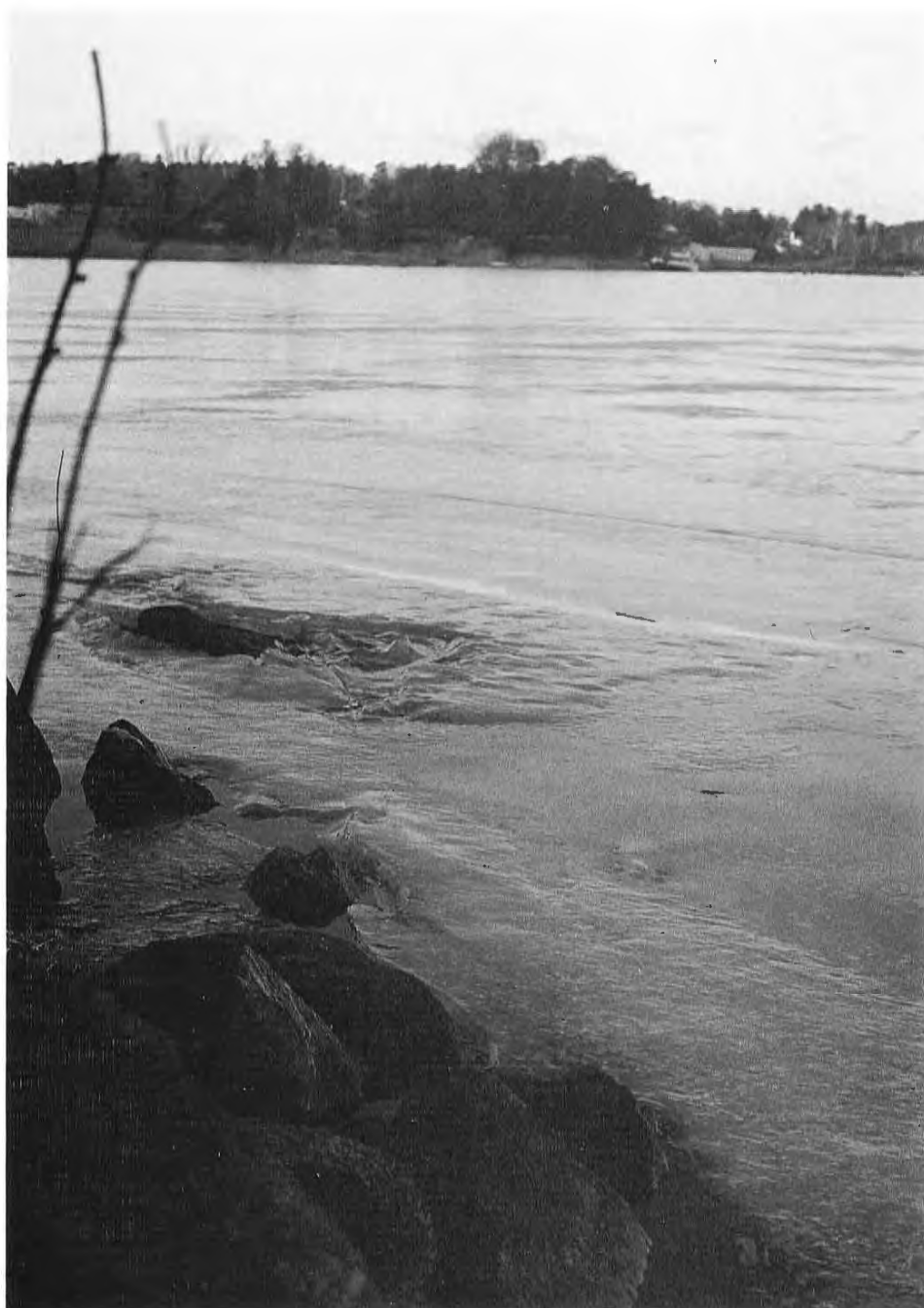




Istjocklek på sjöar –en statistisk bearbetning av SMHIs mätningar

Anna Eklund

**Istjocklek på sjöar
—en statistisk bearbetning
av SMHIs mätningar**

Anna Eklund

Förord

Rapporten "Istjocklek på sjöar -en statistisk bearbetning av SMHIs mätningar" är framtagen inom Analysenheten på affärsområde Samhälle vid SMHI. Detta är den inledande delen i en undersökning av istjocklek på sjöar. Nästa steg blir att använda en modell för att beräkna istjocklek.

