varje tillrinningsområde och klass räknats.

Rutinen har löpt dagligen varje kväll under avsmältningssäsongerna 1990 till 1994 och morgonen därpå har en lista med klassningsresultatet skrivits ut. Alla moment från urval av scener till nämnda lista har utförts av en automatisk rutin. Då molnigheten varit ringa har också pappersbilder över resultatet tagits fram manuellt, och skickats till berört kraft- eller vattenregleringsföretag.

Förutsättningar för utvärdering av snötäckningsgrad från NOAA-bilder

För att kontrollera den snötäckningsgrad som satellitbilderna uppvisar skulle erfordras omfattande flygfotografering och bearbetning. En enklare jämförelse kan däremot göras med snömagasinet i HBV-modellen. En förutsättning för att detta skall vara meningsfullt är att modellen tillfredsställande har återgett vårflodsförloppet. Då kan man förutsätta att snösmältningen i modellen också har återgetts riktigt. Det betyder dock inte att modellen exakt behöver återspegla den verkliga snötäckningsgraden, eftersom modellen är en generalisering av naturen och dessutom inte har kalibrerats för snötäckningsgrad.

Inte heller för satellitbilderna kan man vänta sig att snötäckningsgraden är helt korrekt återgiven. Bildupplösningen är alltför dålig för detta och dessutom är tolk-

ningen av data komplicerad, eftersom varierande solinstrålning och meteorologiska förhållanden gör att de erhållna data måste tolkas olika.

För att satellitbilderna skall ge användbar information får inte molnigheten vara alltför stor. Detta gör att bildmaterialet blir starkt begränsat, och långa perioder förekommer utan att någon bild har kunnat användas på grund av för hög molnighet. Under perioder med klart väder finns det däremot flera användbara bilder per dygn.

Den standardiserade och automatiska klassningen har inte fungerat helt tillfredsställande och ett antal fel har funnits. En generell felkälla har varit att hela satellitbilden över norra Skandinavien klassats utgående från en solhöjd som gäller för bildens mitt. Detta har betytt viss felklassning om det aktuella området legat i satellitbildens utkant. Under 1990 har dessutom för NOAA 11 felaktiga samband använts vid bildbehandlingen, vilket resulterat i mindre klassningsfel. Därför har under detta år i första hand bildmaterialet från NOAA 10 utnyttjats i jämförelsen.

Ett störande klassningsfel har utgjorts av att gränsvärdena mellan land och vatten inte verkar ha varit helt lämpligt valda i hela temperaturregistret. Detta fel har främst visats sig fram på sommaren då sjöytor har klassats som barmark. Däremot har sjöarna avbildats någorlunda korrekt under själva snösmältningssfasen. För att förbättra bilderna gjordes en viss justering av gränsvärdena för klassningen land-vatten till säsongen 1991 och ytterligare justering till säsongen 1992, dock utan att helt komma till rätta med problemen. Vid vissa tillfällen har också erhållits sjöar där inte sådana finns. Detta verkar gälla vid tillfällen då kraftig snösmältning har förekommit.

Temperaturvariationen under dygnet är en faktor som påverkar klassningen av snötäcket. För morgonbilder klassas ofta större del av området som snö eller snöfläckar än för eftermiddagsbilder då snötäcket har högre yttemperatur. Olika klassningsresultat mellan morgon- och eftermiddagsbilder är mest märkbart under perioder med stora temperaturvariationer under dygnet och snabb avsmältning. På morgonbilder kan då stora områden betecknas som helt snötäckta medan de på bilder från senare på dagen anges som snöfläckar. För att i möjligaste mån undvika denna felkälla har i första hand morgon- och förmiddagsbilder använts. Morgonbilder är också generellt mest användbara, eftersom molnighetsandelen då oftare är lägre än senare på dagen.

Ett annat problem är ofullkomligheter i rektifieringen av bilden, vilket gör att bildmasken glider något och att alltså inte exakt samma område avgränsas varje gång. Det blir därför kantfel och för ett så pass litet avrinningsområde som Stensjön är felen betydande. Bildmaterialet för det området har därför inte utvärderats och försöket avslutades 1990. Den korrigeringsrutin för lägesbestämning av bildmasken som infördes från och med avsmältningssäsongen 1992 har för många bilder medfört en klar förbättring av lägesbestämningen. Maskens mer eller mindre slumpvisa glidning gör emellertid att sjöarna inte kan avmaskas och räknas bort från landområdet.

För en del av områdena har dessutom bildmasken generellt varit något felplacerad, speciellt under början av säsongen 1990. Det beror på att masken lagts ut då områ-

dena var snötäckta. Man har då inte kunnat se konturer i landskapet t. ex. sjöar, som är till stor hjälp för lokaliseringen. Störst verkar felplaceringen ha varit för Sitasjaure och Suorva. Då detta upptäcktes i samband med att sjöarna började framträda på satellitbilderna gjordes ändringar av maskernas placering, för Suorva den 20 juni och för Sitasjaure den 25 juni 1990. Mindre justeringar av maskens läge gjordes också för några områden under säsongen 1991.

Ett problem med utvärderingen har varit hur sjöarna skall räknas. I början av snösmältningssäsongen är nämligen sjöarna snötäckta och klassas då som snötäckt mark. Längre fram under våren övergår de sedan till att bli klassade som is eller vatten. I de värden som under våren 1990 redovisades till kraft- och vattenregleringsföretagen har sjöarna inräknats i andelen snötäckt mark vare sig de på bilderna framgår som snö, is eller vatten. D.v.s snötäckt mark inklusive sjöar har angetts som andel av totala ytan.

Ovannämnda metod att räkna ut snötäckningsgraden var emellertid mindre bra, eftersom endast snötäckningsgraden för landytan är av intresse och det är denna som är jämförbar med HBV-modellens snötäckningsgrad. Därför ändrades redovisningen från och med säsongen 1991 och snötäckningsgraden har därefter redovisats på två sätt; dels som andel av områdets totala yta och dels uträknad med en formel som angav dess andel av landytan. I båda fallen har uträkningen gjorts endast på bildelementen från den molnfria delen av bilden med antagande om att förhållandena är likvärdiga för den molntäckta delen. Formeln vid uträkning av snötäckningsgraden för landytan lyder vid helt snötäckt mark $[S-(K-I-V-SF)]/[T-M-K]$ och för snötäckt markyta inklusive snöfläckar $[S+SF-(K-I-V)]/[T-M-K]$ där

T = totala antalet bildelement för området

M = antalet molnklassade bildelement

A = konstant för varje område som anger antalet bildelement som bör klassas som vatten(sjöar) vid gynnsamma förhållanden

K = $A \times (T-M)/T$

S = snöklassade bildelement

SF = snöfläcksklassade bildelement

I = isklassade bildelement

V = vattenklassade bildelement

K-I-V-SF sätts till 0 vid negativt värde

Formeln kompenserar för att sjötor i början av säsongen klassas som snö eller snöfläckar och att dessa sedan allteftersom snösmältningen fortskrider klassas som is eller vatten. I avsmältningssäsongernas inledning har formeln gett avsedda resultat på snötäckningsgrad. Formeln har emellertid inte fungerat på tänkt sätt i slutet av snösmältningen utan har underskattat snötäckningsgraden på grund av att sjöarna då ofta felaktigt har klassats som barmark.

För att även i slutet av snösmältningen kunna erhålla avsedda värden på snötäckningsgrad har uträkning också gjorts utan korrigering för snötäckta sjöar. Den an-

vända formeln har därvid för helt snötäckt mark varit $[S-K]/[T-M-K]$ och för snötäcke inklusive snöfläckar $[S+SF-K]/[T-M-K]$. De på så sätt uträknade snötäckningsgraderna blir för höga då sjöarna är snötäckta och de har därför inte redovisats i de dagliga listorna. De har dock redovisats på de områdesvis utförda sammanställningslistorna som tagits fram efter varje säsong från och med 1991.

Förutsättningar för jämförelse av NOAA-bildernas snötäckningsgrad med HBV-modellens snömagasin

De NOAA-scener för vilka snötäckningsgraden någorlunda tillfredsställande har kunnat bestämmas har använts för jämförelse med HBV-modellens snömagasin. Både andelen helt snötäckt areal och snötäckt areal inklusive snöfläckar enligt satellitbilderna har därvid uppritats i diagramform mot samtliga snömagasinsvärden hos HBV-modellen. I första hand har HBV-modellens snömagasin angetts som andel av maximala snömagasinet för respektive år och område innan våravsmältningen.

Från och med 1991 års snösmältningssäsong har i princip använts de värden på satellitbildernas snötäckningsgrad som under respektive säsong redovisats till kraft- och vattenregleringsföretagen. På grund av den felaktiga barmark-vatten klassningen har dock i slutet av snösmältningssäsongerna använts de värden som uträknats med formeln som inte korregerar för snötäckta sjöar, och vid enstaka tillfällen har använts ett mellanting mellan de värden som erhållits med resp. utan korrigering för snötäckta sjöar. Valet av vilken formel som ska utnyttjas har styrts av hur sjöarna har avbildats vid de olika tillfällena.

Eftersom uträkningen satellitbildernas snötäckningsgrad gjordes på annat sätt under 1989 och 1990, har värdena från dessa år omräknats. Detta gjordes redan vid de tidigare utvärderingarna (Häggström & Moberg, 1991 och Häggström, Johansson & Moberg, 1992), då snötäckningsgraden uträknades med en metod som motsvarar det sätt som har använts för senare års bilder. Dock sparades inte klassningen av snöfläckar under 1990 före den 23 maj, varför inga värden av snötäcke inklusive snöfläckar då har kunnat anges. Det antogs då nämligen att klassen snöfläckar har mindre betydelse för det totala snömagasinet än vad som senare visade sig vara fallet. Detta har bara varit av betydelse vid utvärderingen för Torrön och Övre Trysilelva, eftersom snösmältningen i övriga områden endast hade påbörjats den 23 maj 1990. För Torrön och Övre Trysilelva hade dessutom grunddata av misstag raderats från de magnetband på vilka de skulle ha sparats, varför ytbestämning av snötäckt areal har måst göras på det bildmaterial som framställdes under våren 1990. Detta gav färre data och något osäkrare resultat än vad som annars skulle ha varit fallet.

I jämförelsen har primärt endast satellitbilder med molnighetsandel mindre än 25 procent använts. För vissa perioder och då speciellt under 1991 var emellertid molnighetsförhållandena så svåra under maj och juni att även bilder med molnighetsandel mellan 25 och 50 procent har måst användas för att i flera områden över-

huvudtaget få några scener under den intressanta delen av avsmältningsförloppet. Dessa scener har fått en anmärkning i respektive bildtext.

För alla områden utom Suorva redovisas i figurerna för 1990 och 1991 både snömagasin och snötäckningsgrad för HBV-modellen. Dessa figurer är desamma som redovisades i föregående utvärderingsrapport (Häggström, Johansson & Moberg, 1992). Figurerna för 1992 - 1994 samt för Suorva även för 1989 - 1991 har nu nyframställts och i dessa har inte modellens snötäckningsgrad medtagits. De omgjorda figurerna för Suorva baseras på en ny kalibrering av HBV-modellen, som bättre beskriver snösmältningsförloppet än vad den tidigare kalibreringen gjorde. I den tidigare kalibreringen smälte nämligen inte snötäcket av helt i de översta höjdzonerna utan ökade från år till år.

HBV-modellens snötäckningsgrad har inte tagits med i de nyframställda figurerna på grund av att nyare modellversioner inte har anpassats för att kunna skriva ut snötäckningsgrad eller snötäckt areal. Det har inte heller inom projektets ram ansetts befogat att göra nödvändiga programändringar för att erhålla dessa utskrift, eftersom det i slutändan är modellens snömagasin man vill kunna uppdatera och inte dess snötäckningsgrad.

Att praktiskt använda sig av ett samband som går via HBV-modellens snötäckningsgrad har dessutom andra problem, som orsakas av att modellens snötäckningsgrad är uträknad från arealen av höjd- och vegetationszoner med snömagasin. På grund av att modellen har ett begränsat antal zoner, minskar nämligen snötäckningsgraden stegvis allt eftersom zonerna blir helt snöfria. Modellens snötäckningsgrad blir därmed beroende på zonindelningen och allmänt blir snötäckningsgraden mindre ju finare zonindelning man har. Detta visades tydligt i en tidigare utvärderingsrapport (Häggström & Moberg, 1991). Användande av HBV-modellens snötäckningsgrad skulle därför kräva att samma modellkalibrering måste användas både under den period ett eventuellt samband framtagits och senare då detta används.

HBV-modellens totala snömagasin för ett område är däremot inte så olika mellan skilda modellkalibreringar under förutsättning att de ger rätt vårfloidsvolym på vattenföring och att ingen fundamental modellförändring gjorts. Med viss försiktighet kan därför olika modellkalibreringar för ett område betraktas ge homogena värden på snömagasinet. I det nu presenterade materialet har modellkalibreringsversion ändrats för Sitasjaure från 1993 till 1994 och för Överuman och Torrön från 1991 till 1992.

För att HBV-modellens eventuellt dåliga återgivande av snösmältningsförloppet under vissa år inte ska ge en felaktig bild av relationen mellan modellens snömagasin och satellitbildernas snötäckningsgrad har modellen uppdaterats. Det har gjorts genom justering av temperaturen under snösmältningsperioden, och vid fel i vårfloidsvolymen genom justering av snömagasinet innan snösmältningen. På så sätt har den modellberäknade vattenföringen anpassats så att den så väl som möjligt överensstämmer med den observerade. Därmed bör även smältningsförloppet hos modellens snömagasin överensstämma med det verkliga snösmältningsförloppet.

NOAA-bildernas snötäckningsgrad jämförda med HBV-modellens snömagasin

I figurerna 1 - 6 har HBV-modellens snömagasin och NOAA-bildernas snötäckningsgrad för varje enskilt område och år uppritats tillsammans på en tidsaxel. Beträktelse av figurerna ger ett splittrat intryck, både vid jämförelse av olika områden och av olika snösmältningssäsonger. Den tendens till ett för varje område någorlunda entydigt samband som kunde skönjas vid föregående utvärdering (Häggström, Johansson & Moberg, 1992) visar sig nu vara klart sämre.

I två diagram för varje område har i figurerna 7 - 12 resultatet från hela studieperioden sammanställts. Satellitbildernas snötäckningsgrad har där uppritats mot samtida värden på HBV-modellens snömagasin, varvid det senare är angivet i procent av respektive års maximala magasin innan snösmältningen. Separata diagram ges för snötäckningsgrad baserat på helt snötäcke och snötäcke inklusive snöfläckar. Figurerna 7 - 12 bekräftar resultatet från de säsongsvisa diagrammen i figur 1 - 6, d.v.s. att sambanden mellan satellitbildernas snötäckningsgrad och HBV-modellens snömagasin inte är speciellt entydiga. Sambanden är dock generellt bäst i slutet av avsmältningsförloppet.

Figurerna 1 - 6 och 7 - 12 visar att i början av snösmältningsförloppet befinner sig modellens magasinsskurva generellt mellan snötäckningsvärdena för helt snötäcke och snötäcke inklusive snöfläckar eller under bådadera. Detta förhållande ändras emellertid under snösmältningens förlopp och i slutet ligger magasinsskurvan i regel över båda värdena för snötäckningsgrad eller i jämnhöjd med snötäcke inklusive snöfläckar. Att förhållandet ändrar sig under snösmältningens förlopp är helt rimligt. I början av avsmältningen och speciellt om snötäcket är djupt kan dess magasinssinnehåll avta en del utan att den snötäckta arealen nämnvärt minskar. Å andra sidan kan det långt fram på sommaren ligga kvar ganska mycket snö i skyddade lägen i skrevor och på nordsluttningar fastän den snötäckta arealen är liten.

En annan trolig orsak till att ovannämnda förhållande ändrar sig under snösmältningens förlopp är, att satellitbilderna i början av snösmältningen på grund av otillfredsställande upplösning systematiskt underskattar arealen av barmark då denna består av små och ej sammanhängande områden. Motsatta förhållandet torde råda då snöfläckarna är små, d.v.s. i slutet av snösmältningen.

Det tydligaste sambandet har erhållits för Suorva i snösmältningens slutskede och då modellens snömagasin uppritats mot satellitbildernas snötäckningsgrad för helt snötäcke. Plottning mot snötäckningsgrad baserat på snötäcke inklusive snöfläckar ger ett klart sämre samband. Även för Överuman ger snötäckningsgrad för helt snötäcke bättre samband, medan det för övriga områden inte tydligt syns vilken snötäckningsgrad som ger bäst samband med modellens snömagasin.

Satellitbildernas snötäckningsgrad har också uppritats mot HBV-modellens snömagasin uttryckt i millimeter, vilket redovisas i figur 13 - 18. Vid en okulär betraktelse

av de två figuruppsättningarna 7 - 12 och 13 - 18 bör man ta i beaktande att de inte är helt jämförbara. För de senare figurerna där snömagasinet är angivet i millimeter har nämligen magasinsaxelns skala bestämts av studieperiodens högsta magasinsvärde, och genomsnittligt för perioden blir skalan därför mer sammantryckt än då snömagasinet är angivet i procent av respektive års maximala magasin innan snösmältningen. Med detta i beaktande ser man att figuruppsättningarna 7 - 12 i de flesta fall uppvisar bättre samband med HBV-modellens snömagasin. Ett tydligt undantag finns dock nämligen Torrön för snötäcke inklusive snöfläckar, men detta fall får nog betecknas som tillfälligheternas nyck.

Att sambanden i regel är bättre mot snömagasinet uttryckt i procent av respektive års maximala magasin innan snösmältningen än direkt mot snömagasinet i millimeter är fullt logiskt, om man betänker hur snötäcket djupmässigt varierar i fjällterräng (se exempelvis Brandt, 1986). Även under snörika vintrar finns det nämligen stora vindutsatta områden med ganska tunt snötäcke, medan den mesta snön har samlats i sänkor i terrängen. Långt fram på snösmältningssäsongen under ett snörikt år kan därför snömagasinet fortfarande vara betydande fastän den snötäckta arealen är liten. Arealen av områdena med tunt snötäcke respektive med djupt snötäcke är bara delvis beroende på snömagasinets mäktighet. Detta gör att det alltså inte bör finnas ett entydigt samband direkt mellan snötäckningsgrad och snömagasin.

Diskussion om felkällor och problem vid jämförelse av satellitbildernas snötäckningsgrad med HBV-modellens snömagasin

Då man betraktar sammanställningsfigurerna 7 - 12 ser man att spridningen inte är helt slumpmässig utan vissa år verkar det råda högre snötäckningsgrad än andra år för samma magasinsvärde. Oftast men inte helt generellt har 1992, 1993 och 1994 förhållandevis högre snötäckningsgrad än 1990 och 1991, och mest utpräglat är detta för 1992.

En tänkbar orsak till ovannämnda skillnad mellan snösmältningssäsongerna kan vara att satelliterna inte har identiska AVHRR-instrument och att därför något skilda klassningsalgoritmer har måst användas. Under 1989 - 1991 har oftast bilder från NOAA 10 använts, medan bilder från NOAA 12 huvudsakligen har använts under 1992 - 1994. Bilder från NOAA 11 har använts under hela perioden, men dock sparsamt och speciellt under de sista åren då bilderna endast varit från eftermiddagstid. I den mån det under samma dag har gått att jämföra bilder från de olika satelliterna, har det emellertid inte kunnat upptäckas någon uppenbar skillnad i klassningen.

Det finns dock en tydlig genomsnittlig skillnad mellan bilderna från NOAA 11 och NOAA 12, men denna beror troligtvis mer på temperaturvariationer under dygnet än på att satelliterna i grunden ger olika klassningar. Bilder från NOAA-11 under varma soliga eftermiddagar verkar nämligen ge mindre snötäcke. I figurerna 1 - 6 har det för de nu nyframställda diagrammen noterats vilka som är eftermiddagsbilder, och för vissa av dessa tillfällen ger bilderna förhållandevis låg snötäckningsgrad och då

speciellt för helt snötäcke. Att helt utesluta eftermiddagsbilder ur undersökningsmaterialet har inte bedömts som lämpligt med tanke på det ringa antalet bilder (tillräckligt molnfria dagar) och att många eftermiddagsbilder trots allt inte visar avvikande snötäckningsgrad.

Algoritmerna i SMHIs klassningsmodell för bestämning av helt snötäcke och snöfläckar har under studieperioden inte ändrats. Man har dock haft något olika algoritmer under olika årstider, och för den i studien aktuella årstiden har man den 15 maj gått över från våralgoritmer till sommaralgoritmer. Denna övergång verkar emellertid inte ha gett någon synbar diskontinuitet hos snötäckningsgraden.

Skillnaden mellan säsongerna kan också bero på olikheter i snöfördelningen eller i snösmältningsförloppet. Något sådant samband har emellertid inte kunnat hittas.

Förutom den ovan nämnda skillnaden mellan snösmältningssäsongerna finns det en stor spridning inom varje säsong. Som nämnts i kapitlet *Förutsättningar för utvärdering av snötäckningsgrad från NOAA-bilder* finns det flera orsaker till spridningen. En viktig sådan orsak är ofullkomligheter i positioneringen av bildmasken, vilket gör att inte exakt samma område avbildas varje gång. De därvid uppkomna randfelen får proportionellt större betydelse ju mindre ett område är. För de två största studieområdena Suorva och Övre Trysilälva orsakas troligtvis inte så stora fel i snötäckningsgraden, men för de övriga områdena kan nog felen bli betydande.

Problem av teknisk natur har i viss mån satt hinder i vägen för utnyttjande av NOAA-scenerna. Ibland har det berott på att data från satelliten har varit behäftade med fel som gjort dem svåra att utvärdera, men oftast har felen berott på problem i SMHIs bildbehandlingssystem. Det har rört sig om fel i teknisk utrustning, serviceavbrott eller diverse programfel. Den längsta perioden med avbrott inträffade 14 - 31 juli 1991. För övrigt har sådana avbrott rört sig om enstaka dagar eller kortare perioder. Sammanlagt torde fel av teknisk natur ha förorsakat ett ungefär tioprocentigt bildbortfall.

Det helt övervägande hindret för att kunna utnyttja NOAA-scener för bestämning av snötäckningsgrad är emellertid molnigheten. Den får till följd att långa sammanhängande perioder förekommer utan att någon användbar bild kan framställas. I figur 19 har angivits de dagar under studieperioden för vilka NOAA-scener med molnighet mindre än 25 % har erhållits. Det är ju dessa scener som i första hand har använts för bestämning av snötäckningsgrad, även om scener med upp till 50 % molnighet har utnyttjats vid vissa tillfällen.

För att få en uppfattning om hur representativa molnighetsförhållandena har varit under studieperioden, har i tabell 1 månadsvärden av solskenstiden i förhållande till det normala angivits för SMHIs mätstationer Abisko och Storlien-Visjövalen. Dessa är de två stationer som bäst bedöms representera de aktuella områdena, varav Sitasjaure och Suorva bäst representeras av Abisko eller av ett mellanting av Abisko och Storlien-Visjövalen, medan övriga områden bäst representeras av Storlien-Visjövalen.

	Abisko					Storlien-Visjövalen				
	apr	maj	jun	jul	aug	apr	maj	jun	jul	aug
1989	90	56	90	61	100	112	76	~100	85	79
1990	114	66	115	86	64	100	99	97	100	56
1991	142	88	89	55	100	148	42	57	119	70
1992	87	100	139	70	74	103	96	149	52	56
1993	99	91	74	106	73	153	86	82	55	64
1994	84	91	74	124	118	109	78	32	145	79

Tabell 1. Solskenstid i procent av det normala (1961 - 1990) vid SMHIs mätstationer Abisko och Storlien-Visjövalen under månaderna april, maj, juni, juli och augusti åren 1989 - 1994.