Jag vill tacka Birgitta Raab, Thore Karlin, Maja Brandt och Hasse Alexandersson, som varit till stor hjälp under arbetet med rapporten.

Till grund för arbetet ligger många års mätningar av istjocklek. Jag vill rikta ett stort tack till alla de observatörer som utfört mätningarna.

Norrköping i september 1998

Anna Eklund

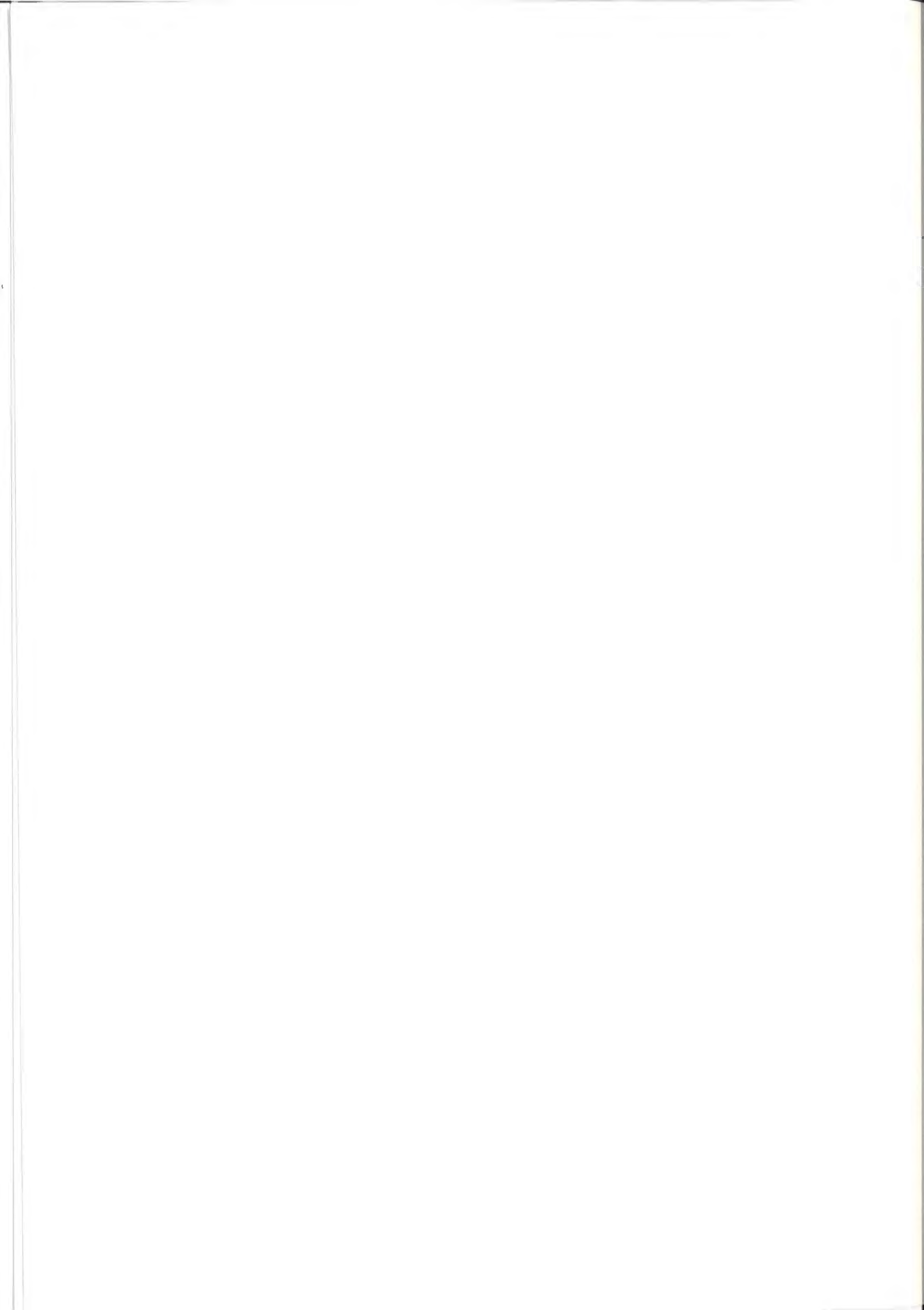
Omslagsfoto: Is på sjön Edsviken, Carla Eggertsson Karlström

©SMHI 1998

Citera oss gärna och använd materialet, men glöm inte att ange källan.

Tryckeri: CA-tryck, Norrköping.

ISSN 0282-7722



INNEHÅLL

Inledning	i
Bakgrund	1
Isläggning	1
Olika istyper	2
Istillväxt	2
Isavsmältning	4
Skillnad i istjocklek mellan och inom sjöar	4
Metoder	5
De studerade sjöarna	5
Resultat	9
Istjocklek	9
Utvecklingen under vintern	11
Istjockleken i Båven	16
Stöpis och dubbla islager	18
Diskussion	19
Referenser	19
Bilaga 1: Samtliga uppmätta istjocklekar	20
Bilaga 2: Tabeller över istjockleksstatistik	26

INLEDNING

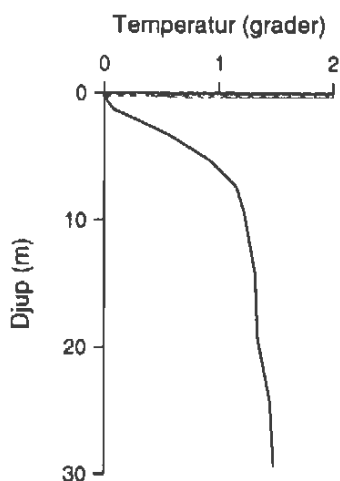
SMHI har utfört mätningar av istjocklek på sjöar sedan 1930-talet, men någon sammanställning av dessa mätningar har tidigare inte gjorts. Delar av materialet har använts i uppdragsverksamhet i samband med kraftverksutbyggnad i älvar och för säsongsvis sammanställning av isläget i SMHIs årsböcker mellan 1970 och 1980 (SMHI, 1970-1980).

I denna rapport har en statistisk och geografisk sammanställning gjorts för istjockleken på sjöar. Analysen är gjord för 34 sjöar i landet med i de flesta fall cirka 40 års mätserier. Rapporten är tänkt att användas som ett uppslagsmaterial för dem som arbetar med is på sjöar och närliggande frågor. Den är också ett hjälpmedel vid utformningen av SMHIs framtida stationsnät för istjocklek på sjöar.

BAKGRUND

Isläggning

Sommartid har vattnet i sjöar högre temperatur i ytliga lager än i djupa (Lindh och Falkenmark, 1972). Under hösten avkyls ytvattnet och genom cirkulation i vattenmassan får hela sjön en allt lägre temperatur. Så småningom har hela vattenmassan antagit en temperatur på $+4^{\circ}\text{C}$. Vid fortsatt avkylning under $+4^{\circ}\text{C}$ ligger det avkylda ytvattnet kvar över det varmare djupvattnet, eftersom vatten har sin högsta densitet vid $+4^{\circ}\text{C}$. Djupvattnet avkyls dock ytterligare och har oftast en lägre temperatur än $+4^{\circ}\text{C}$ under vintern (figur 1). Isen lägger sig när ytvattnet blivit nollgradigt och det är vindstilla. I regel sker detta en klar och kall natt och i allmänhet lägger sig isen först i lugna vikar och längs stränderna. Isbildningen sker till en början av nålformade kristaller likt ett nät på vattenytan. Detta nät förtätas snabbt till ett helt istäcke.



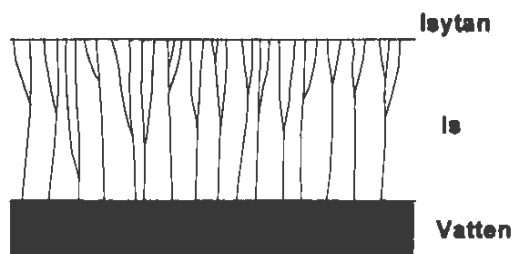
Figur 1. Temperaturvertikal från Åsunden, februari 1995.