Som man ser av tabell 1 har solskenstiden under april månad varit högre än det normala i södra delen av fjällkedjan. Det är dock endast för området Övre Trysilelva som detta är av intresse, eftersom övriga områden inte har haft någon snösmältning av betydelse under april. Det soliga aprilvädret medförde emellertid att förhållandevis många NOAA-bilder har erhållits över snösmältningen i Övre Trysilelva, trots att detta område har det snabbaste snösmältningsförloppet av de studerade områdena. I motsats till april har maj månad varit ovanligt solfattig under studieperioden och även juni har varit solfattig med undantag av den ganska normala junimånaden 1990 och den solrika 1992. Beträffande juli var 1994 mycket solrikt och för Storlien-Visjövalen även 1991, medan övriga julimånader har varit normala eller solfattiga. Augusti har övervägande varit solfattigt speciellt i de södra fjälltrakterna.

Den längsta solfattiga perioden under snösmältningen inträffade 1991. Både maj och juni och i de nordliga fjälltrakterna även juli hade då betydligt lägre solskenstid än det normala. Detta återspeglas i figur 19, som visar att det under andra hälften av maj och hela juni inte alls fanns några satellitscener med molnighet lägre än 25 % för Övre Trysilelva, Torrön, Kultsjön och Överuman. Även för Suorva och Sitasjaure var antalet bra satellitscener då lågt. En annan period där molnigheten har satt hinder i vägen för bra satellitscener under snösmältningen är för Suorva och Sitasjaure andra hälften av juli och hela augusti 1992.

Som framgår av tabell 1 har molnigheten under flertalet av de studerade snösmältningsperioderna varit högre än det normala med undantag för i Övre Trysilelva. Det gör att bildmaterialet har blivit något mindre än om studieperioden hade haft genomsnittligt mer normala molnighetsförhållanden, men inte så litet att studieperioden får anses som inte representativ. De extremt svåra molnighetsförhållandena som rådde i fjälltrakterna under snösmältningen 1991 är dock inte så ofta förekommande.

Att fjällområdet generellt har hög molnighet framgår tydligt av de molnobservationer som görs vid SMHIs synoptiska väderstationer (SMHIs månadspublikation Väder och Vatten). Endast undantagsvis går medelmolnigheten för en månad under 50 %, och trots det fina sommarvädret under juli 1994 var medelmolnigheten då faktiskt 55 - 70 % i fjälltrakterna. För 1993 har också gjorts en speciell studie, där månadsmedel-

värden av molnigheten bestämts med NOAA-satellitbilder (Karlsson, 1994). Denna studie visade god överensstämmelse med den molnighet som erhöles enligt de synoptiska observationerna.

Slutsatser om användbarheten av NOAA-bilder för uppdatering av HBV-modellens snömagasin

På grund av den låga samvariationen mellan NOAA-bildernas snötäckningsgrad och HBV-modellens snömagasin har det i figurerna 7 - 12 inte angetts några regressionslinjer som skulle kunna användas för framtida uppdatering av modellen. För de flesta av figurerna är det nämligen högst tveksamt om de ger tillräcklig information för att ens kunna användas för en kvalitativ uppdatering. Det är endast för Suorva som samvariation bedöms tillräckligt bra för att vara användbar för uppdatering av HBV-modellen i snösmältningens slutskede. Det gäller figur 8b som visar sambandet mellan snötäckningsgrad för helt snötäcke och snömagasin angivet i procent av respektive års maximala magasin innan snösmältningen.

Att Suorva uppvisar högre samvariation än övriga områden beror sannolikt både på att området är arealmässigt stort och att det har stora nivåskillnader. Den stora arealen gör att fel i positionsbestämningen av området får förhållandevis liten betydelse och nivåskillnaderna att klassningsfel kan slå igenom för endast en mindre del av totala arealen.

De stora nivåskillnaderna i Suorva gör också att snösmältningsförloppet blir utdraget i tiden, vilket får till följd att NOAA-bilder kan vara till nytta under en relativt lång tidsperiod. Trots att högfjällsområdet har mycket hög molnighet finns därmed ändå ganska stor chans att någon tillräckligt molnfri dag inträffar under den intressanta perioden i snösmältningens slutskede, då man vill kunna uppdatera HBV-modellens snömagasin.

Beträffande Suorva och figur 8b som uppvisar det bästa sambandet gäller nog att man för framtida bruk endast bör använda figuren till att se om förhållandet mellan snötäckningsgrad och modellberäknat snömagasin faller inom spridningsområdet hos figuren. Om så inte är fallet kan figuren tjäna som varningsklocka för att börja undersöka om det finns eventuella fel i det modellberäknade snömagasiet. Att använda figuren för kvantitativ uppdatering av HBV-modellen är givetvis möjligt, men bör i så fall först göras efter moget övervägande. En uppdatering bör helst också stödjas av andra iakttagelser som tyder på att modellens snömagasin är felaktigt.

Att de nu gjorda undersökningarna har gett ett magert resultat behöver inte betyda att det är utsiktslöst att använda vädersatelliter för bestämning av snömagasinet. Det behövs dock bättre metoder för bildbehandlingen. Dels måste den geografiska lokaliseringen av satellitbilden bli noggrannare och dels måste analysen förbättras av vattenområden, snötäcke och olika grader av delvis snötäckt mark. Man kan därvid troligtvis inte helt lita på automatisk klassning, utan endast använda denna för att

sälla ut intressanta scener. De framsållade scenerna studeras sedan närmare med ett manuellt förfarande, där man i ett GIS-system kan tillpassa området till en kartprojektion och sedan modifiera analysen så att klassningen styrs utifrån tillgänglig kunskap om vilka områden som är täckta av vatten, snö eller barmark.

SMHIs nuvarande system PROSAT för mottagning och behandling av satellitdata tillåter inte en smidig manuell bildbehandling av ovannämnda typ. Det byts dock ut under 1995 mot modernare teknik. För närvarande pågår också diskussioner om ett gemensamt nordiskt centrum för bildbehandling av vädersatellitdata. Därmed bör de framtida förutsättningarna förbättras, så att det går att på ett ekonomiskt försvarbart sätt utföra en bra snökartläggning i nära realtid. Även i Norge finns intresse för snökartläggning med hjälp av NOAA-satelliter. På NVE (Norges Vassdrags- og Energiverk) pågår också sådana studier, och där används ett manuellt analysförfarande (Schjødt-Osmo, 1994).

De i detta projekt klassade satellitscenerna har också fått en viss användning vid hydrologisk modellutveckling i SMHI-projektet HBV-2000. Detta är ett projekt som har som målsättning att förbättra HBV-modellens grundläggande struktur och funktion. För att kontrollera nyutvecklade snörutiner hos modellen jämförs det modellberäknade snötäcket med NOAA-bildernas snötäcke. Det är då i första hand inte vatteninnehållet utan utbredningen hos modellens snötäcke som studeras.

För närvarande (början av december 1994) ger endast NOAA 12 användbara bilder, eftersom NOAA-11 har slutat att fungera. Tidigare har idrifttagandet av NOAA-13 misslyckats. Innevarande månad planeras för uppskjutning av NOAA-14. Nästa satellit i serien NOAA-15 kommer att få ett mer utvecklat AVHRR-instrument med ett nytt våglängdsband (7,6 μm), vilket bör förbättra möjligheterna att separera snö och moln. Den planeras för uppskjutning under 1996.

Referenser

Brandt M. (1986). Areella snöstudier.
SMHI Hydrologi nr 7, Norrköping

Brandt M. & Moberg M. (1990). Snökartering med NOAA-satelliter i Suorvas tillrinningsområde, Sverige.
Nordisk Hydrologisk Förening, Artikel i NHP-rapport nr 26, Norrköping.

Häggström M. & Moberg M. (1991). Lägesrapport beträffande snökartering med NOAA-satellitbilder i tillrinningsområden för vattenkraftmagasin i norra Sverige.
SMHI, HOH PM nr 113, Norrköping.

Häggström M., Johansson E. & Moberg M. (1992). Snökartering med NOAA-satellitbilder i tillrinningsområden för vattenkraft magasin i norra Sverige.
SMHI, Hoh PM nr 123, Norrköping.

Häggström M. (1992). Kommentarer till snökartering med NOAA-satellitbilder under våren 1992
SMHI, Mv PM nr 4, Norrköping.

Karlsson K. G. & Liljas E. (1990). The SMHI model for cloud and precipitation analysis from multispectral AVHRR data.
SMHI, Promis-rapporter nr 10, Norrköping.

Karlsson K. G. (1994). Satellite-estimated cloudiness from NOAA AVHRR data in the Nordic area during 1993.
SMHI, RMK nr 66, Norrköping.

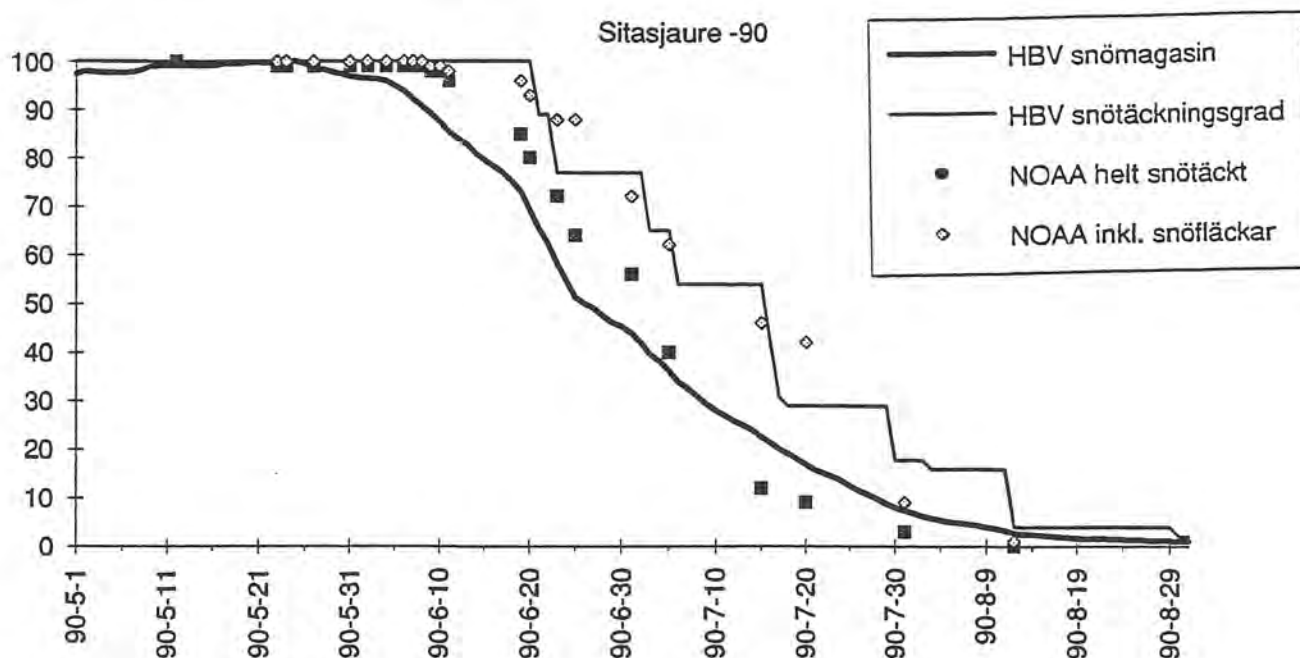
Schjødt-Osmo O. (1994). Snøkartlegging med satellit.
Norges Vassdrags- og Energiverk, Artikel i "Hydrologisk månedsoversikt" september 1994, Oslo.

Väder och Vatten. (Periodisk tidskrift).
SMHI, Norrköping.

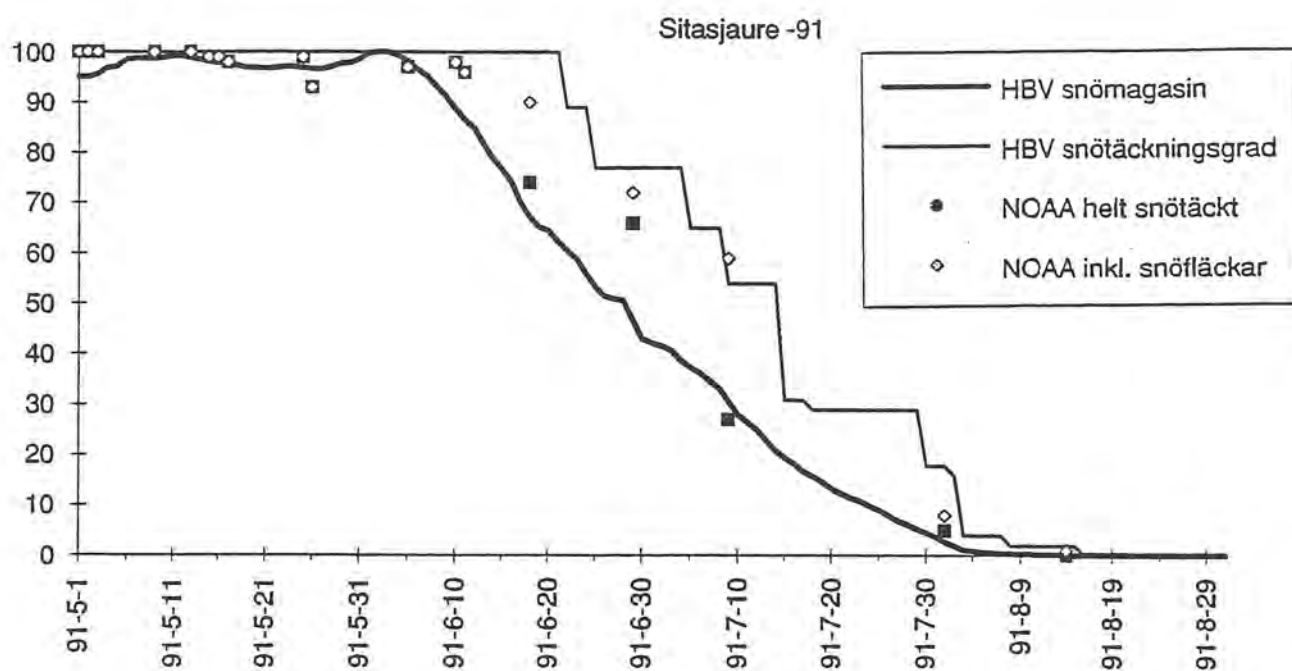
Figurer

SNÖKARTERING I SVENSKA FJÄLLOMRÅDET MED NOAA-SATELLITBILDER

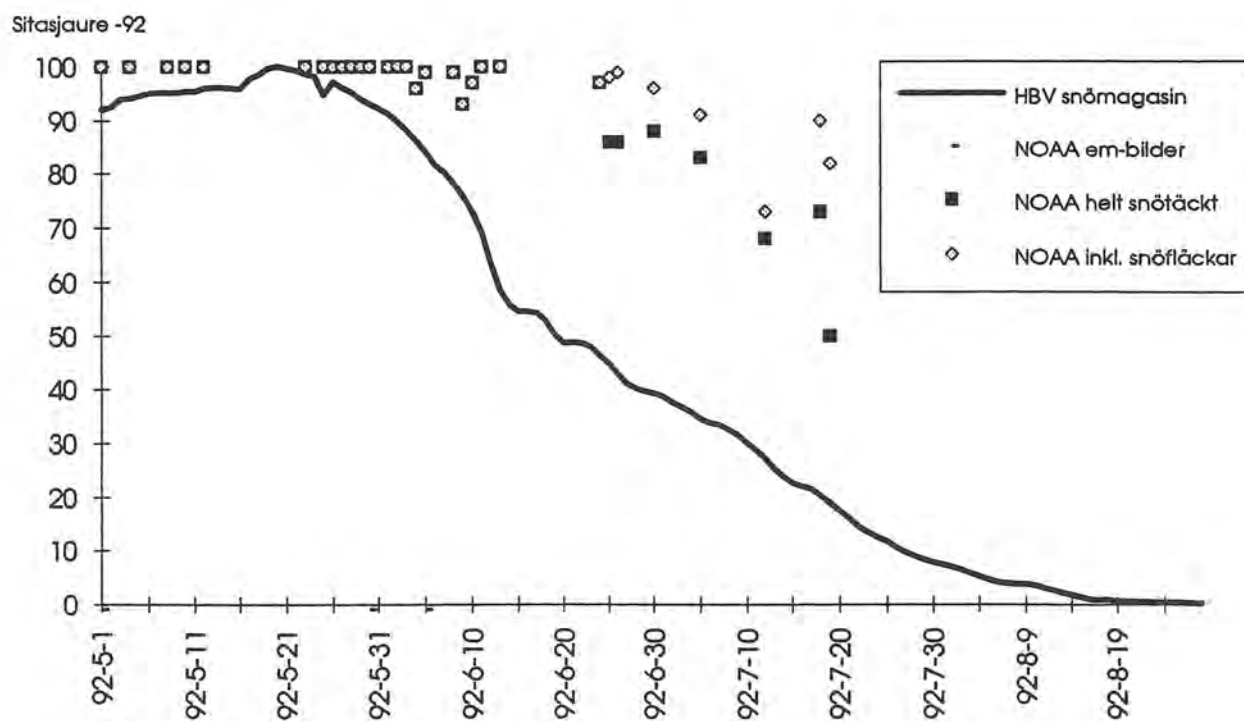
- Figurer 1 - 6 Årsvisa uppritningar på tidsaxel av HBV-modellens snömagasin i procent av respektive års maximala snömagasin och av NOAA-satellitbildernas snötäckningsgrad i procent. För de figurer som publicerats i den tidigare rapporten (Häggström, Johansson & Moberg, 1992) har HBV-modellens snötäckningsgrad tagits med. För de nu nygjorda figurerna har under tidsaxeln gjorts markering för eftermiddagsbilder.
- Figurer 7 - 12 Områdesvisa sammanställningar av HBV-modellens snömagasin i procent av respektive års maximala snömagasin mot NOAA-satellitbildernas snötäckningsgrad i procent.
- Figurer 13 - 18 Områdesvisa sammanställningar av HBV-modellens snömagasin i millimeter mot NOAA-satellitbildernas snötäckningsgrad i procent.
- Figur 19 Dagar för vilka NOAA-satellitsscener erhållits med molnighet mindre än 25 %.



Figur 1a. Sitasjaure 1990.
NOAA-scenen 15 juli har molnighetsandel högre än 25 %.

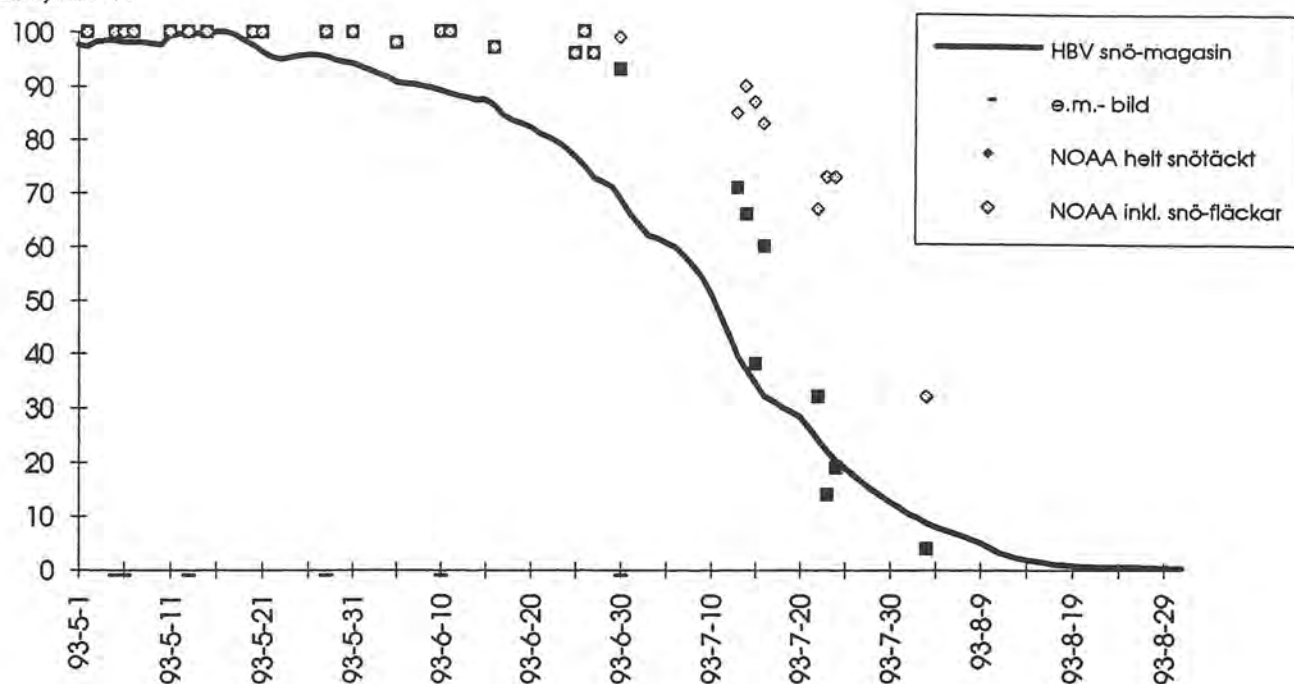


Figur 1b. Sitasjaure 1991.
NOAA-scenen 9 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



Figur 1c. Sitasjaure 1992.
NOAA-scenen 18 juli har molnighetsandel högre än 25 %.

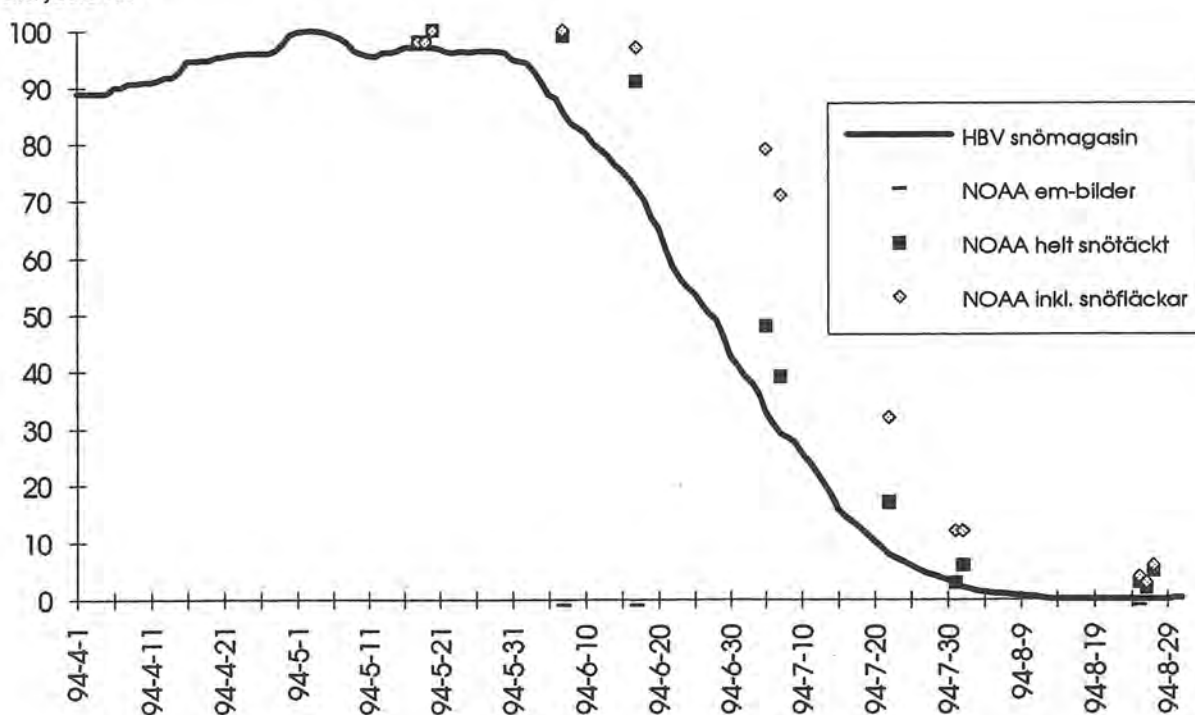
Sitasjaure -93



Figur 1d. Sitasjaure 1993.