Hur temperaturen under ett istäcke kan se ut visas i figur 1. Vattnet direkt under isen har en temperatur på 0°C , men bara några meter under isen kan vattnet ha en temperatur på

1-2°C. Vattentemperaturen i en istäckt sjö ändras inte så mycket under vintern. Det kan hända att isen lägger sig innan vattenmassan fått omvänd skiktning, så kallad tvångsfrysning. Under en kraftig köldperiod kyls då ytvattnet ner till noll grader medan djupare vatten ännu har temperaturer över +4°C. Is som tvångsfryser brukar inte bli så långvarig, utan smälter underifrån.

Olika istyper

Den första isen som bildas är vanligen så kallad kärnis. Kärnisen är genomskinlig och hård och växer till på sin undersida (Fremling, 1951; Gezelius, 1982). Kärnisen växer till nedåt och bildar sammanfogade pelarformade kristaller (figur 2) och är den typ av is som i allmänhet har störst bärighet. Man brukar beräkna kärnisens bärighet med hjälp av formeln $P < 5 h^2$, där h är istjockleken i cm och P är vikten i kg.



Figur 2. Schematisk bild över kärnisens kristallstruktur.

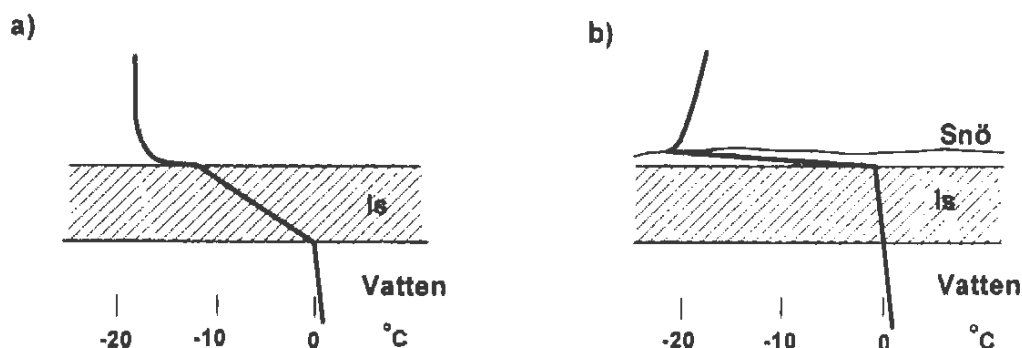
När snö faller och lägger sig på isen, trycks isen ner av snöns vikt. När det fallit tillräckligt mycket snö i förhållande till istjockleken kommer vattnet upp på isen genom sprickor. Vattnet blandar sig med snön och s.k. stöpsörja bildas. När det blir kallt, fryser sörjan och bildar stöpis. När stöpis bildas fryser först de övre delarna av stöpsörjan. Stöpis växer sedan till på sin undersida och kan så småningom växa ihop med det ursprungliga islagret. Det finns då under en period dubbla lager is med mellanliggande vatten eller stöpsörja. Det övre isskiktet kallas överis. Överis kan också bildas när det finns regnvatten eller smältvatten på isen som fryser till. Tillväxten av det undre islagret avstannar så länge det finns vatten eller stöp på isen eller mellan olika islager. Oftast fryser de olika islagren så småningom ihop, men vissa vintrar kan flera uppvattningar och flera lager av mellanvatten förekomma. Nyfrusen stöpis är mindre seg och hållfast än kärnisen. När isen blivit tjockare är det i regel ingen skillnad i bärighet mellan istäcken med och utan stöpis, förutsatt att stöpis är sammanfrusen med kärnisen utan något mellanskikt av stöpsörja.

Istillväxt

Isen växer genom att värme transporteras från isens undersida, genom isen, genom eventuell snö på isen och genom luften ut i rymden. (Fremling, 1977, Ashton, 1986, Friluftsfrämjandet, 1997). Isens undersida avkyls och vattnet närmast under isen fryser. Hastigheten på istillväxten beror på hur snabbt isbildningsvärmen kan transporteras bort. Transporten av värme kan ske direkt genom värmeledning eller indirekt genom att utstrålning och ångbildning ökar.

Värmeledning

Med värmeledning menas att värme leds från en punkt med högre temperatur till en punkt med lägre temperatur. Värmeledningen är starkt beroende av hur temperaturgradienten ser ut i ett tvärsnitt genom isen, snön och luften. Isens underkant har alltid en temperatur på 0°C . Ju lägre temperatur isens översida har, desto lättare leds värmen genom isen och istillväxten ökar. Ett snötäcke isolerar och försvårar värmetransporten genom isen. När isen är snötäckt antar isytan en betydligt högre temperatur än luften, vilket gör att istillväxten försämras avsevärt (figur 3). Så länge det finns snö på isen sker istillväxten långsammare än om isen hade varit snöfri. Äldre, kornig snö isolerar inte lika mycket som nysnö. Även isen själv är isolerande, vilket gör att isen tillväxer långsammare ju tjockare den blir. Stöpisen har större isolerande förmåga än kärnisen. Ofta tillväxer isen i olika etapper under vintern. Den största istillväxten sker i regel strax efter isläggningen, då istäcket är tunt och det inte finns någon isolerande snö på isen. Den värme som transporterats genom is och eventuell snö leds sedan vidare till luften. Kraftig vind gör att den uppvärmda luften över isen blåser undan och ersätts med ny kall luft, vilket gör att värmeledning och istillväxt ökar. Om istället isens yta är kallare än luften sker en värmeledning från luften till isen, vilket framförallt sker under isavsmältningsperioder på våren. Även denna motsatta värmeledning förstärks vid kraftig vind. Det förhållandevis varma sjövattnet påverkar i allmänhet inte istillväxten under vintern, eftersom det vanligtvis är nollgradigt närmast under istäcket. Vattnet är stabilt skiktat och har dålig värmeledningsförmåga. På vissa ställen i sjön där omblandningen är stor, till exempel i koncentrerade strömstråk samt vid inlopp och utlopp, kan dock det varmare djupvattnet transporteras upp till isens underyta och tära på istäcket. På våren kan solstrålarna tränga genom isen och värma upp vattnet direkt under isen till över 0°C , vilket medför smältning av isen underifrån.



Figur 3. I figuren visas temperaturgradienten a) genom en 10 cm tjock is och b) genom en 10 cm tjock is med ca 2 cm snö på isen. (Fritt efter Sveriges Nationalatlas, Klimat, sjöar och vattendrag).

Ångbildning

Vintertid sker avdunstning av isen direkt till vattenånga. Eftersom avdunstningen kräver stora mängder värme som avges från isens undersida ökar istillväxten vid ökad avdunstning. Den värmemängd som krävs för att isen ska avdunsta är cirka åtta gånger större än den värme som krävs för vattnet att frysa. Då vindhastigheten ökar, luftfuktigheten minskar eller temperaturen minskar så ökar avdunstningen från isen. När luftfuktighet och lufttemperatur är hög kan vattenånga i luften istället kondensera på isytan.

Utstrålning

Precis som alla andra föremål strålar isen ut värmestrålning, så kallad svartkroppsstrålning. Strålningen är beroende av materialets fysikaliska egenskaper samt föremålets och omgivningens temperatur. Vid kallt väder blir utstrålningen hög. Om utstrålningen är stor sjunker en snöfri isytas temperatur till flera grader under lufttemperaturen och istillväxten ökar. Det förutsätter dock liten instrålning, d.v.s. att en liten del av utstrålningen reflekteras i moln och att instrålningen från solen är liten. Under vintern kan man i de flesta fall bortse från instrålningen från solen, eftersom solen står lågt på himlen och soltimmarna är få. På våren har dock solstrålningen stor betydelse för isavsmältningen, särskilt sedan isen blivit snöfri.

Sammanfattningsvis kan sägas att det finns en mängd faktorer som styr isens tillväxt, lufttemperatur, luftfuktighet, vindhastighet, mängden snö på isen, molnigheten samt istjocklek. Av dessa är lufttemperatur och snötäckets tjocklek de viktigaste.