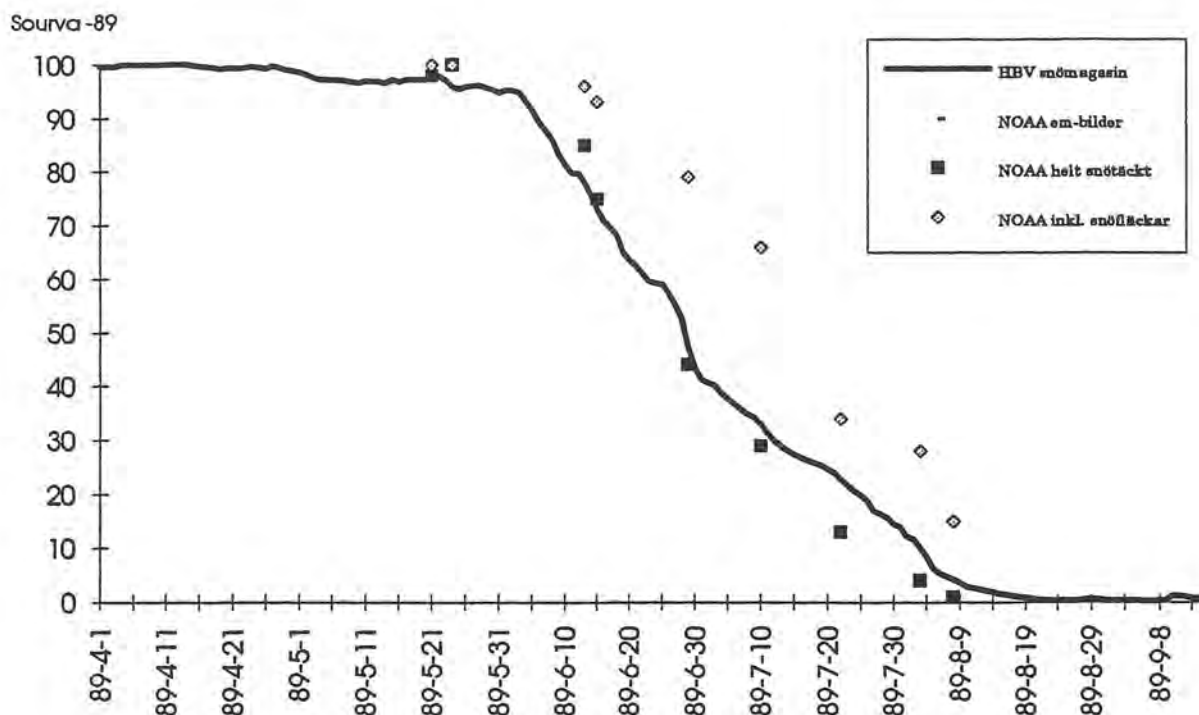
NOAA-scenen 3 augusti har molnighetsandel högre än 25 %.

Sitasjaure -94

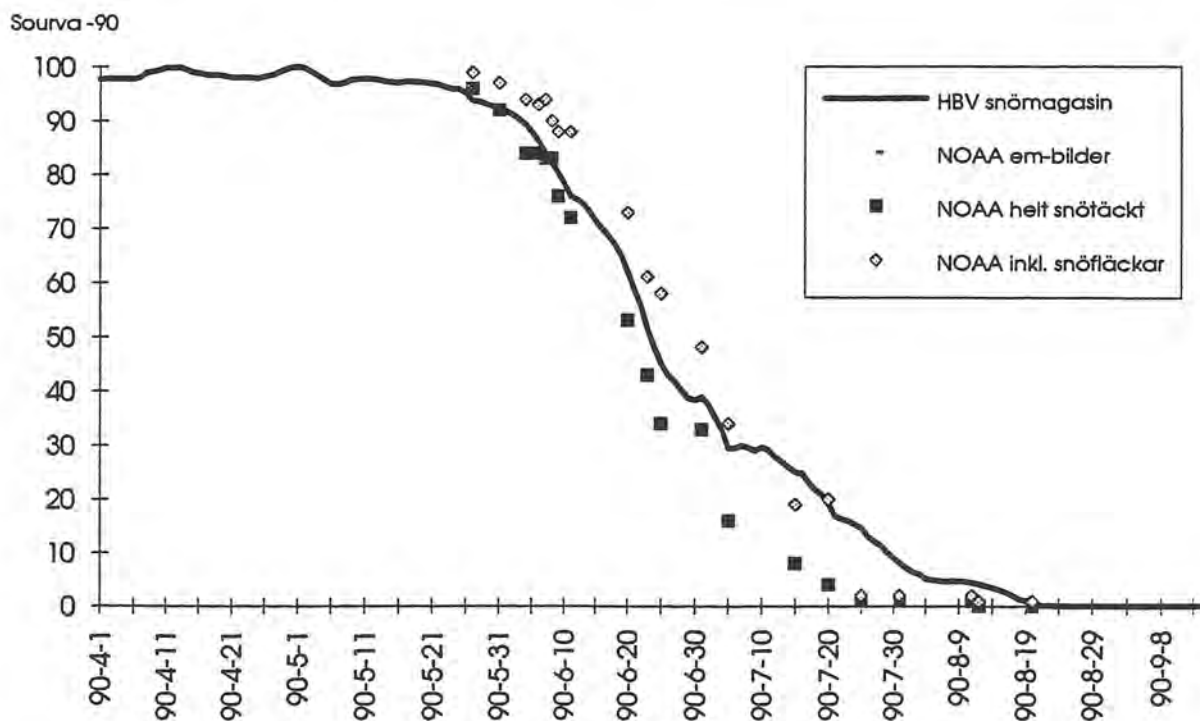


Figur 1e. Sitasjaure 1994.

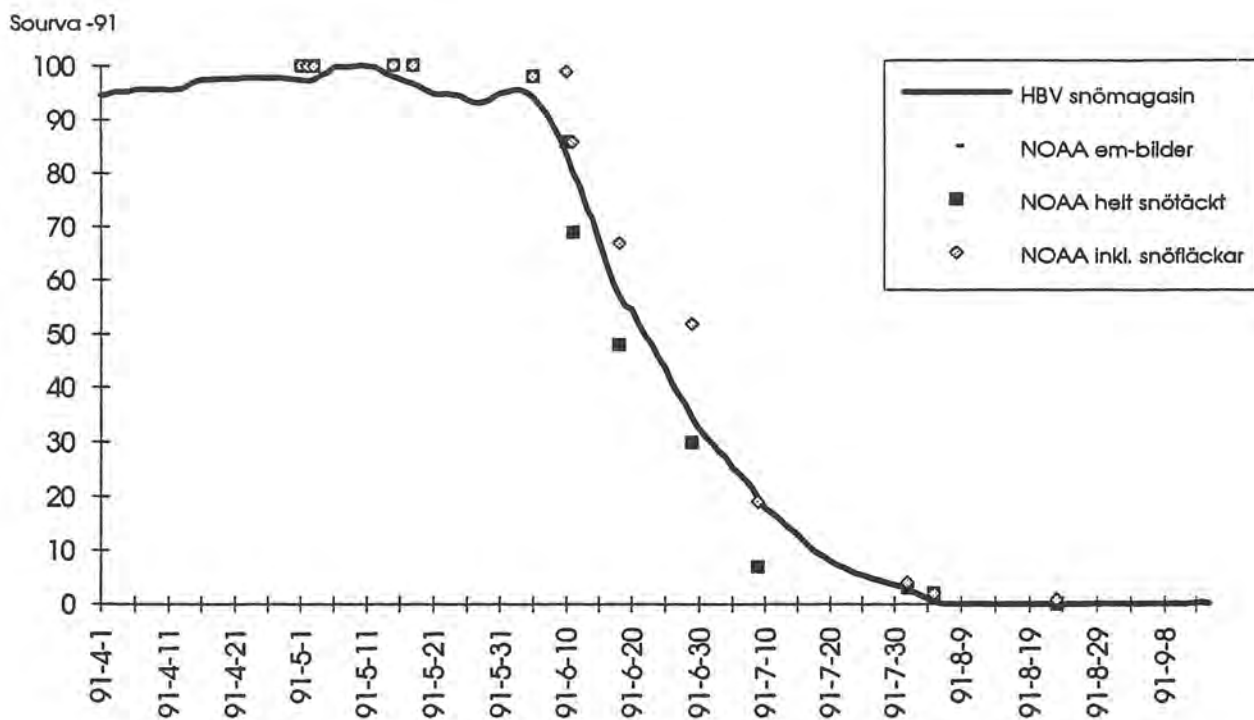
NOAA-scenen 22 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



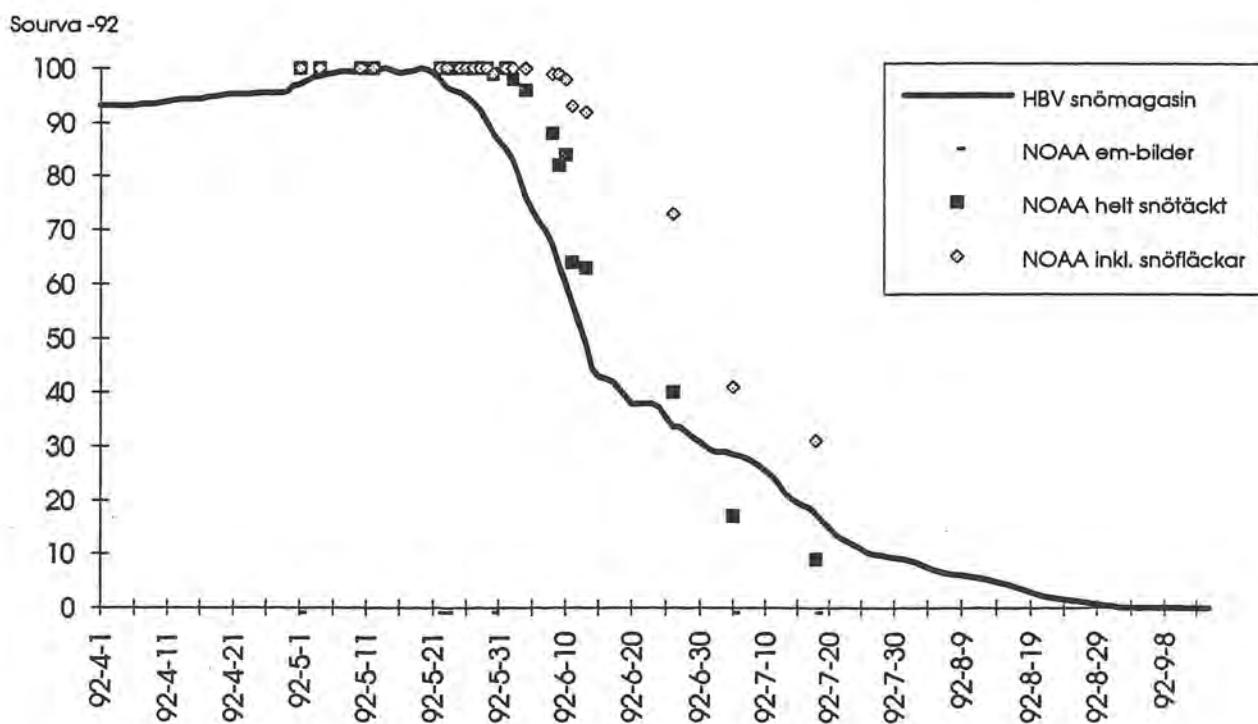
Figur 2a. Suorva 1989.
NOAA-scenerna 29 juni och 22 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



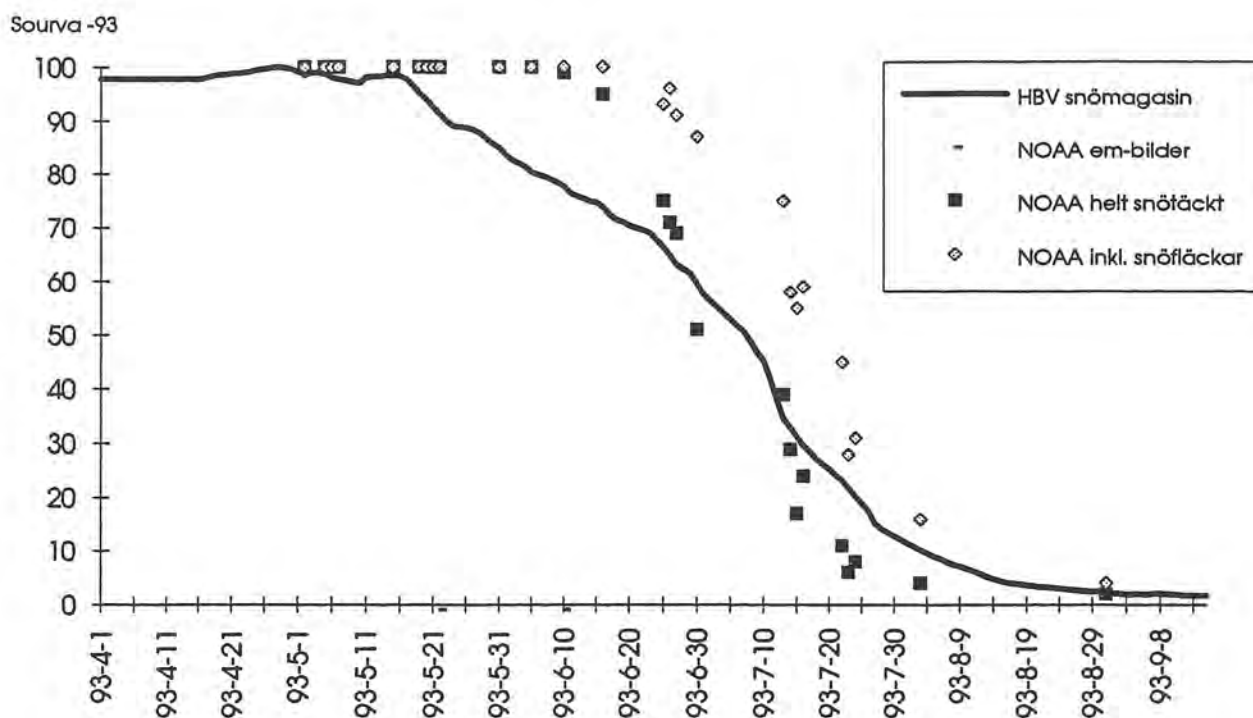
Figur 2b. Suorva 1990.
NOAA-scenen 20 augusti har molnighetsandel högre än 25 %.



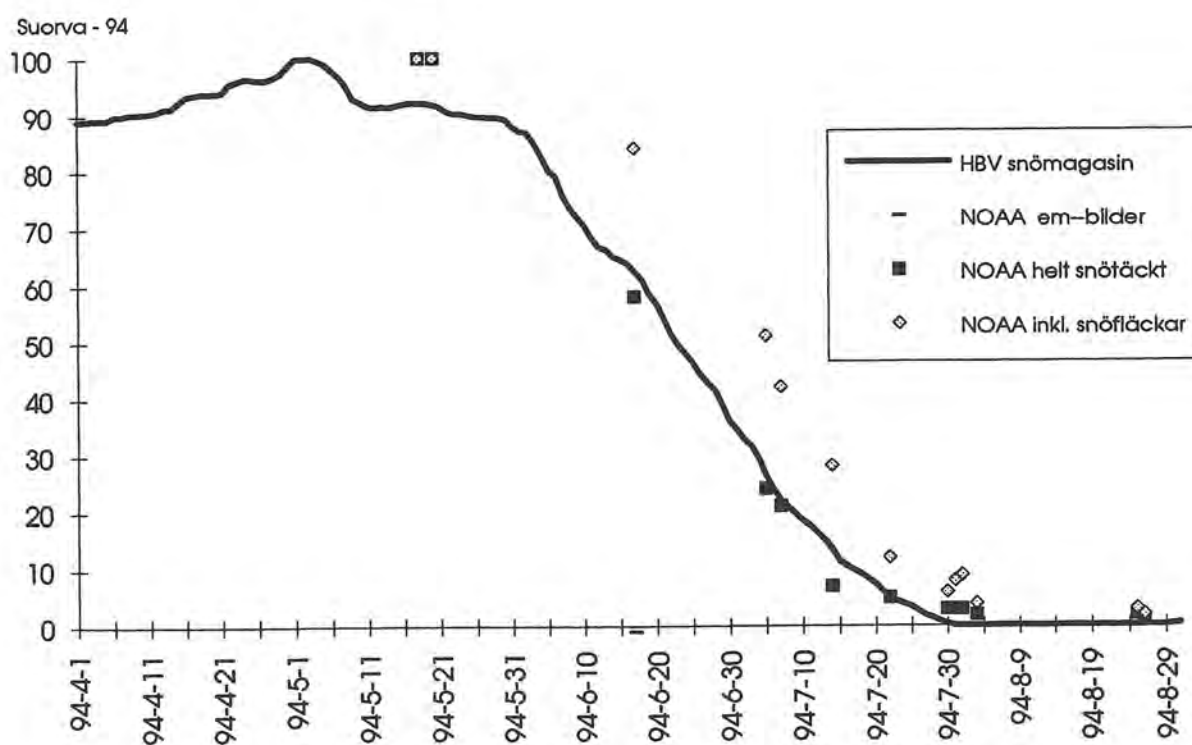
Figur 2c. Sourva 1991.
NOAA-scenerna 5, 10, 11, 18 juni, 9 juli och 5 augusti har molnighetsandel högre än 25 %.



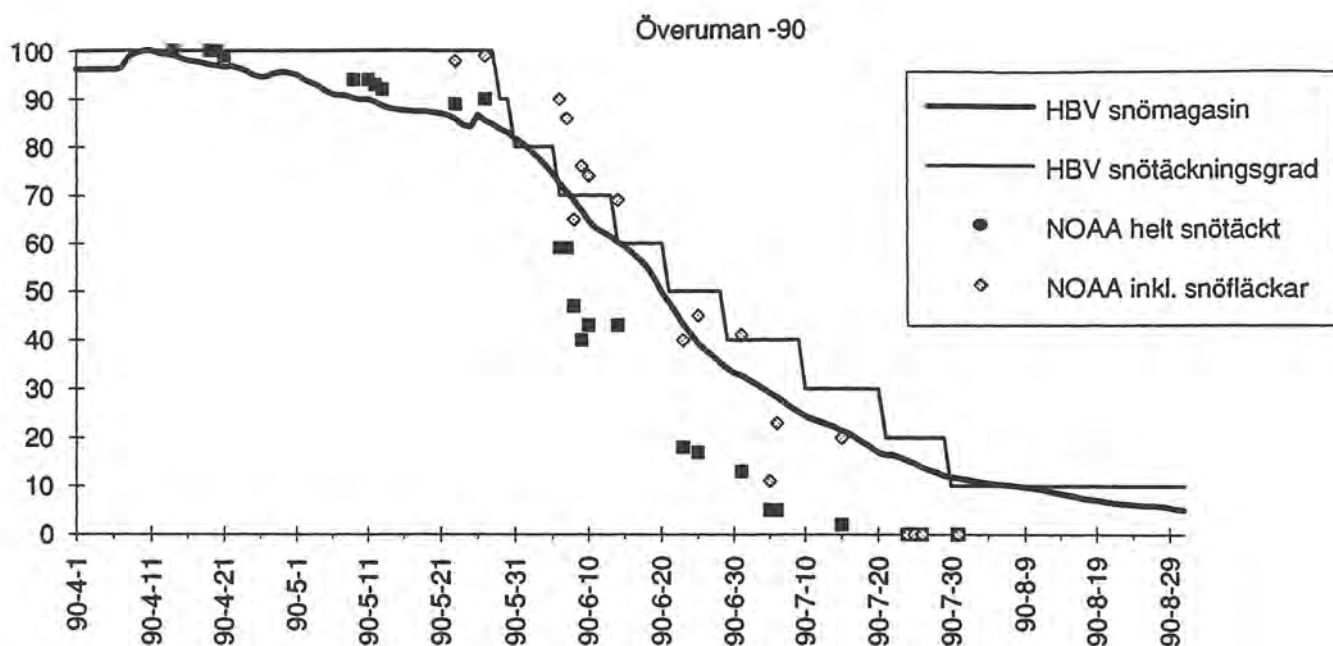
Figur 2d. Sourva 1992.
NOAA-scenen 18 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



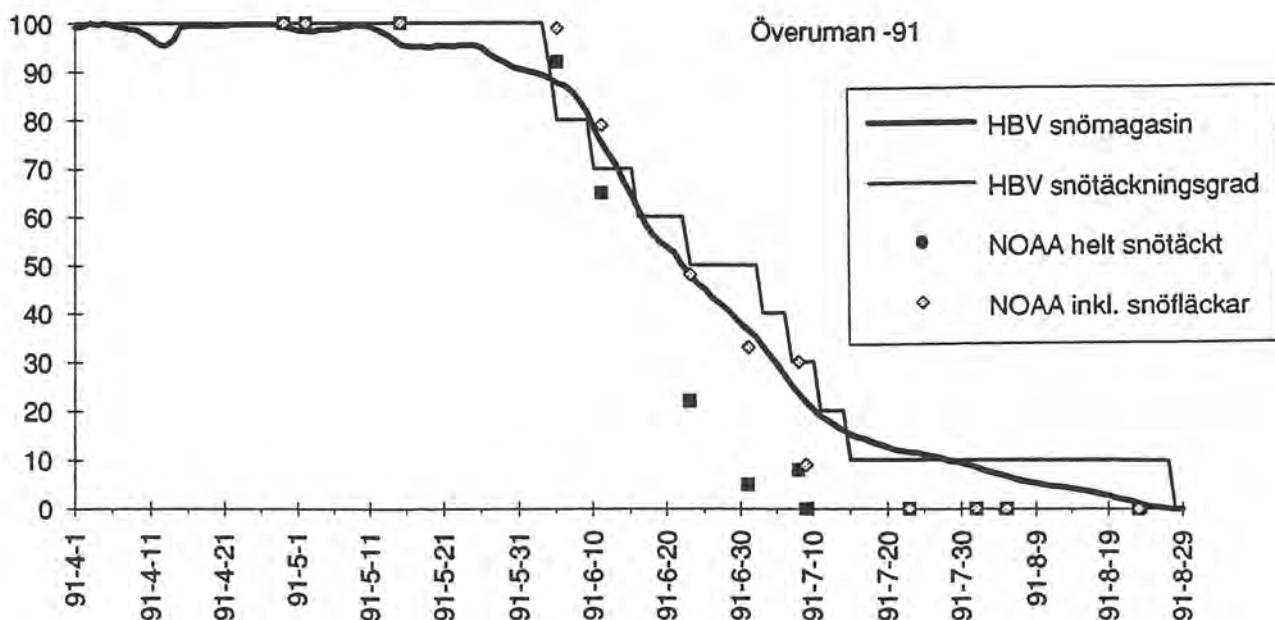
Figur 2e. Suorva 1993.
NOAA-scenen 4 september har molnighetsandel högre än 25 %.



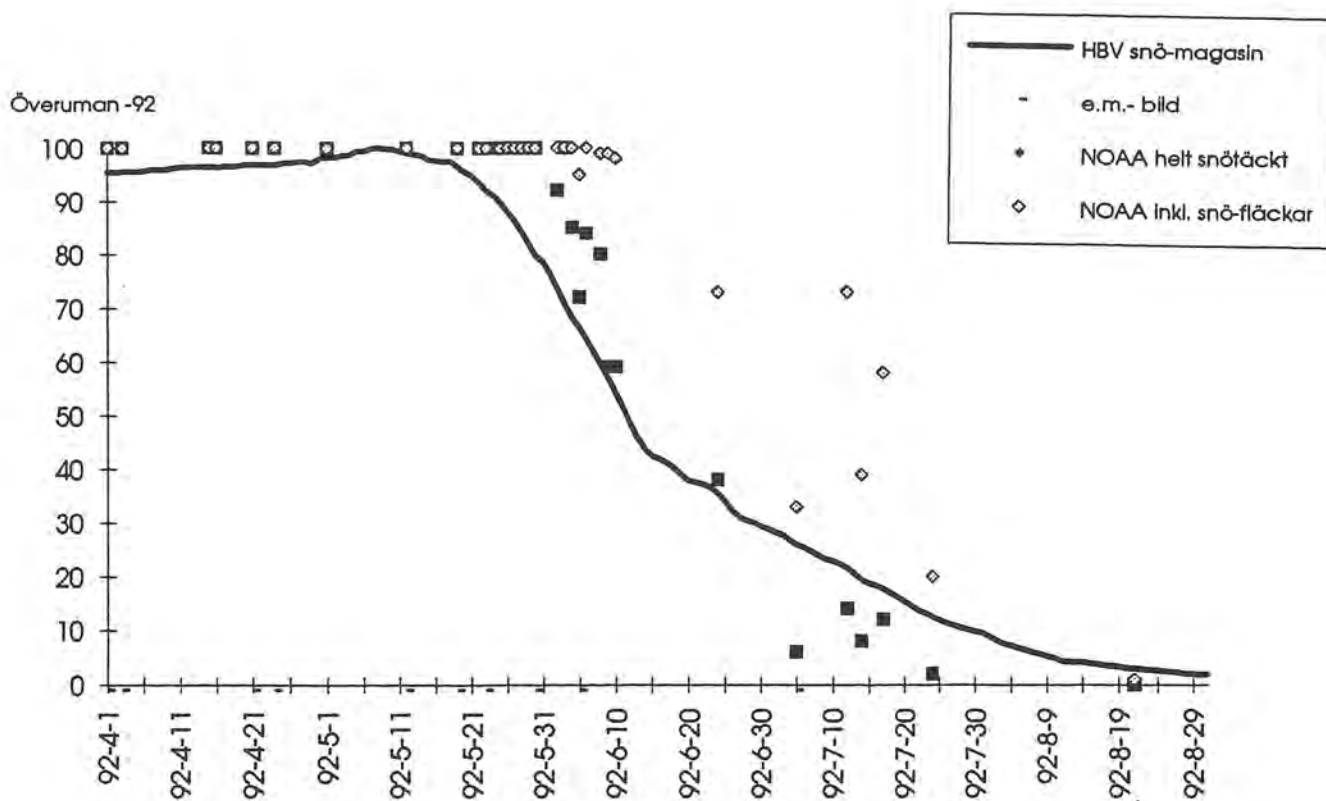
Figur 2f. Suorva 1994.
NOAA-scenerna 17 juni och 14 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



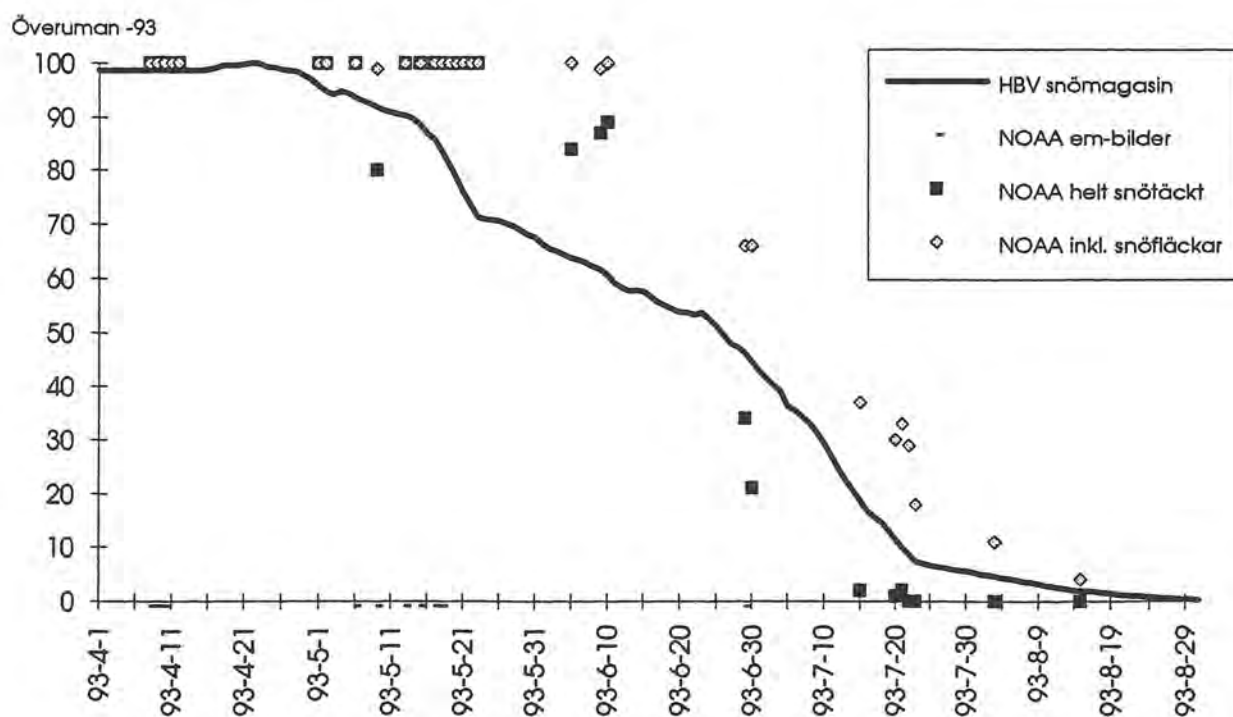
Figur 3a. Överuman 1990.
NOAA-scenen 23 juni har molnighetsandel högre än 25 %.



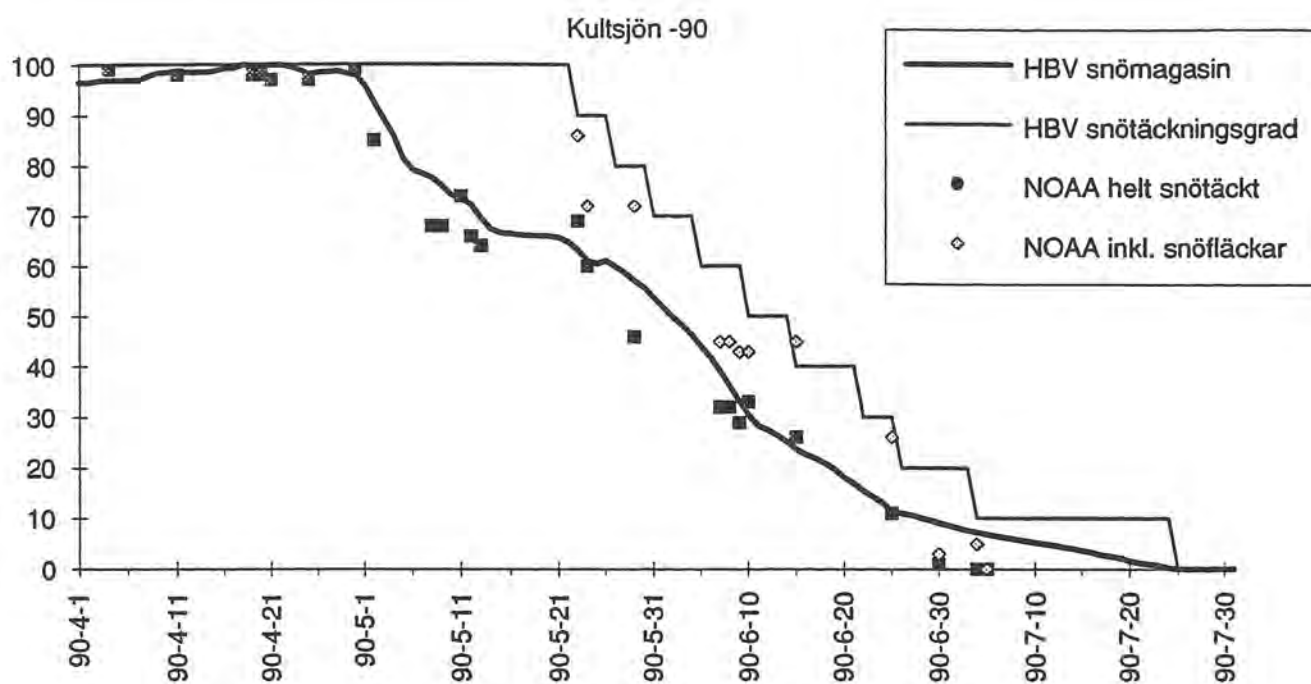
Figur 3b. Överuman 1991.
NOAA-scenerna 5, 11, 23 juni och 1 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



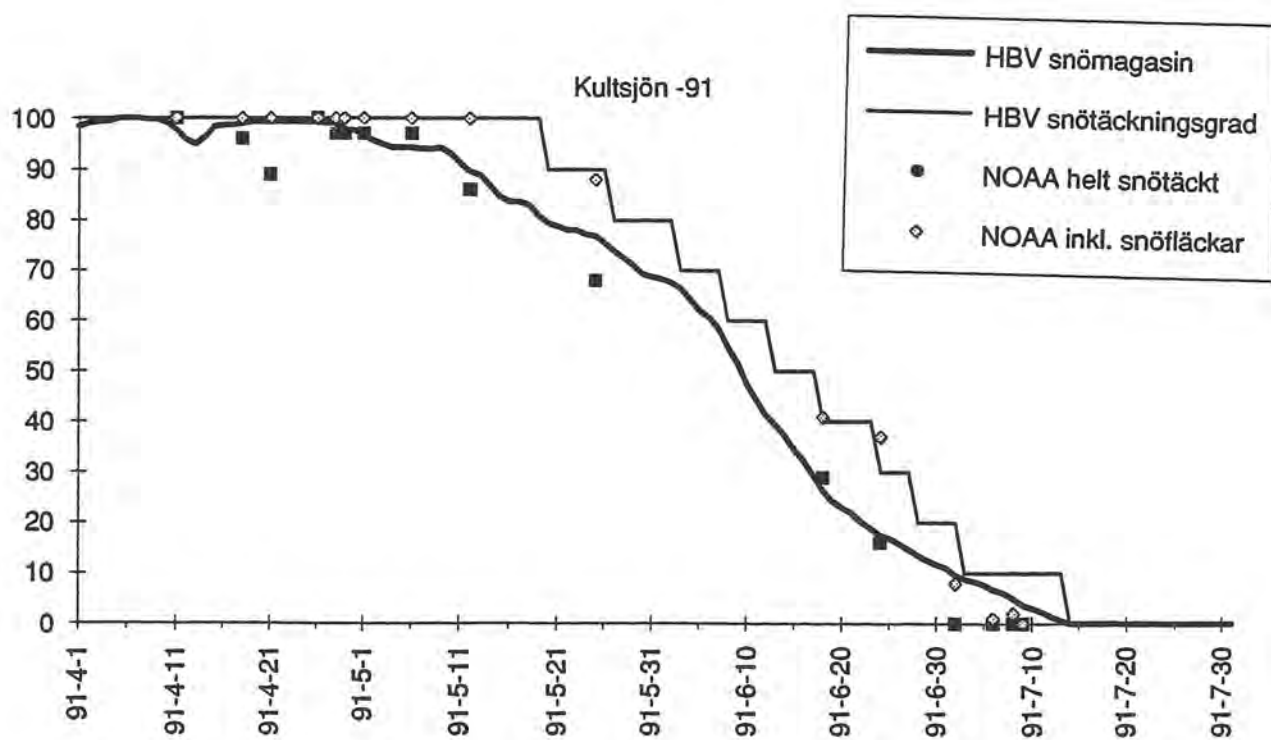
Figur 3c. Överuman 1992.
NOAA-scenerna 24 juni och 17 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



Figur 3d. Överuman 1993.
NOAA-scenen 5 juni har molnighetsandel högre än 25 %.

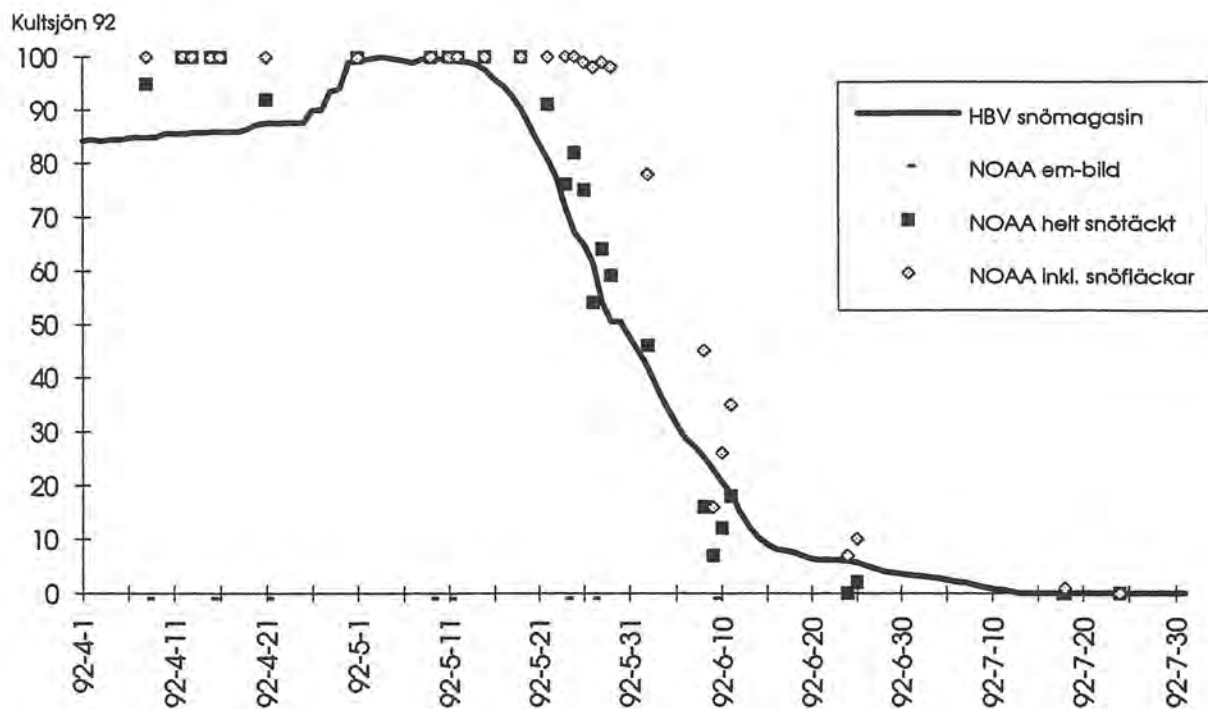


Figur 4a. Kultsjön 1990.

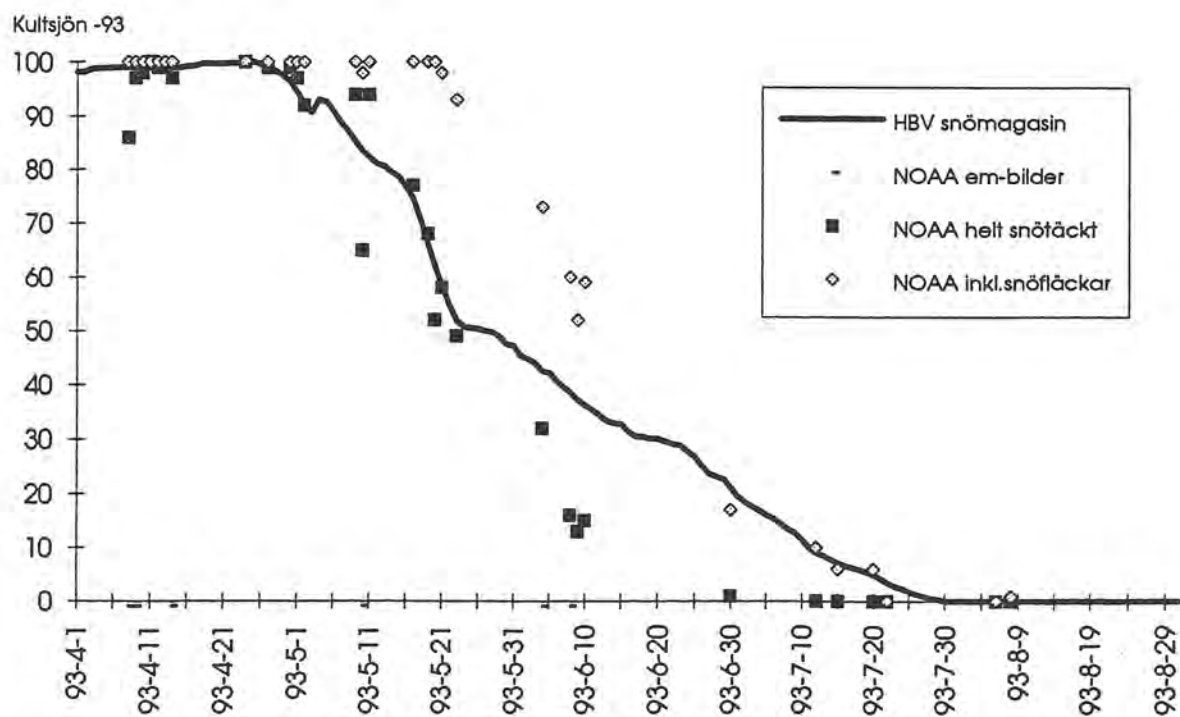


Figur 4b. Kultsjön 1991.

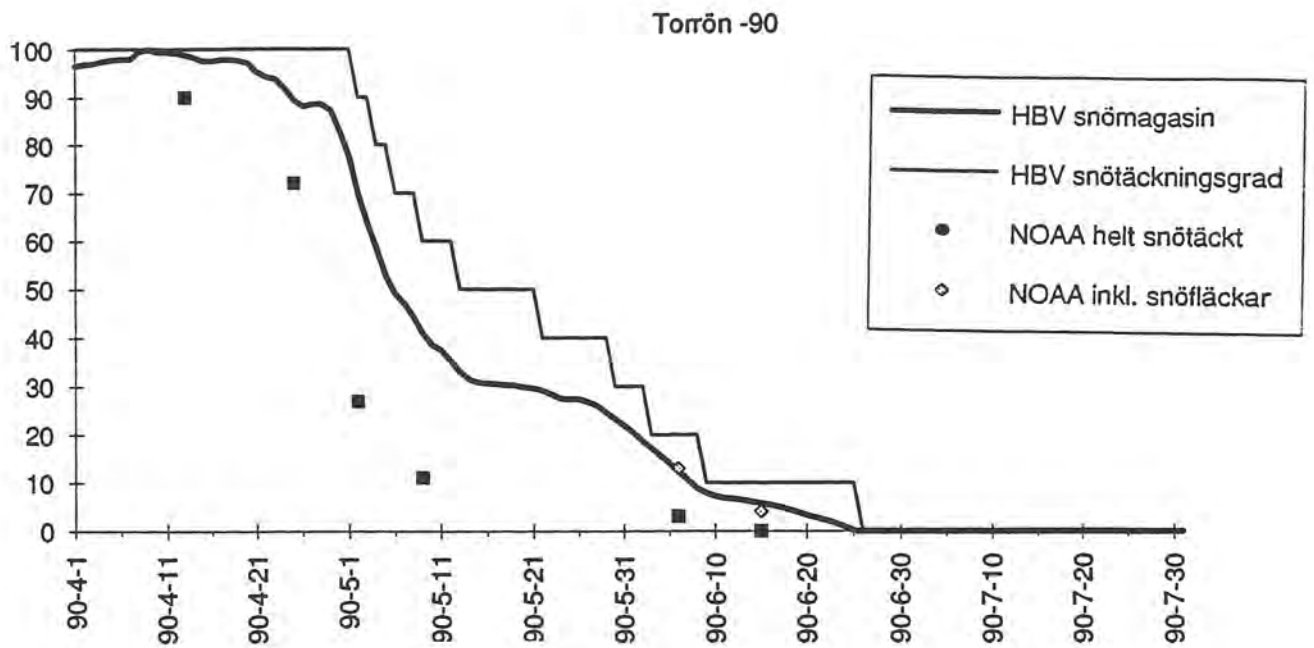
NOAA-scenerna 12, 25 maj, 18 och 24 juni har molnighetsandel högre än 25 %.



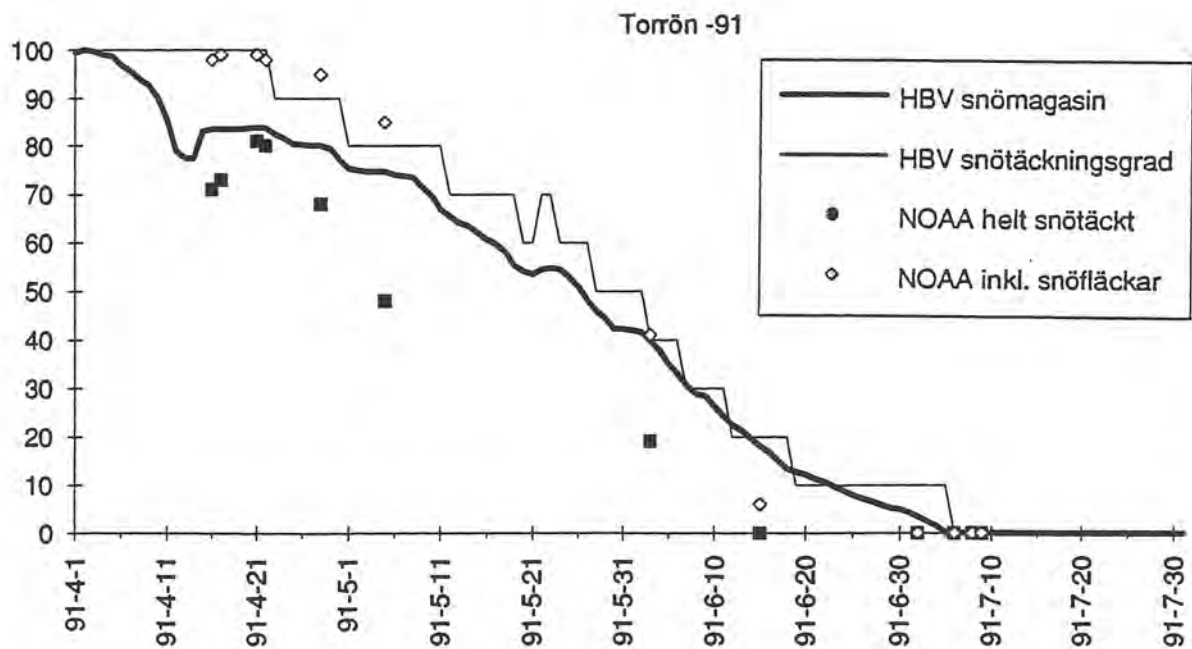
Figur 4c. Kultsjön 1992.