Isavsmältning

På våren tär solen mycket på isen, eftersom solen står högt på himlen och soltimmarna är många. Solstrålarna tränger ner i isen om den är snöfri och gör att den luckras upp (Fremling 1951). Solen värmer också vattnet närmast under isen, vilket gör att isen smälter underifrån. På våren ökar även lufttemperaturen, vilket bidrar till isavsmältningen. Om istäcket endast består av kärnis tränger solstrålarna långt ner i isen och förstör fogarna mellan de pelarformade kristaller som isen är uppbyggd av (figur 2). På våren är därför isarna ofta förrädiska och kan vara mycket tjocka och ändå inte bäriga. Om det ligger ett lager snö eller stöpis över kärnisen kan inte solstrålarna tränga in lika långt i isen, utan solstrålarna reflekteras istället i snön eller i stöpis.

Skillnad i istjocklek mellan och inom sjöar

Förutom meteorologiska faktorer finns en rad andra faktorer, specifika för varje sjö, som påverkar istjockleken, såsom sjöns djup, areal och genomströmning (Fremling, 1977). Det tar längre tid för en stor och djup sjö att avkylas och få omvänd skiktning. Stora sjöar har därför senare isläggning. I små och grunda sjöar med stor genomströmning försvinner det varma sjövattnet tidigt under vintern och ersätts med kallare älvvatten, vilket kan betyda att isläggningen är tidig. Att en sjö genomströmmas av mycket vatten påverkar i regel inte istjockleken, eftersom vattenhastigheten är så låg att varmt sjövatten inte virvlas upp och tär på isen. Om genomströmningen är kraftig i förhållande till sjöns volym och sjön tillräckligt stor för att varmt sjövatten skall finnas kvar i sjön under vintern kan dock en försvagning av isen finnas i strömstråket.

Istjockleken kan i viss mån variera mellan olika delar av en sjö. I större sjöar växer isen i etapper från stranden och utåt och kan ge en något ojämn istjocklek. Ett ojämnt snötäcke på isen kan också leda till en ojämn istjocklek. Ofta är isen svagare vid vissa utsatta ställen som vid sjöns inlopp och utlopp samt utanför uddar, i sund och över grund.

METODER

I de flesta av analyserna i denna rapport har den totala istjockleken använts, d.v.s. summan av de olika islagrens tjocklek om det funnits flera islager med mellanskikt av vatten. Den totala istjockleken benämns här som sjöns istjocklek. Om man vill undersöka isens bärighet är det däremot bara tjockleken hos det tjockaste islaget som är det intressanta.

För beräkning av normal istjocklek vid några olika tidpunkter under vintern har medianvärdet använts. I detta fall säger medianvärde mer om isförhållandena än medelvärdet. Perioder då istjockleken är mer än 10 cm blir medianvärde och medelvärde ungefär desamma. Under de tider, vanligtvis i början och slutet av vintern, då sjön många år är isfri skiljer sig medianvärdet från medelvärdet. Om medianvärdet är noll finns det is på sjön upp till hälften av vintrarna. Om istället medelvärdet är noll är sjön isfri alla år.

I analyserna har beräkningar utförts för mitten av månaderna december till april. För detta har alla mätningar mellan den 8:e och 22:a i månaden använts. Det rör sig i de flesta fall om en eller två mätningar varje månad som hamnar inom detta intervall.