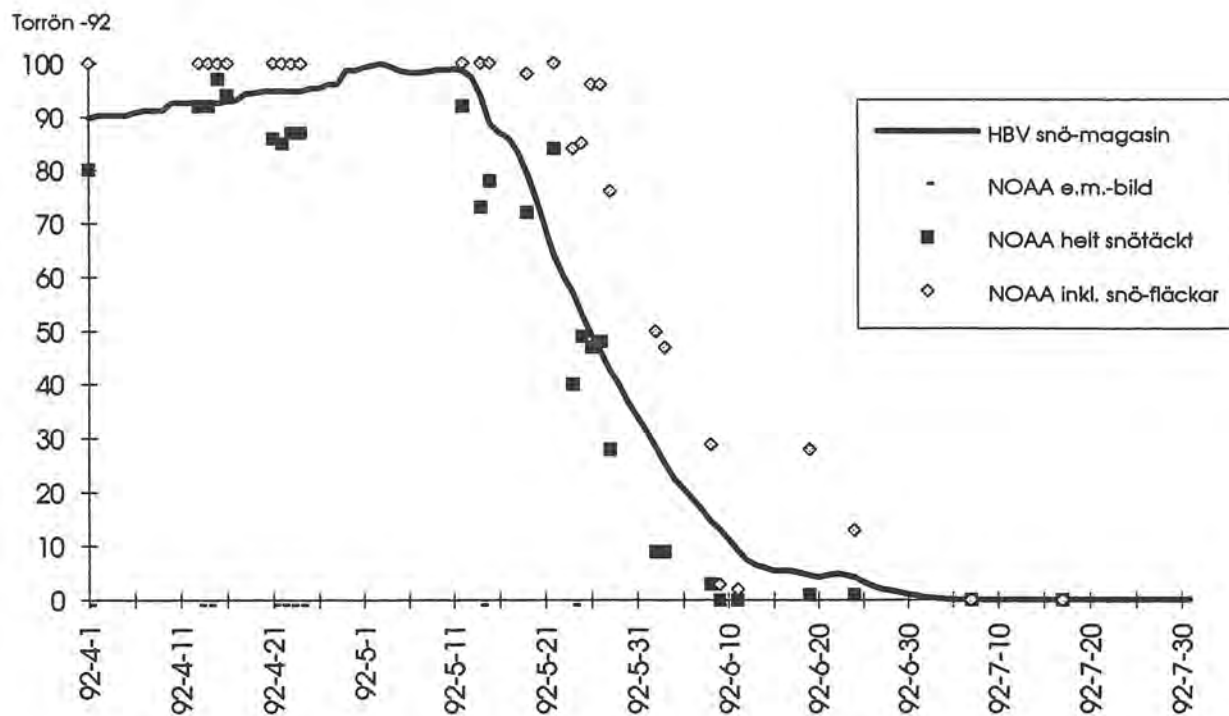
Figur 4d. Kultsjön 1993.
NOAA-scenerna 12, 15 maj, och 20 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



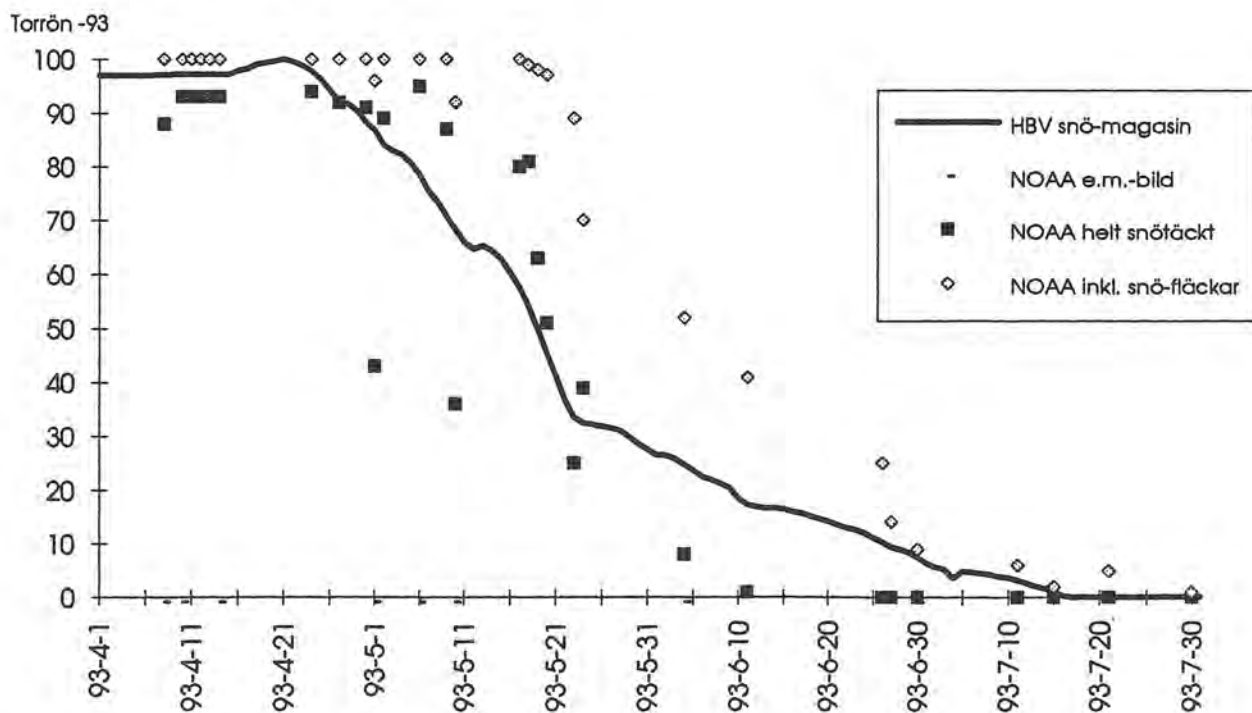
Figur 5a. Torrön 1990.



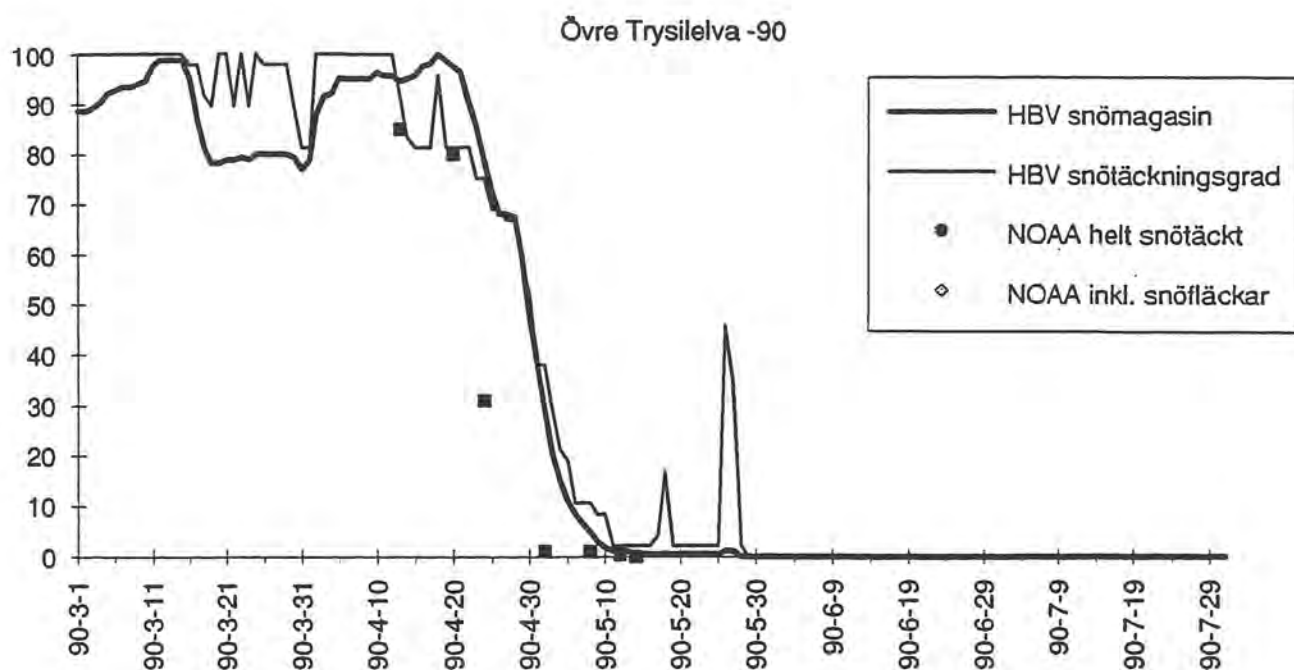
Figur 5b. Torrön 1991.
NOAA-scenerna 3 och 15 juni har molnighetsandel högre än 25 %.



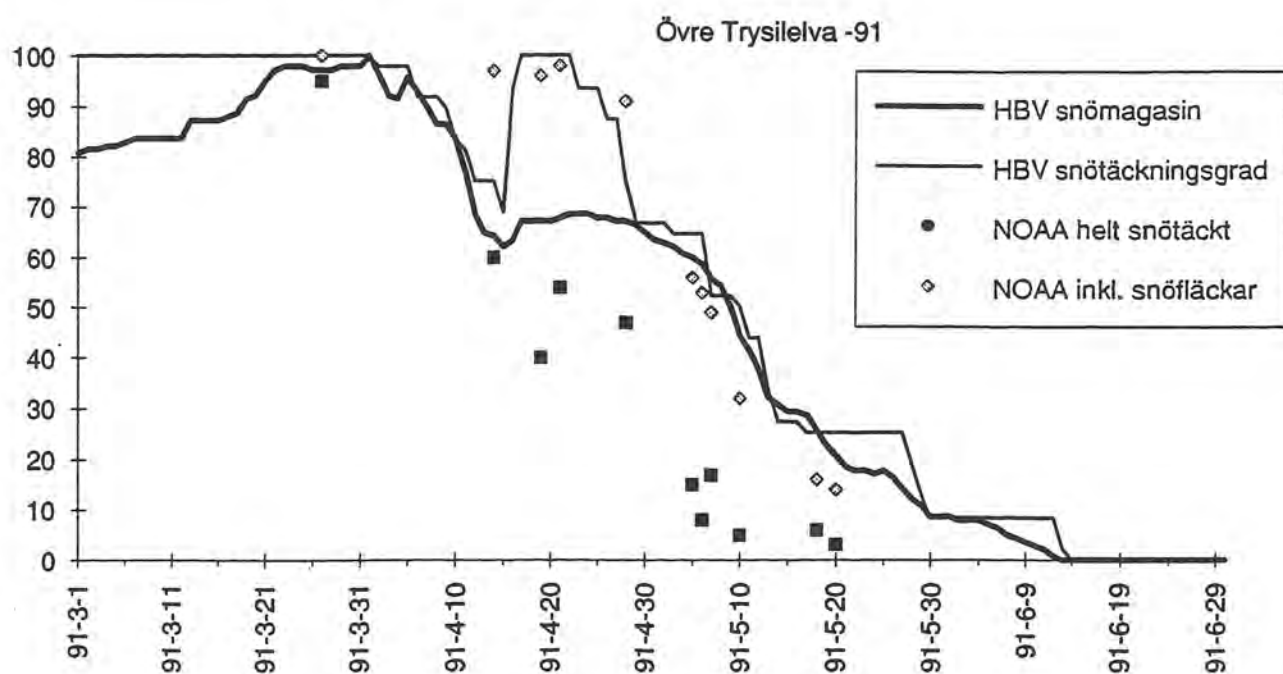
Figur 5c. Torrön 1992.
NOAA-scenen 24 juni har molnighetsandel högre än 25 %.



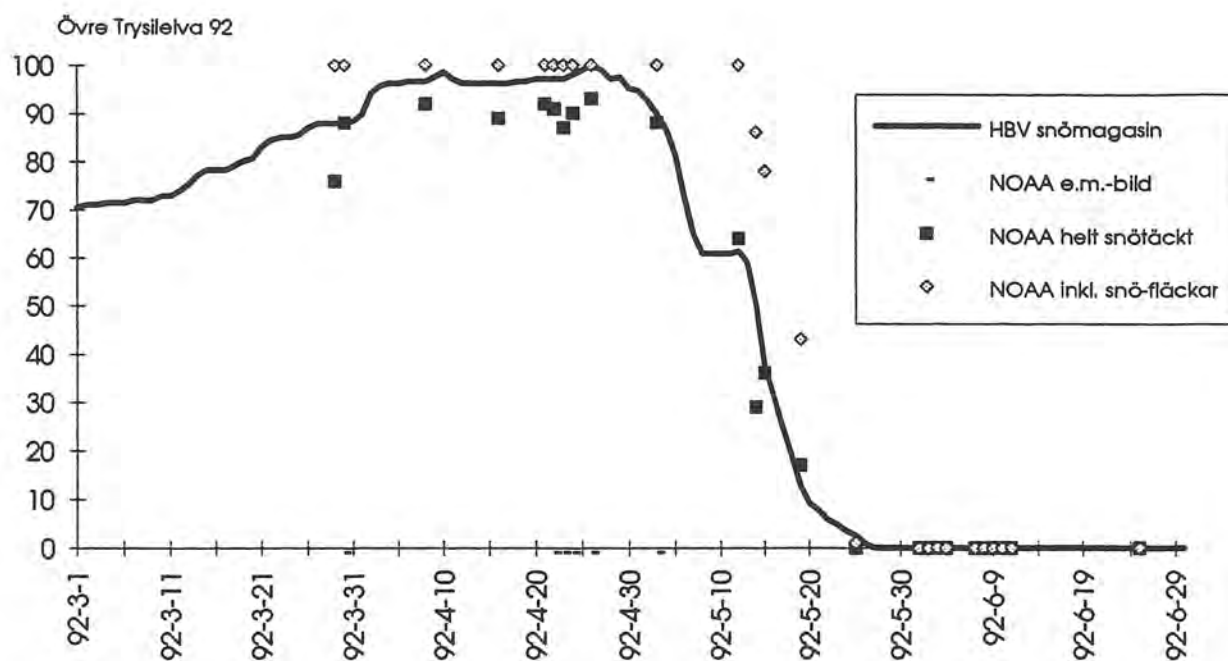
Figur 5d. Torrön 1993.
NOAA-scenen 11 juli har molnighetsandel högre än 25 %.



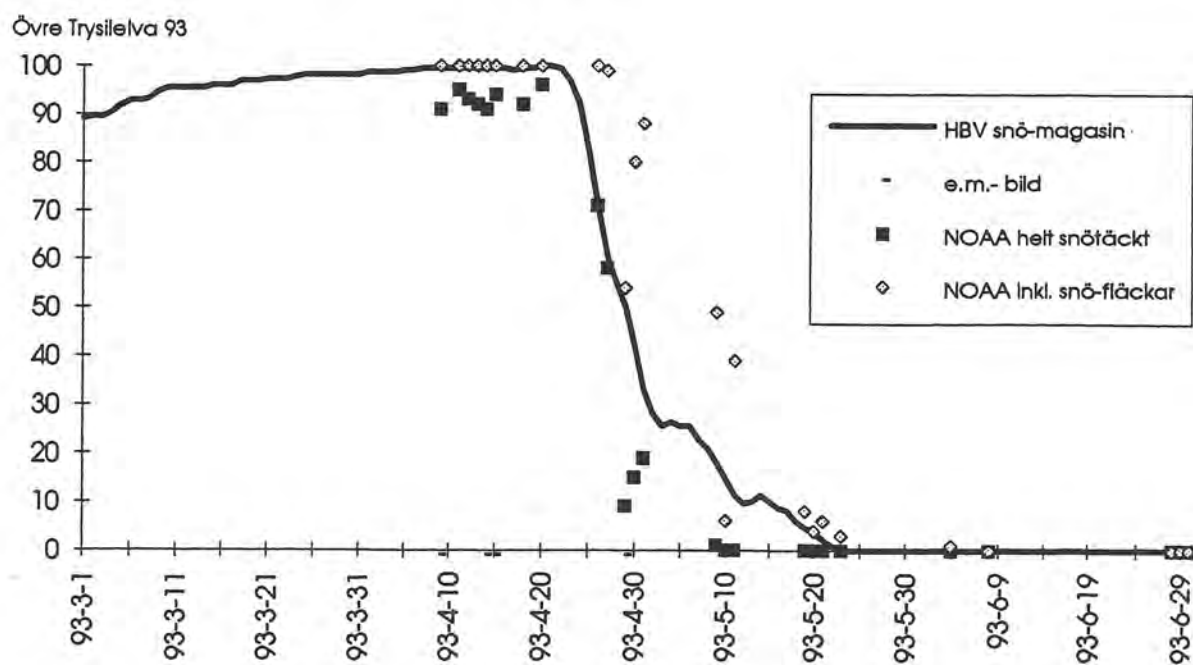
Figur 6a. Övre Trysilelva 1990.



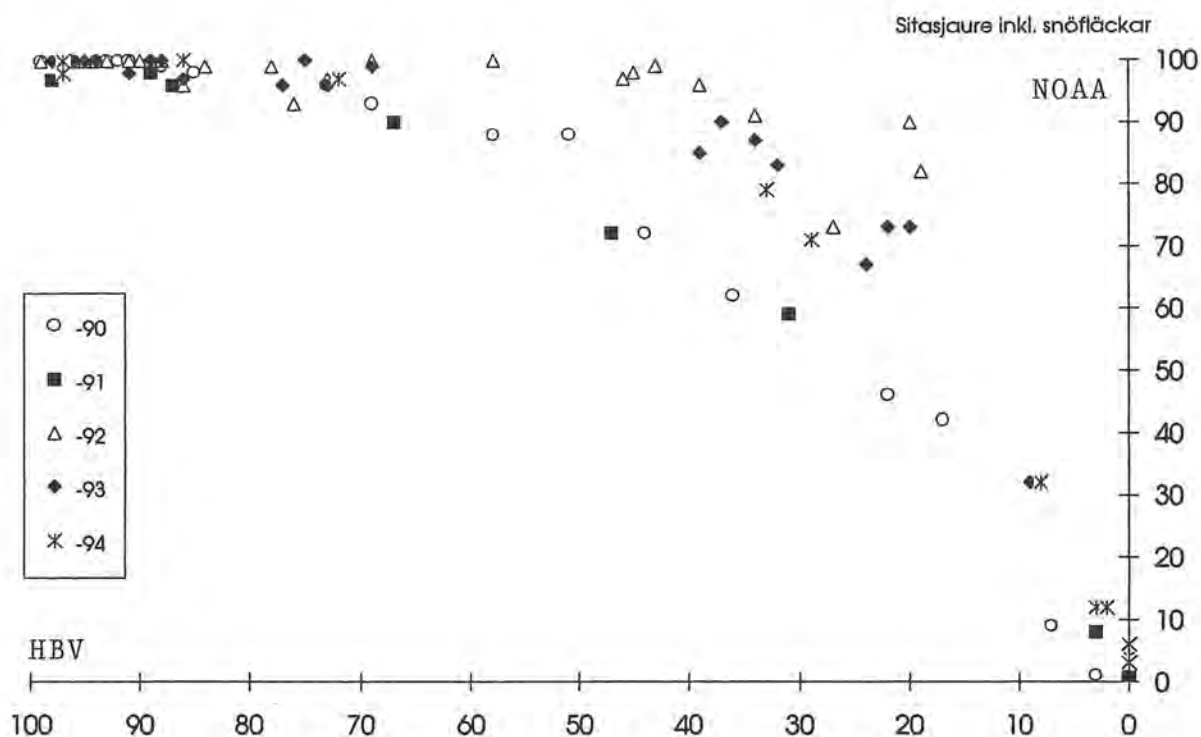
Figur 6b. Övre Trysilelva 1991.
NOAA-scenerna 10, 18 och 20 maj har molnighetsandel högre än 25 %.



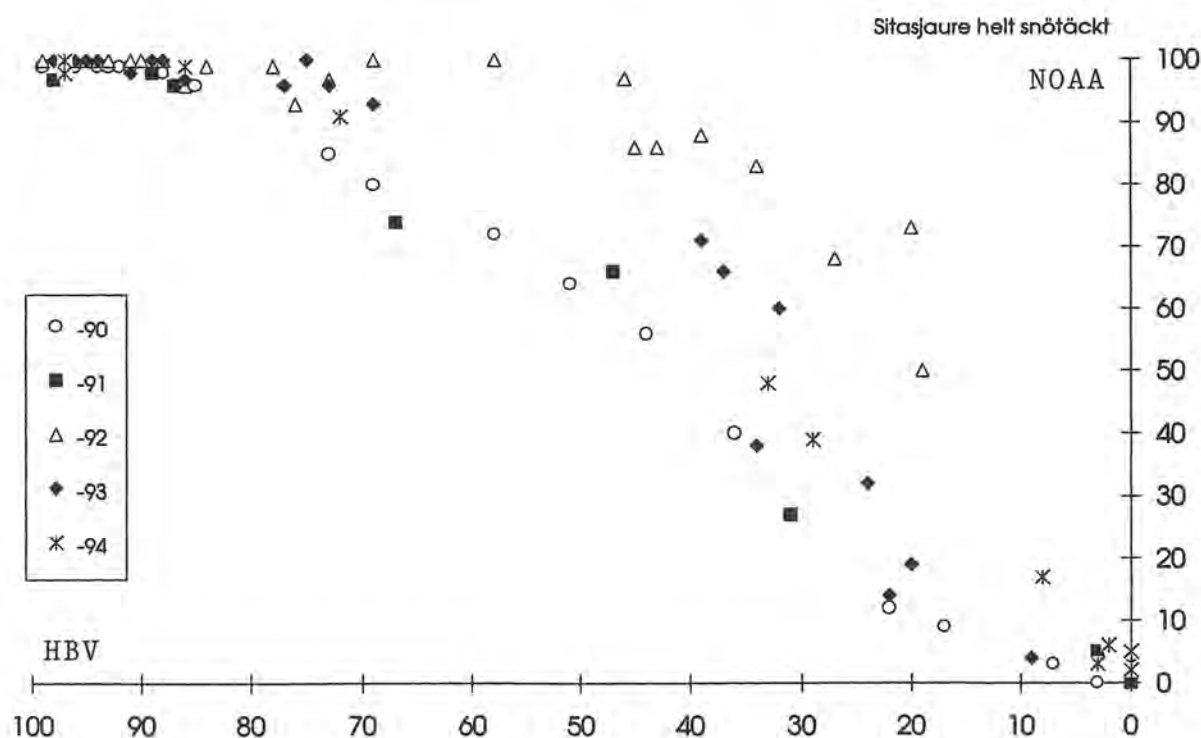
Figur 6c. Övre Trysilelva 1992.
NOAA-scenen 3 maj har molnighetsandel högre än 25 %.



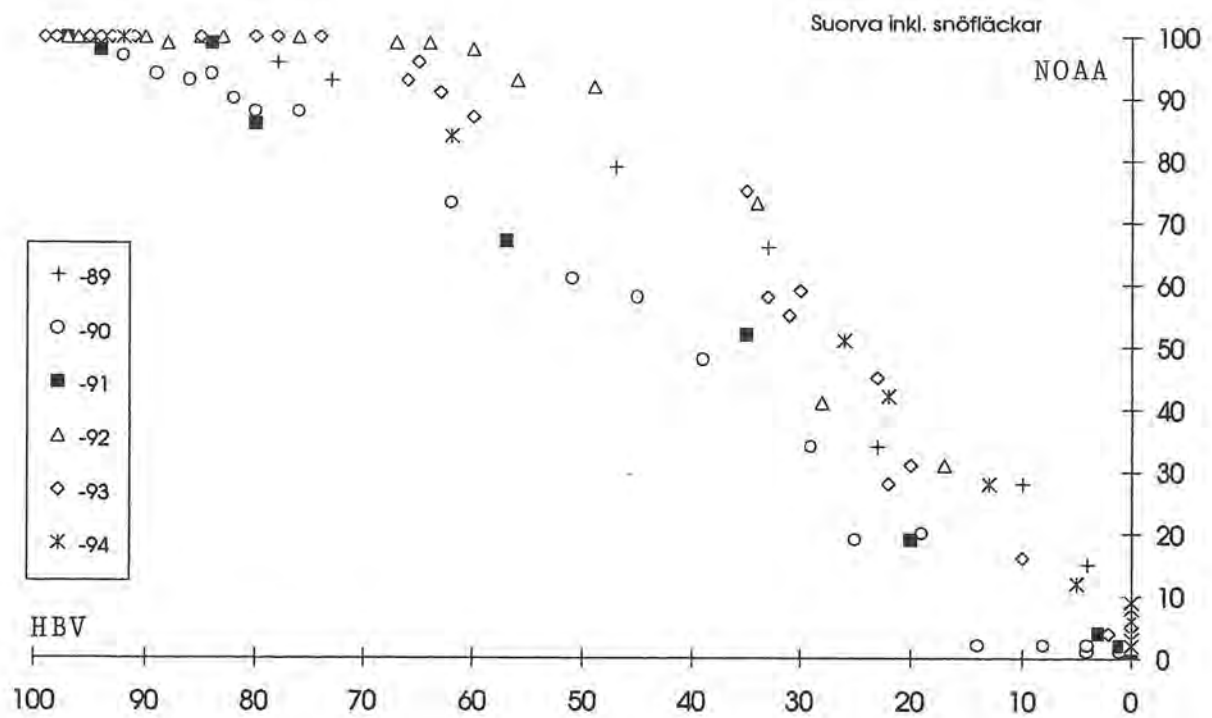
Figur 6d. Övre Trysilelva 1993.
NOAA-scenen 4 juni har molnighetsandel högre än 25 %.



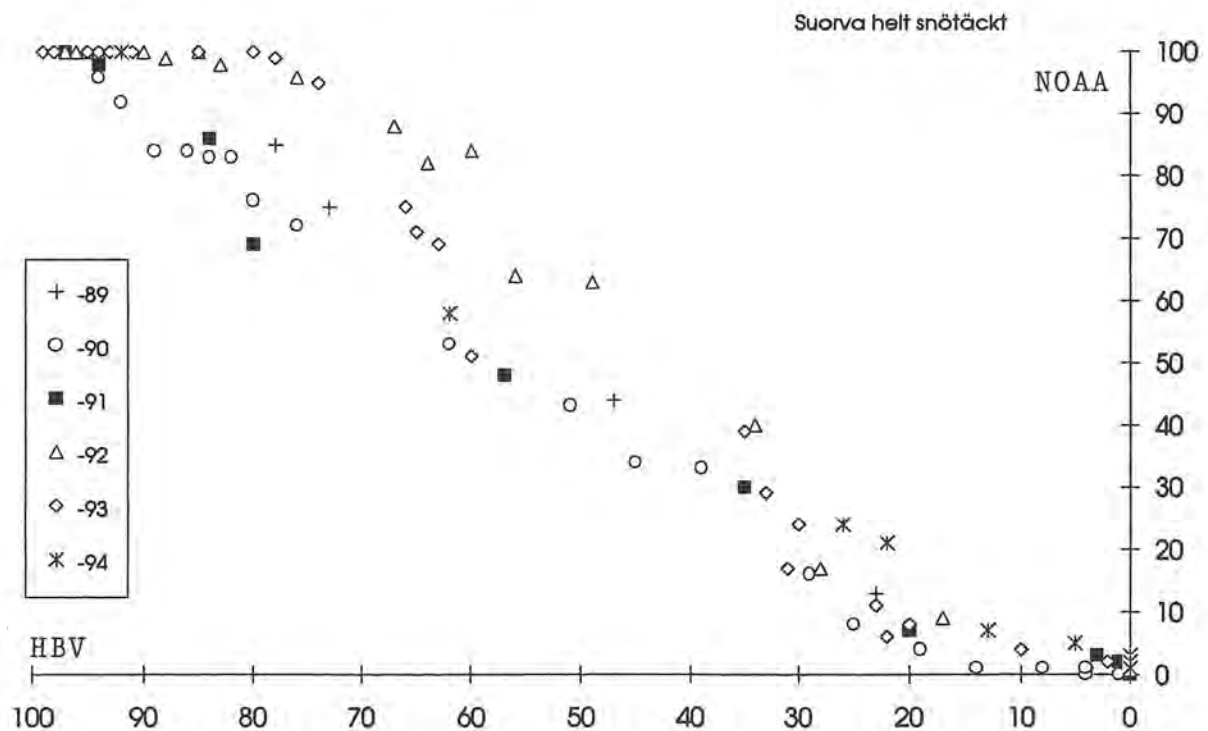
Figur 7a. Sitasjaure 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



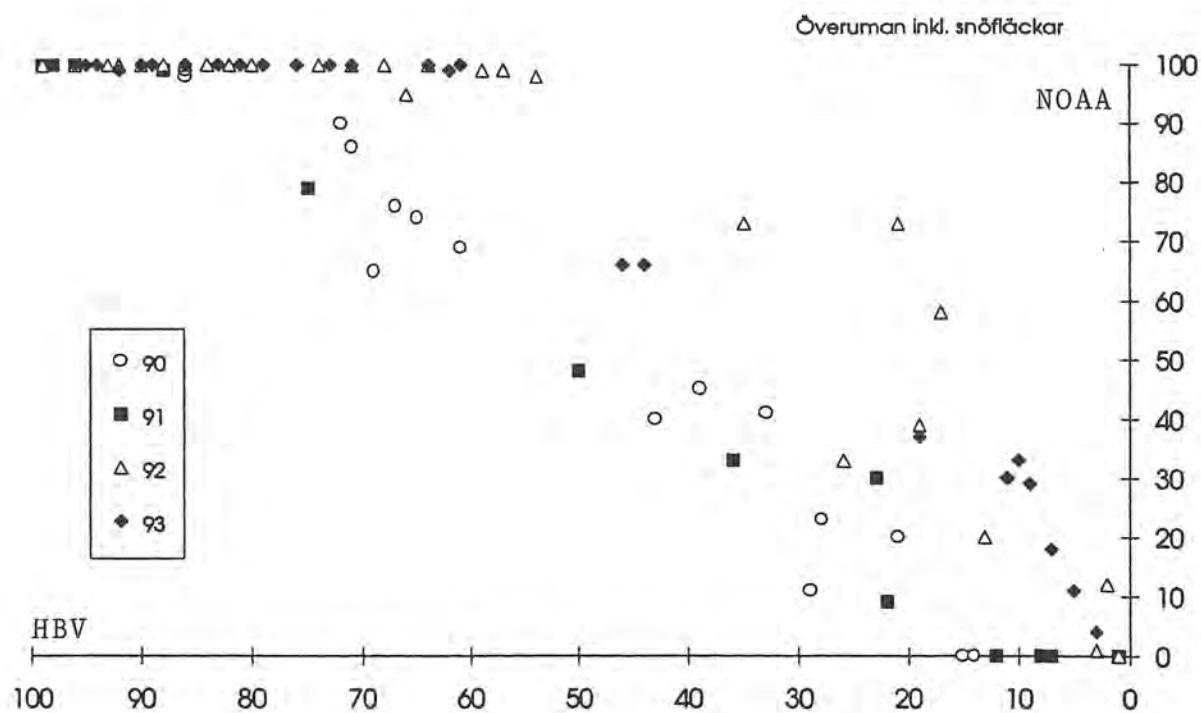
Figur 7b. Sitasjaure 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



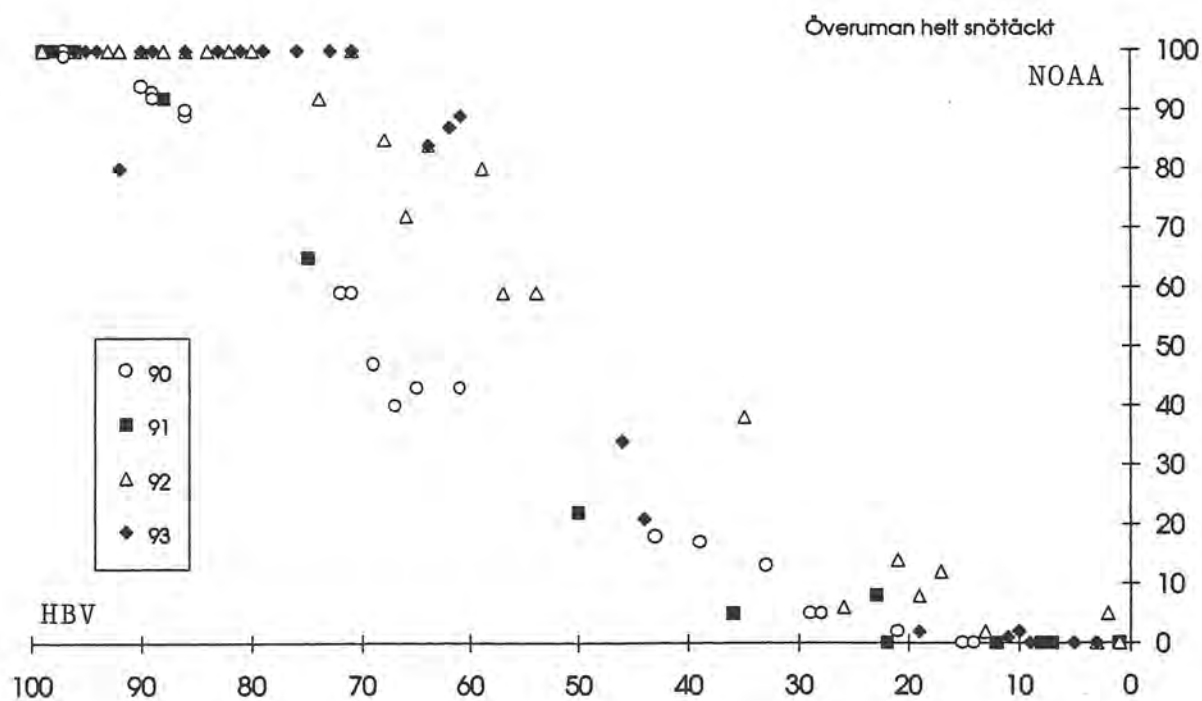
Figur 8a. Suorva 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



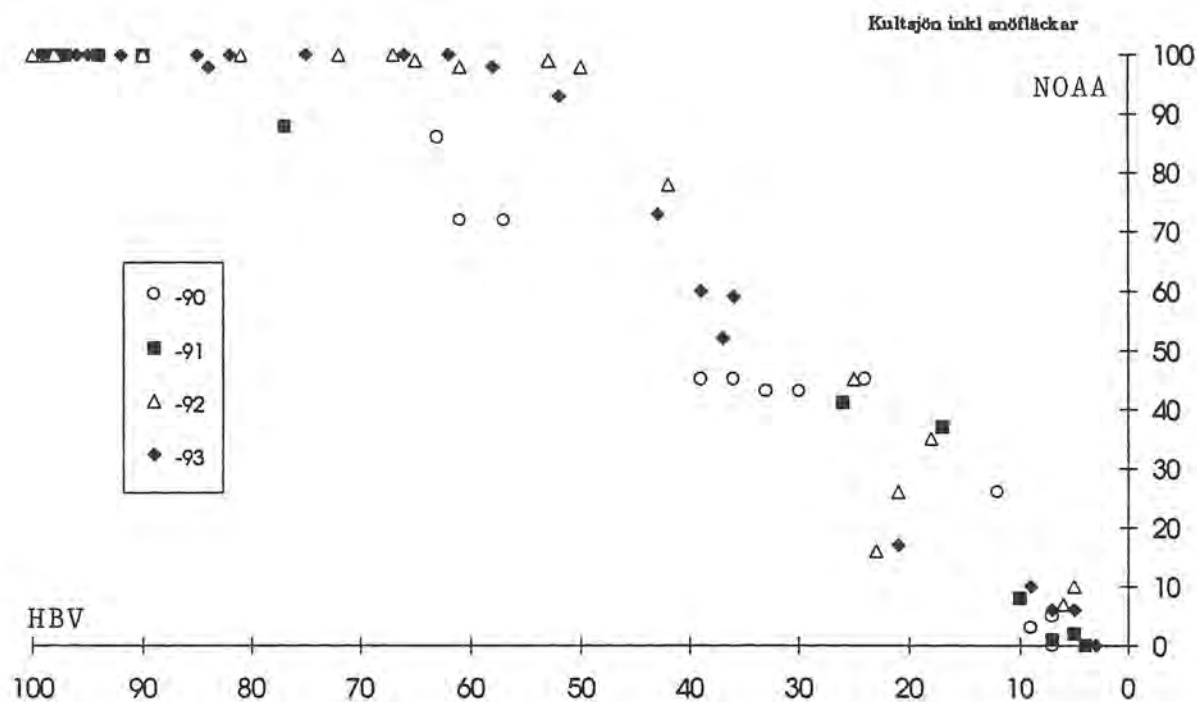
Figur 8b. Suorva 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



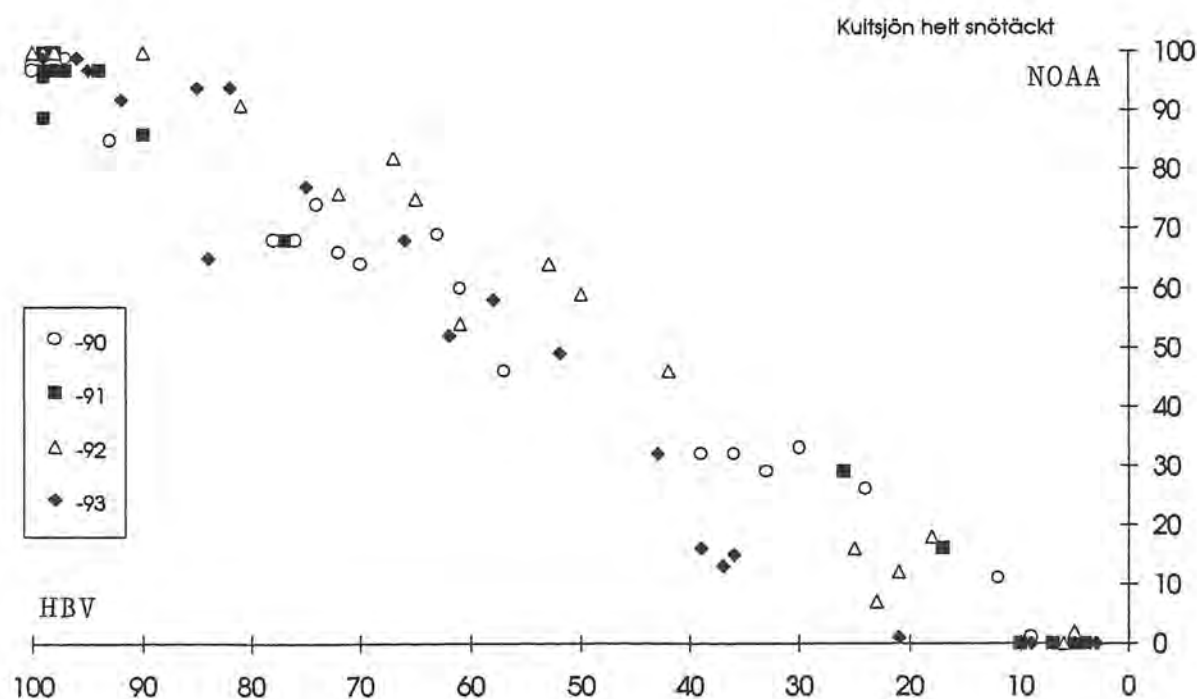
Figur 9a. Överuman 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



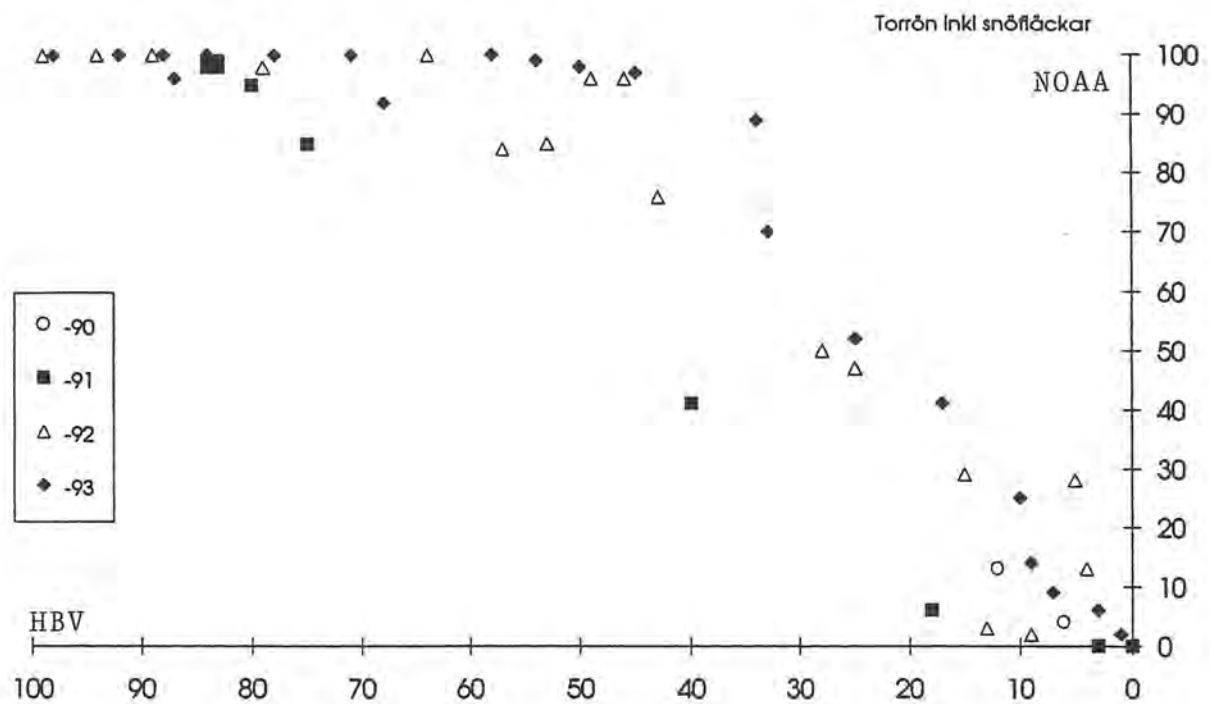
Figur 9b. Överuman 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



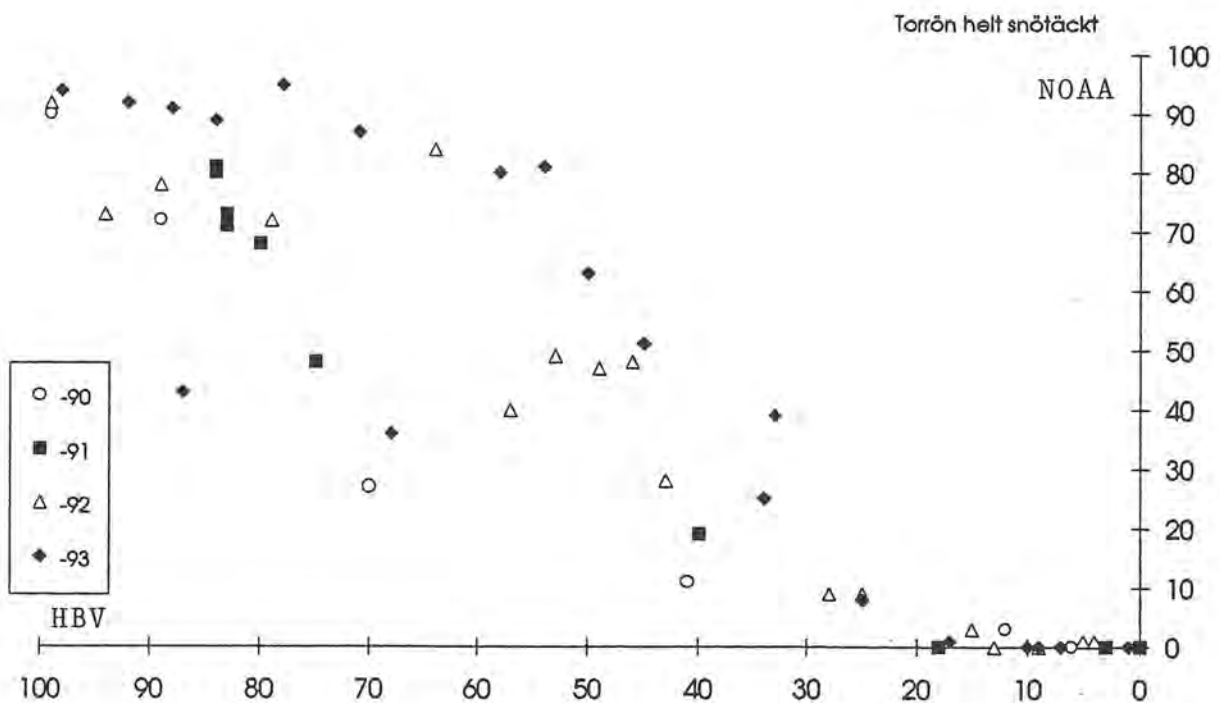
Figur 10a. Kultsjön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



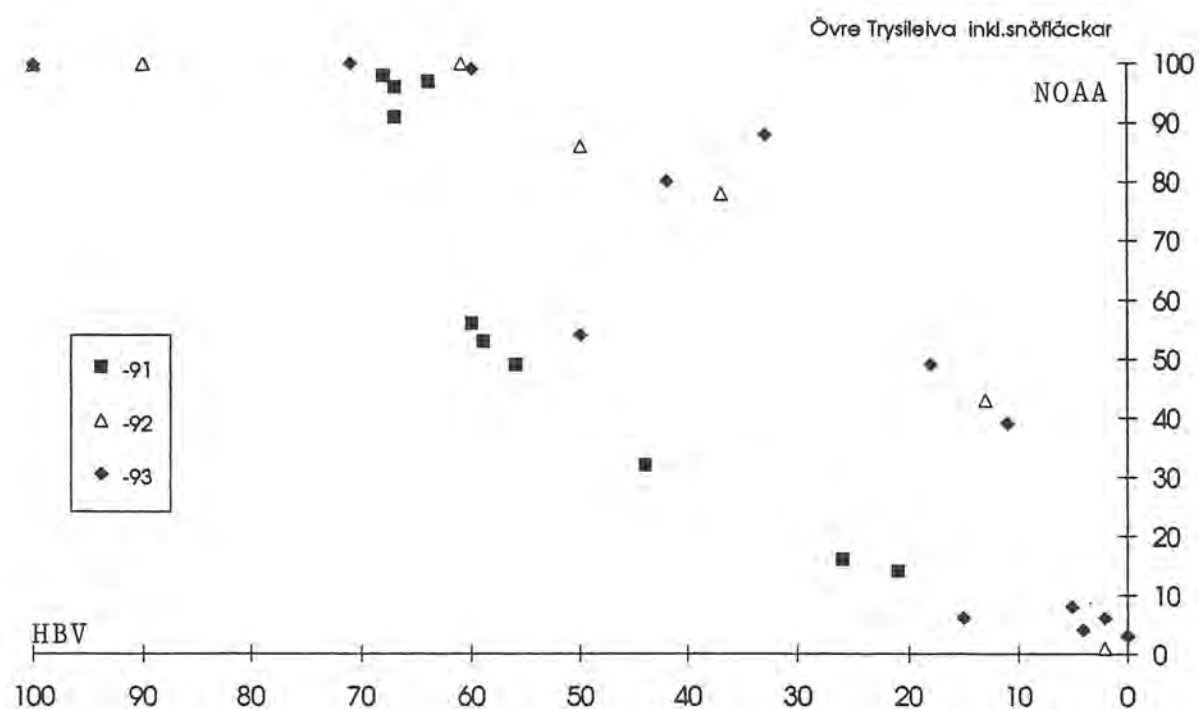
Figur 10b. Kultsjön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