DE STUDERADE SJÖARNA

I dagens stationsnät för istjockleksmätningar ingår 31 sjöar (figur 4). I denna analys ingår även tre andra sjöar som tidigare ingått i stationsnätet för istjockleksmätningar. Mätningarna görs i några av sjöarna varje vecka och i andra var 14:e dag (tabell 4). Sjöarnas area varierar mellan 0,3 km² (Rocksjön) och 5 759 km² (Vänern) (tabell 2). De flesta sjöar (18 stycken) har en area mellan 10 och 100 km². Åtta av sjöarna är mindre än 10 km² och fem sjöar är större än 100 km² (tabell 3). Vid mätningarna borrar ett hål i isen och mätningar görs av tjockleken hos skikt av kärnis, stöpis, stöpsörja, överis och mellanis, mellanvatten samt snö på isen. Mätningarna görs minst 50 meter från stranden och ungefär på samma ställe vid olika mättillfällen. I de stora sjöarna görs mätningarna ca 300 till 500 meter från stranden. Mätningarna görs i en punkt som anses vara representativ för sjön. Man undviker att mäta på platser som är påverkade av strömdrag genom sjön. På våren är det ofta svårt att göra mätningar på grund av att isarna kan vara för osäkra för att gå ut på. Isen kan vara flera decimeter tjock och ändå inte bära. På hösten däremot, är isen mer elastisk och det räcker med cirka fem centimeter kärnis för att den ska bära en normalstor person.

SMHIs stationsnät är tätare i södra Sverige och glesare i norra. Fler sjöar har valts i områden där det finns mycket sjöar. Till exempel utförs mätningar i många sjöar på det sjörika sydsvenska höglandet och inte i några sjöar på den sjöfattiga Västgötslätten, i Uppland och på Gotland.

Tabell 1. Koordinaterna i rikets allmänna nät för sjöarnas utloppspunkter.

<i>Sjö</i>	<i>xkoord</i>	<i>ykoord</i>	<i>Sjö</i>	<i>xkoord</i>	<i>ykoord</i>
Torneträsk	757277	167340	Ivösjön	621669	141629
Bygdeträsket	714673	172654	Möckeln	628323	139679
Gäutajaure	727782	148680	Osbynsjön	624815	138826
Ströms Vattudal	708032	149042	Böringesjön	615464	134175
Lännässjön	694780	141419	Västra Ringsjön	620062	135224
Stödesjön	691855	155480	Allgunnen (I)	634690	142635
Siljan	673490	145597	Vidöstern	631841	138929
Runn	670563	148814	Vikaresjön	636632	136782
Båven	653707	156202	Åsunden	639683	134896
Rocksjön	640627	140342	Holsjön	636887	132651
Vättern	649029	145550	Sundsjön	637933	128626
Glan	649686	151617	Övre Fryken	664198	135102
Yxern	639176	152040	Stora Le	658500	127455
Nömmen	638280	144298	Ömmeln	656060	131299
Allgunnen (II)	631706	151419	Vänern	647666	129906
Rottnen	629022	146127	Ellenösjön	649255	127344
Norrsjön	633177	145970	Bullaresjön	653621	125388



Figur 4. De studerade sjöarna

Tabell 2. Några karakteristiska egenskaper hos sjöarna. I den sista kolumnen anges storleken på avrinningsområdet vid sjöns utloppspunkt. För vissa sjöar saknas några uppgifter.