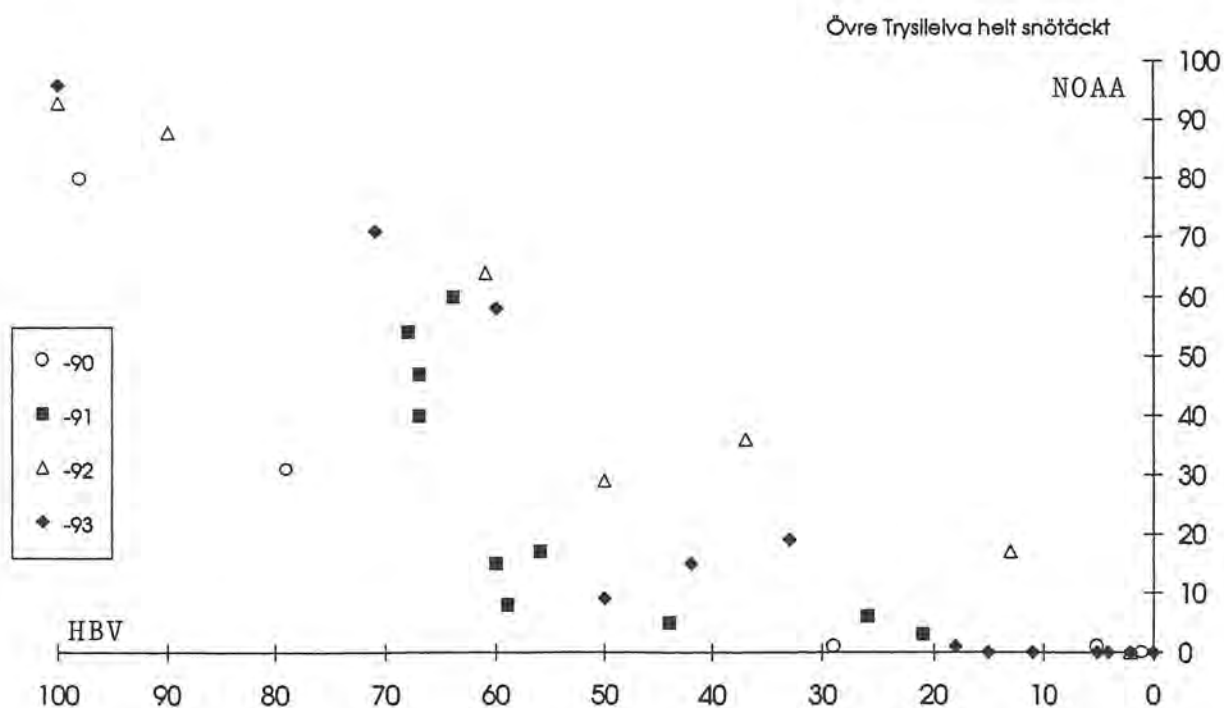
Figur 11a. Torrön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



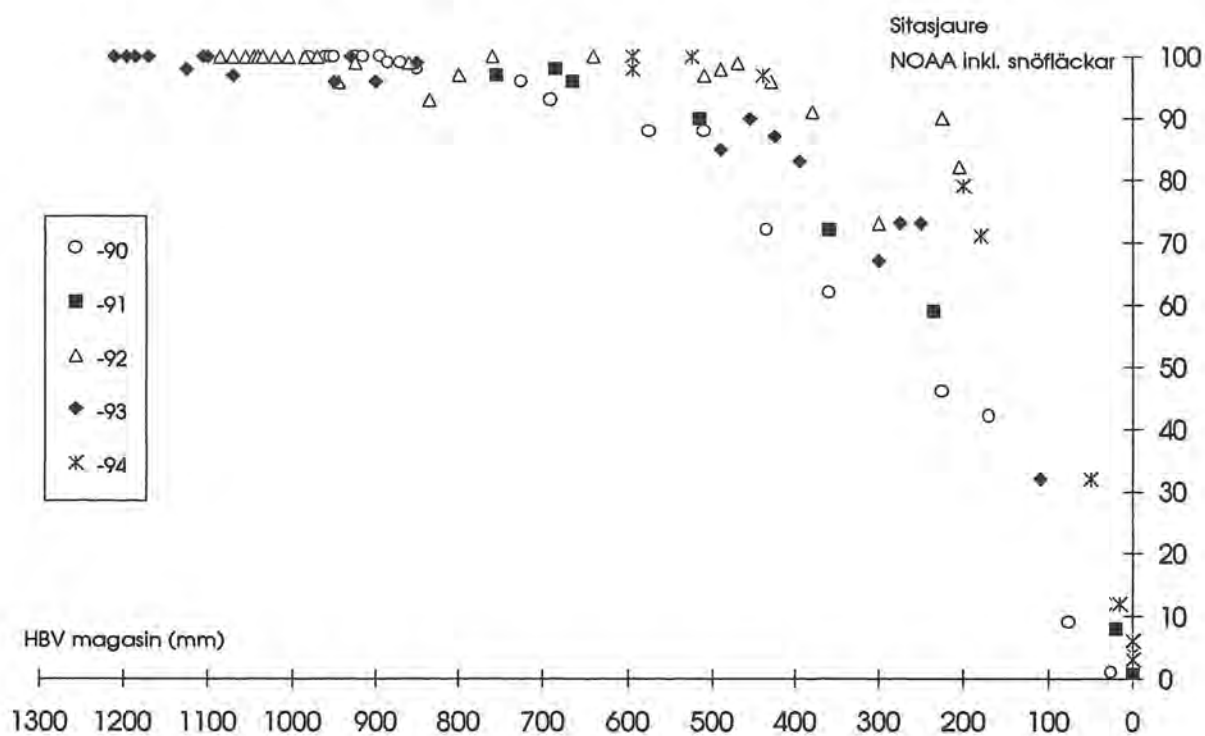
Figur 11b. Torrön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



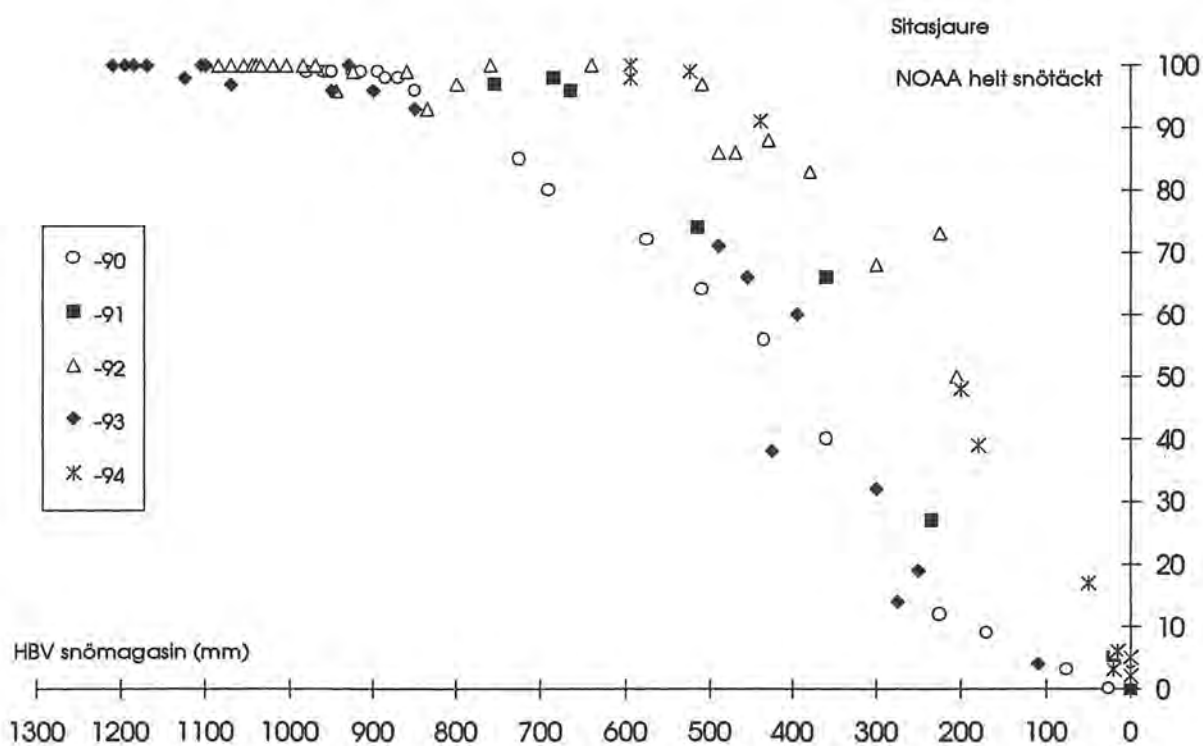
Figur 12a. Övre Trysilelva 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



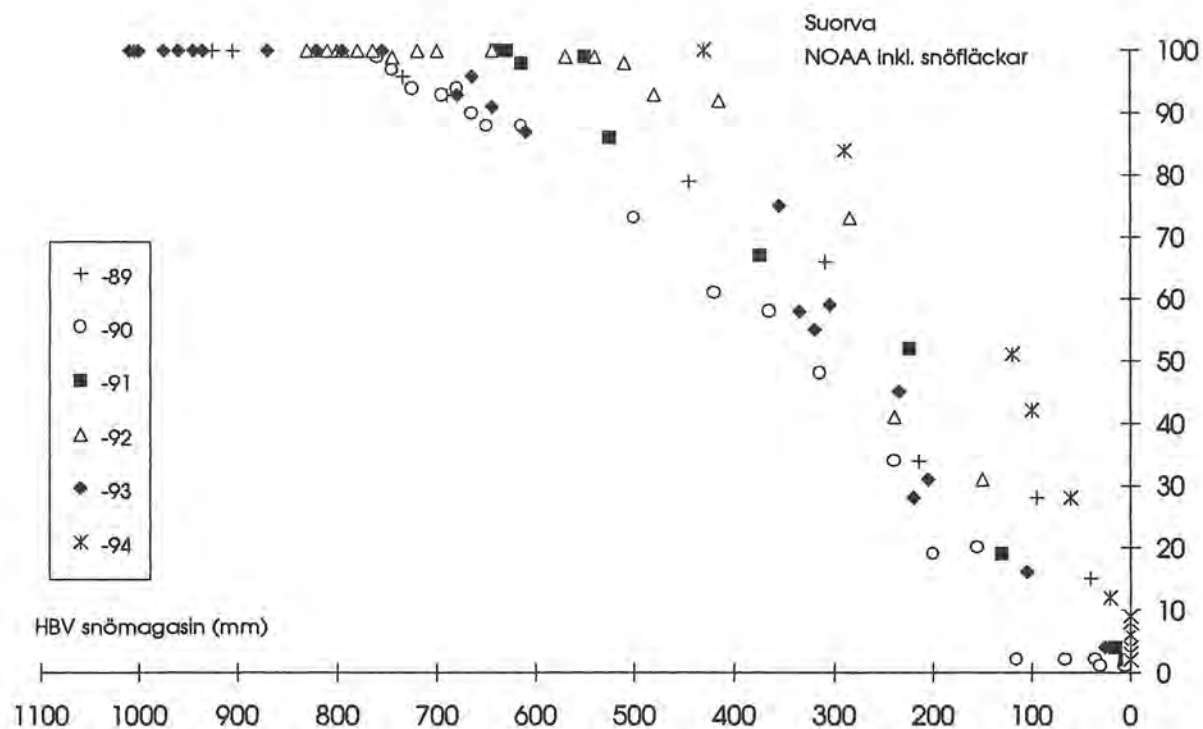
Figur 12b. Övre Trysilelva 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (procent av maxmagasin) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



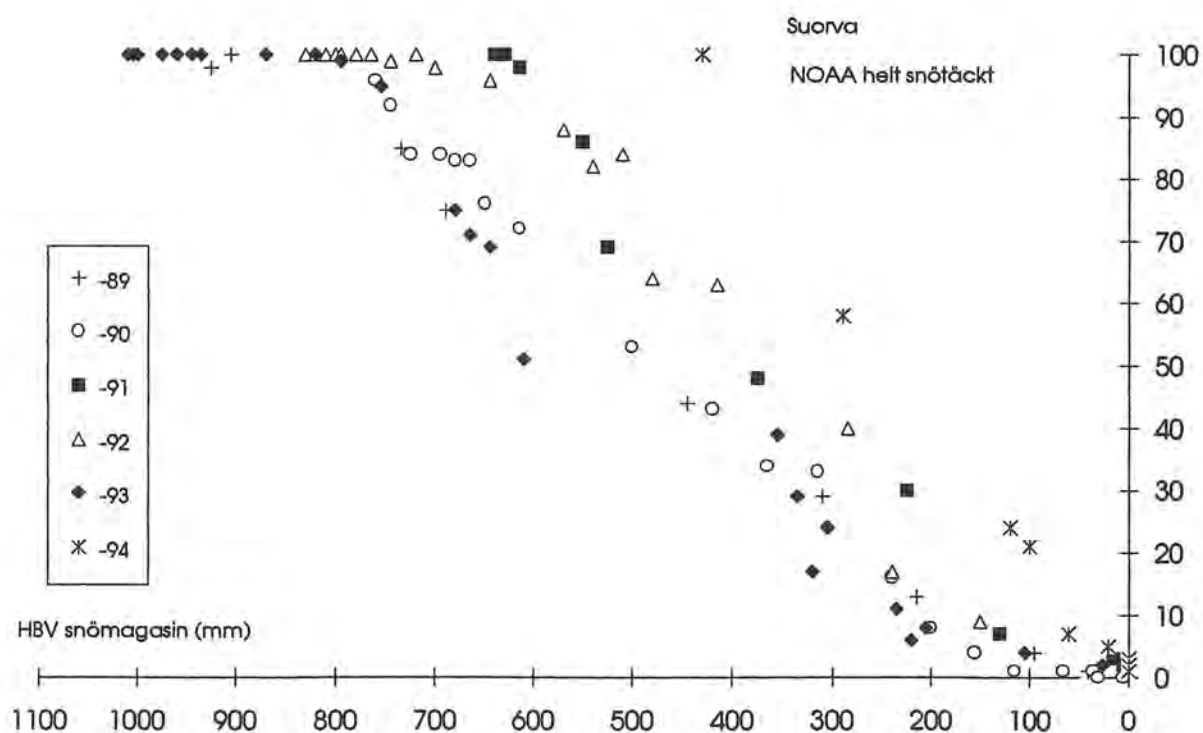
Figur 13a. Sitasjaure 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



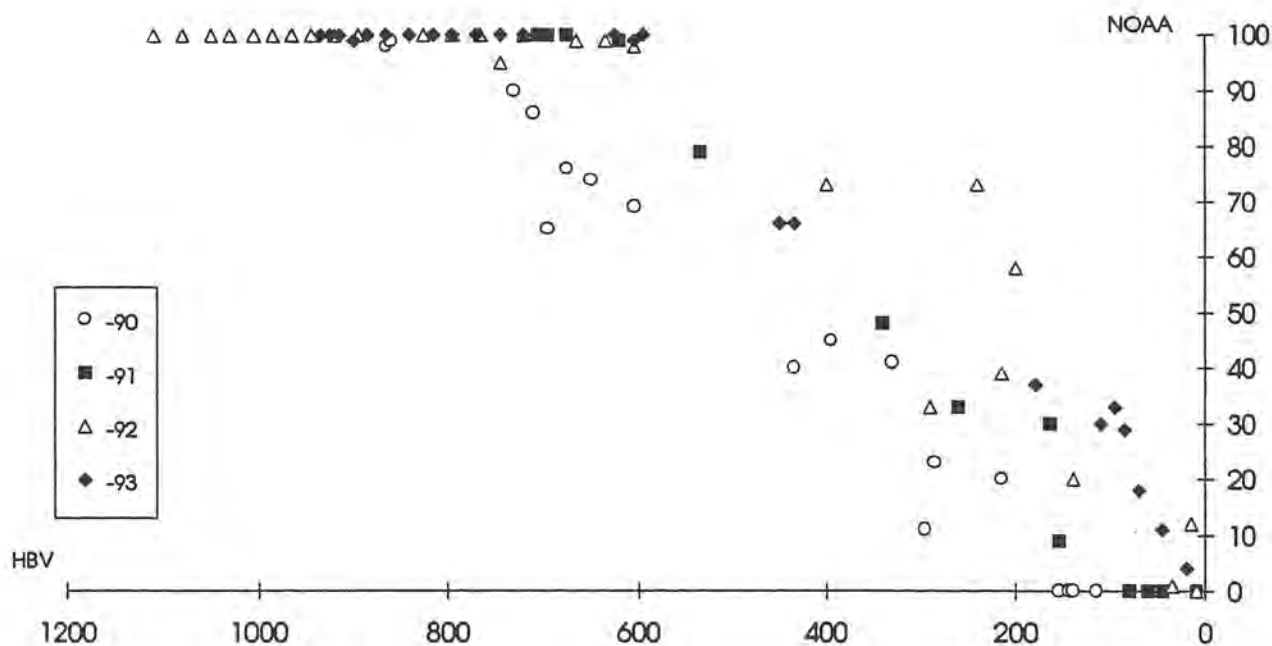
Figur 13b. Sitasjaure 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snöiäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



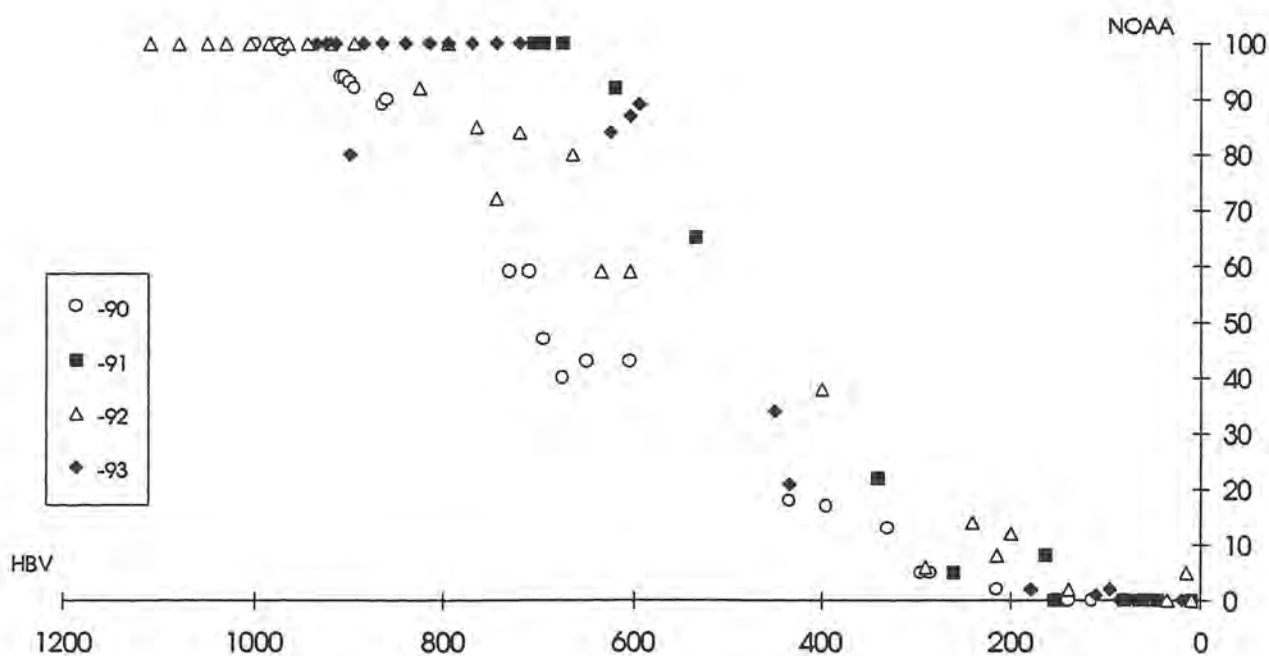
Figur 14a. Suorva 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



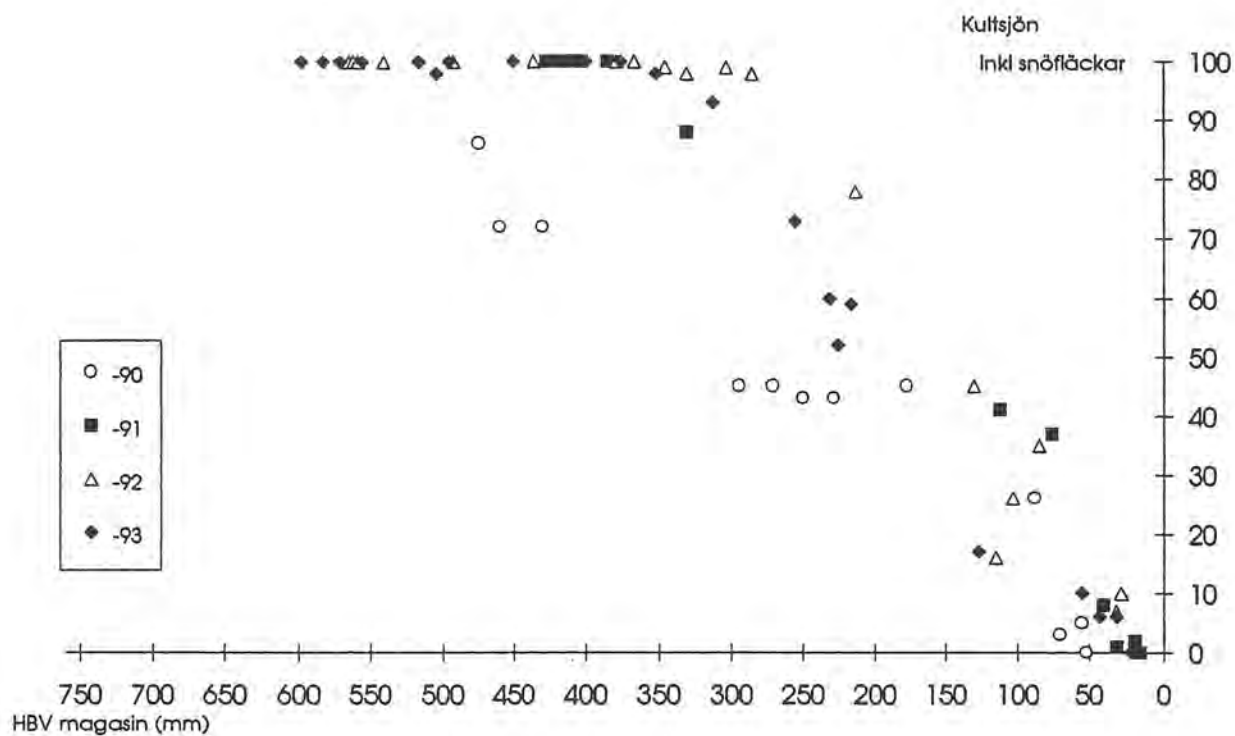
Figur 14b. Suorva 1989, 1990, 1991, 1992, 1993 och 1994. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



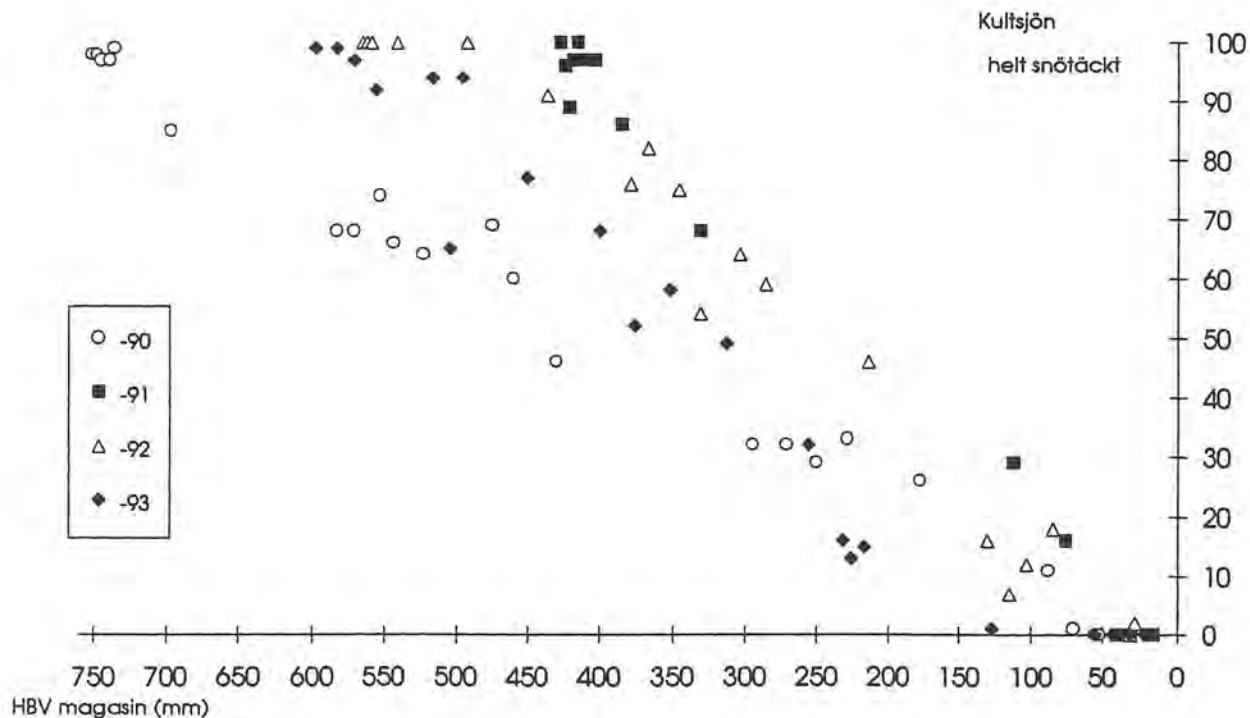
Figur 15a. Överuman 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



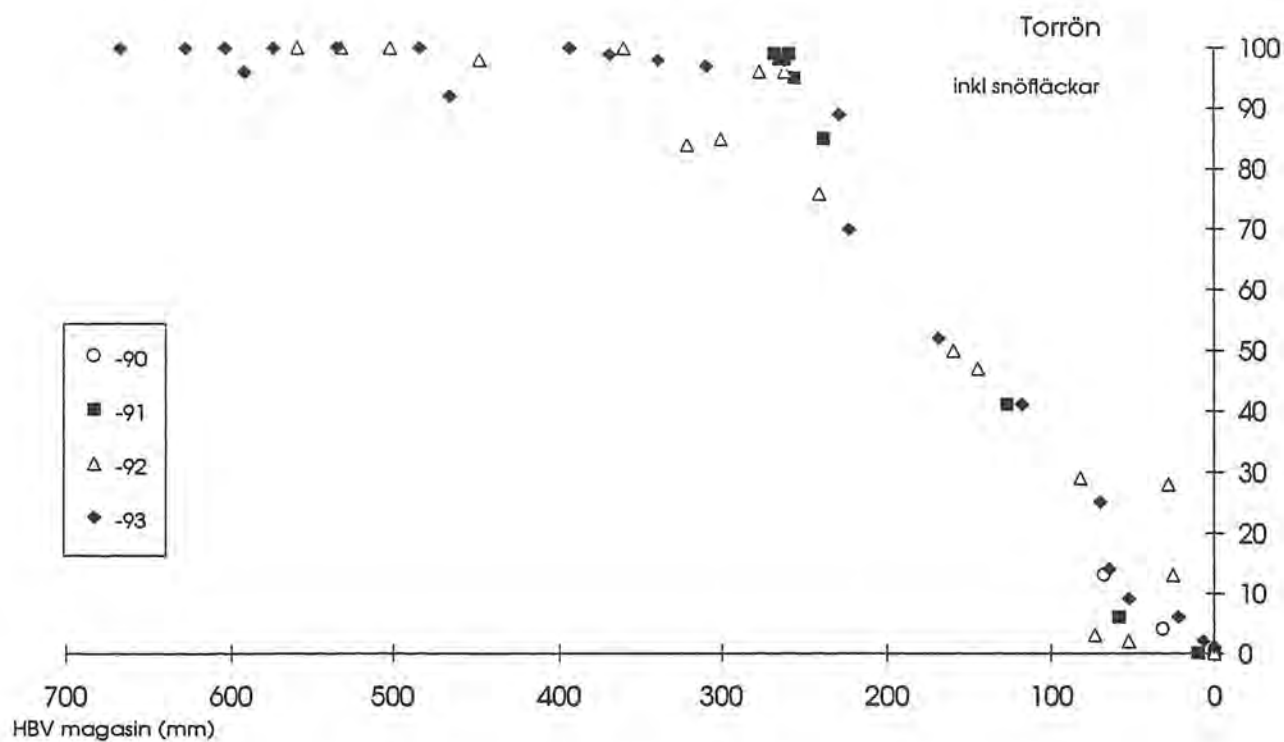
Figur 15b. Överuman 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



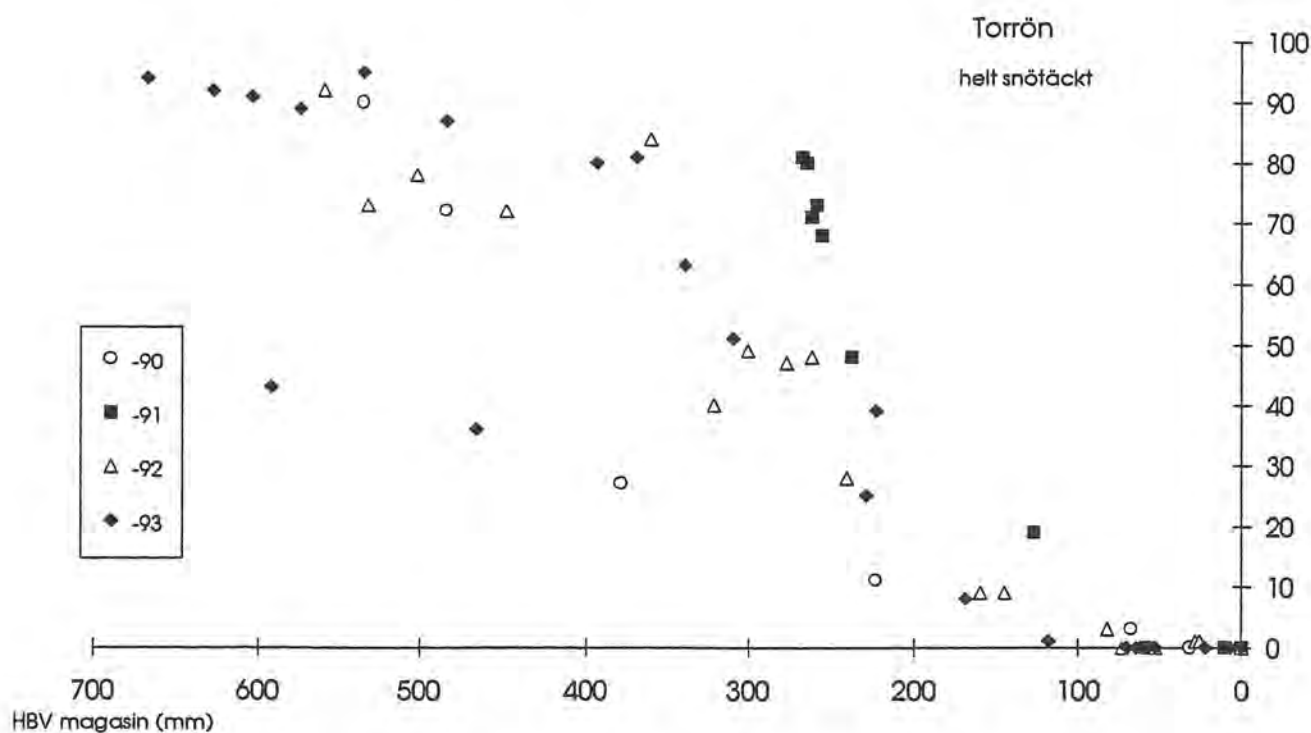
Figur 16a. Kultsjön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



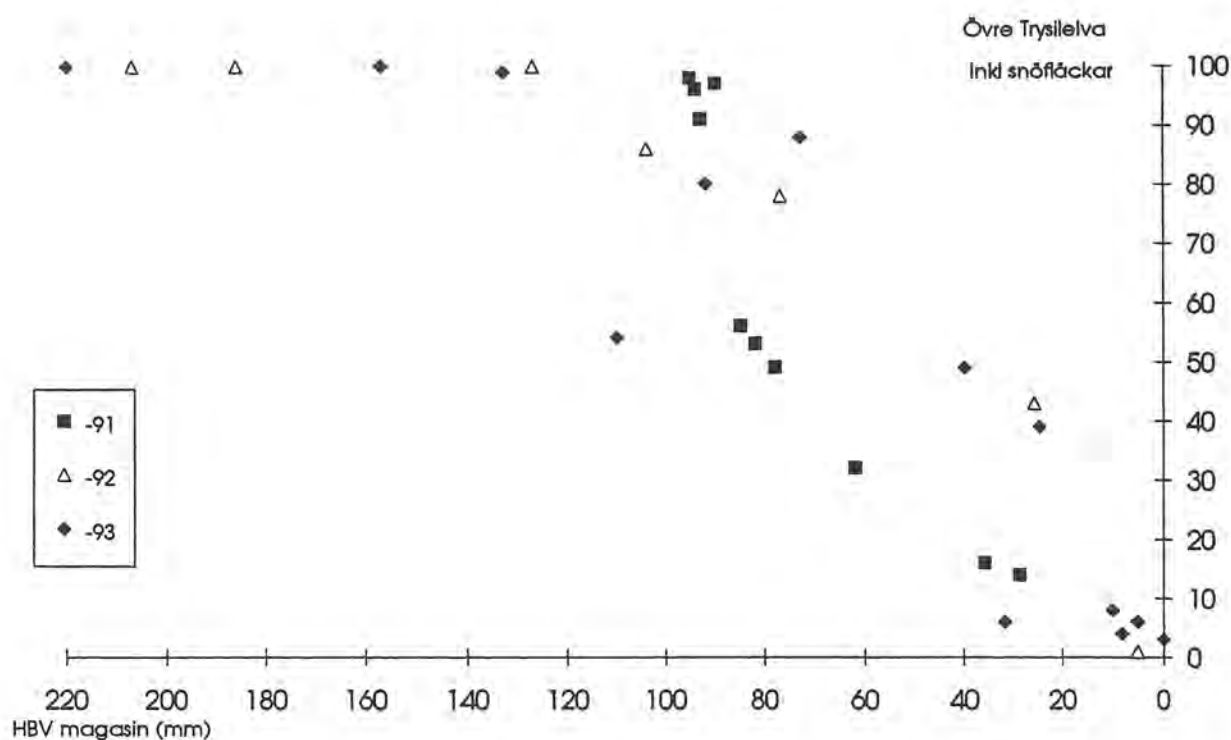
Figur 16b. Kultsjön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



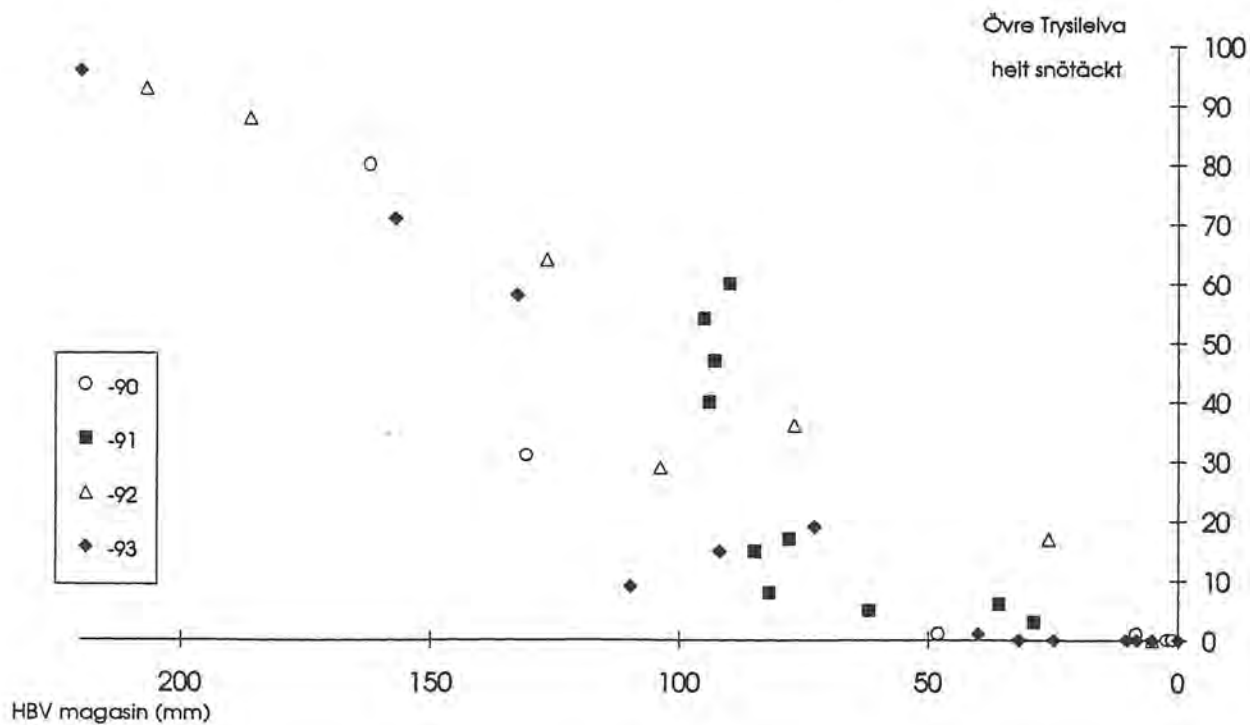
Figur 17a. Torrön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



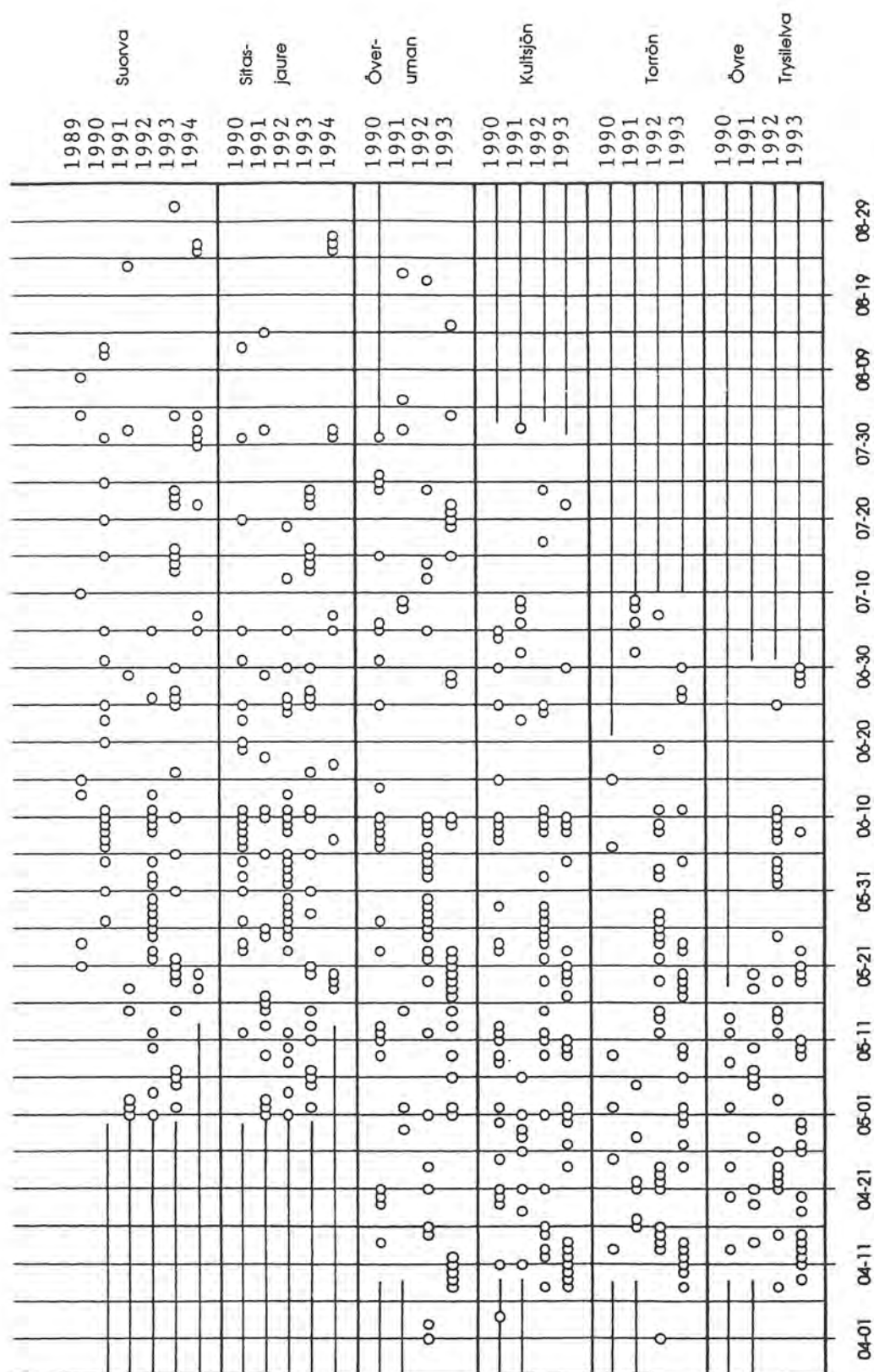
Figur 17b. Torrön 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



Figur 18a. Övre Trysilälva 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (inklusive snöfläckar) enligt NOAA-satellitbilder.



Figur 18b. Övre Trysilälva 1990, 1991, 1992 och 1993. HBV-modellens snömagasin (mm) mot snötäckningsgrad (helt snötäcke) enligt NOAA-satellitbilder.



Figur 19. Dagar markerade för vilka det har erhållits NOAA-scener med molnighet mindre eller lika med 25 %. Ej markerade dagar beror till ca. 90 % på högre molnighet och till ca 10 % på bortfall som orsakats av tekniska fel. Streckmarkering avser ej undersökta perioder.

SMHI HYDROLOGI

Nr	Titel
1	Bengt Carlsson (1985) Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena.
2	Martin Häggström och Magnus Persson (1986) Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser.
3	Sten Bergström, Ulf Ehlin, SMHI, och Per-Eric Ohlsson, VASO (1986) Riktlinjer och praxis vid dimensionering av utskov och dammar i USA. Rapport från en studieresa i oktober 1985.
4	Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman (1986) Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt.
5	Martin Häggström (1986) Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985.
6	Barbro Johansson (1986) Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt.
7	Maja Brandt (1986) Areella snöstudier.
8	Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström (1987) PULS-modellen: Struktur och tillämpningar.
9	Lennart Funkquist (1987) Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar.
10	Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet (1987) Application of the HBV model to Bolivian basins.
11	Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet (1987) Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.
12	Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov (1987) De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.
13	Göran Lindström (1987) Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.

- 14 Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström (1987)
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.
- 15 Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist (1987)
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.
- 16 Martin Häggström och Magnus Persson (1987)
Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser.
- 17 Bertil Eriksson, Barbro Johansson, Katarina Losjö och Haldo Vedin (1987)
Skogsskador - klimat.
- 18 Maja Brandt (1987)
Bestämning av optimalt klimatstationsnät för hydrologiska prognoser.
- 19 Martin Häggström och Magnus Persson (1988)
Utvärdering av 1987 års vårflödesprognoser.
- 20 Todor Milanov (1988)
Frysförluster av vatten.
- 21 Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval and Maria Elvira Vega (1988)
Application of the HBV model to the upper Río Cauca basin.
- 22 Mats Moberg och Maja Brandt (1988)
Snökartläggning med satellitdata i Kultsjöns avrinningsområde.
- 23 Martin Gotthardsson och Sten Lindell (1989)
Hydrologiskt stationsnät. Svenskt Vattenarkiv.
- 24 Martin Häggström, Göran Lindström, Luz Amelia Sandoval y Maria Elvira Vega (1989)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca superior del Río Cauca.
- 25 Gun Zachrisson (1989)
Svåra islossningar i Torneälven. Förslag till skadeförebyggande åtgärder.
- 26 Martin Häggström (1989)
Anpassning av HBV-modellen till Torneälven.
- 27 Martin Häggström and Göran Lindström (1990)
Application of the HBV model to six Centralamerican rivers.
- 28 Sten Bergström (1990)
Parametervärden för HBV-modellen i Sverige. Erfarenheter från modellkalibreringar under perioden 1975 - 1989.

- 29 Urban Svensson och Ingemar Holmström (1990)
Spridningsstudier i Glan.
- 30 Torbjörn Jutman (1991)
Analys av avrinningens trender i Sverige.
- 31 Mercedes Rodriguez, Barbro Johansson, Göran Lindström, Eduardo Planos y Alfredo Remont (1991)
Aplicacion del modelo HBV a la cuenca del Río Cauto en Cuba.
- 32 Erik Arnér (1991)
Simulering av vårflöden med HBV-modellen.
- 33 Maja Brandt (1991)
Snömätning med georadar och snötaxeringar i övre Luleälven.
- 34 Bent Göransson, Maja Brandt och Hans Bertil Wittgren (1991)
Markläckage och vattendragstransport av kväve och fosfor i Roxen/Glan-systemet, Östergötland.
- 35 Ulf Ehlin och Per-Eric Ohlsson, VASO (1991)
Utbyggd hydrologisk prognos- och varningstjänst.
Rapport från studieresa i USA 1991-04-22--30.
- 36 Martin Gotthardsson, Pia Rystam och Sven-Erik Westman (1992)
Hydrologiska stationsnät/Hydrological network. Svenskt Vattenarkiv.
- 37 Maja Brandt (1992)
Skogens inverkan på vattenbalansen.
- 38 Joakim Harlin, Göran Lindström, Mikael Sundby (SMHI) och Claes-Olof Brandesten (Vattenfall Hydropower AB) (1992)
Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för dimensionering av hel älv.
- 39 Sten Lindell (1993)
Realtidsbestämning av arealnederbörd.
- 40 Svenskt Vattenarkiv
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
Under utgivning.
- 41 Svenskt Vattenarkiv
Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet.
Under utgivning.
- 42 Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön.

- 43 Svenskt Vattenarkiv
Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet.
Under utgivning.
- 44 Martin Häggström och Jörgen Sahlberg (1993)
Analys av snösmältningsförlopp.
- 45 Magnus Persson (1993)
Utnyttjande av temperaturens persistens vid beräkning av volymsprognoser med HBV-modellen.
- 46 Göran Lindström, Joakim Harlin och Judith Olofsson (1993)
Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer.
- 47 Bengt Carlsson (1993)
Alkalinitets- och pH-förändringar i Umeälven orsakade av minimitappning.
- 48 Håkan Sanner, Joakim Harlin and Magnus Persson (1994)
Application of the HBV model to the Upper Indus River for inflow forecasting to the Tarbela dam.
- 49 Maja Brandt, Torbjörn Jutman och Hans Alexandersson (1994)
Sveriges vattenbalans. Årsmedelvärden 1961 - 1990 av nederbörd, avdunstning och avrinning.
- 50 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Avrinningsområden i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön och Öresund.
- 51 Martin Gotthardsson (1994)
Svenskt Vattenarkiv. Översvämningsskänsliga områden i Sverige.
- 52 Åsa Evremar (1994)
Avdunstningens höjdberoende i svenska fjällområden bestämd ur vattenbalans och med modellering.
- 53 Magnus Edström och Pia Rystam (1994)
FFO - Stationsnät för fältforskningsområden 1994.
- 54 Zhang Xingnan (1994)
A comparative study of the HBV model and development of an automatic calibration scheme.
- 55 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Svenskt dammregister - Södra Sverige.
- 56 Svenskt Vattenarkiv
Svenskt dammregister - Norra Sverige.
Under utgivning.



Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut
601 76 NORRKÖPING. Tel 011-15 80 00. Telefax 011-17 02 07

ISSN 0283-7722