<i>Sjö</i>	<i>Avr.om.</i>	<i>Area</i> (km ²)	<i>Maxdjup</i> (m)	<i>Medeldjup</i> (m)	<i>Volym</i> (milj. m ³)	<i>H.ö.havet</i> (m)	<i>Omsättn.</i> <i>tid (år)</i>	<i>Avr.omr.</i> <i>storlek (km²)</i>
Torneträsk	Torneälven	332	168	52	17 100	341	9,2	3 345
Bygdeträsket	Rickleån	29	-	-	-	131	-	1 354
Gäutajaure	Umeälven	31	58	17	531	437	0,2	3 092
Ströms Vattudal	Ångermanälven	156	73	18	2 915	284	0,6	6 430
Lännässjön	Ljungan	18	24	-	-	437	-	2 600
Stödesjön	Ljungan	17	66	23	405	50	0,1	11 896
Siljan	Dalälven	317	134	28	8 089	159	1,7	11 965
Runn	Dalälven	64	32	8	531	107	-	-
Båven	Nyköpingsån	69	48	9	647	21	5,0	775
Rocksjön	Motala ström	0,3	11	-	-	-	-	-
Vättern	Motala ström	1 860	120	40	77 640	89	62	6 378
Glan	Motala ström	75	23	10	730	22	0,3	15 361
Yxern	Botorpsströmmen	16	25	8	135	91	2,3	319
Nömmen	Emån	15	18	5	71	220	1,7	153
Allgunnen (II)	Alsterån	13	16	4	45	85	0,2	1 116
Rottnen	Ronnebyån	32	18	5	145	149	2,3	246
Norrsjön	Mörrumsån	3	5	3	10	199	-	-
Ivösjön	Skräbeån	54	50	11	553	6	2,3	994
Möckeln	Helge å	49	10	3	135	136	0,5	1 026
Osbysjön	Helge å	3	6	2	6	73	3 dygn	2 156
Böringesjön	Sege å	3	3	2	4	49	0,4	40
Västra Ringsjön	Rönne å	15	6	3	39	55	0,3	395
Allgunnen (I)	Lagan	14	30	8	114	205	2,8	159
Vidöstern	Lagan	44	35	4	211	143	0,4	1 375
Vikaresjön	Nissan	1	12	5	6	155	6 dygn	826
Åsunden	Ätran	18	40	13	270	164	0,8	645
Holsjön	Viskan	6	23	4	23	147	0,6	71
Sundsjön	Rolfsån	0,8	19	7	6	15	7 dygn	615
Övre Fryken	Göta älv	42	109	-	-	62	-	2 542
Stora Le	Göta älv	86	102	40	3 409	102	5,8	-
Ömmeln	Göta älv	7	25	-	-	121	-	68
Vänern	Göta älv	5 759	106	27	153 000	44	9,1	46 884
Ellenösjön	Örekilsälven	3	7	-	-	67	-	451
Bullaresjön	Enningdalsälven	7	38	21	145	38	0,4	624

Tabell 3. Antal sjöar i olika storleksklasser.

<i>Klass</i>	<i>Antal sjöar i de olika klasserna totalt</i>	<i>Antal sjöar i de olika klasserna i dagens stationsnät</i>
A (>100 km ²)	5	5
B (10-100 km ²)	20	18
C (1-10 km ²)	6	6
D (0,1-1 km ²)	3	2
Totalt	34	31

SMHIs istjockleksmätningar på sjöar startade vintern 1939/40 med ett tjugotal sjöar. Stationsnätet modifierades sedan 1953 då några sjöar togs bort och 16 nya sjöar tillkom. Efter det har endast några små förändringar skett (tabell 4). Utöver detta nät har även istjockleksmätningar i några sjöar utförts som uppdragsverksamhet i samband med vattenkraftsutbyggnad. De mätningarna finns inte med i denna analys.

Tabell 4. Antal mätsäsonger i sjöarna. Alla mätsäsonger i sjöarna ingår inte i denna undersökning på grund av att de inte finns digitaliserade. Detta gäller främst åren 1939 till 1953 då mätblankettens utformning gjort den svår att digitalisera.

<i>Sjö</i>	<i>Antal mätsäsonger i denna undersökning</i>	<i>Stationens startår</i>	<i>Stationen nedlagd år</i>	<i>Mätfrekvens (Antal veckor mellan obs.)</i>
Torneträsk ¹	43	1939	-	1
Bygdeträsket	43	1939	-	1
Gäutajaure	43	1939	-	1
Ströms Vattudal	18	1939	-	2
Lännässjön ²	44	1939	-	1
Stödesjön	16	1981	-	1
Siljan ³	43	1939	-	1
Runn	43	1939	-	1
Båven	43	1939	-	1
Rocksjön	44	1953	-	2
Vättern ⁴	39	1953	-	2
Glan	27	1939	1981	1
Yxern	43	1939	-	1
Nömmen	43	1939	-	1
Allgunnen(II)	44	1953	1988	2
Rottnen	44	1953	-	2
Norrsjön	44	1953	-	2
Ivösjön	41	1953	-	2
Möckeln	43	1939	-	1
Osbysjön	44	1953	-	2
Börringesjön	43	1953	-	2
Västra Ringsjön	52	1939	-	1
Allgunnen (I)	44	1953	-	2
Vidöstern	44	1953	-	2
Vikaresjön	42	1953	-	2
Åsunden	44	1953	-	2
Holsjön	44	1953	-	2
Sundsjön	48	1939	1988	1
Övre Fryken	43	1939	-	1
Stora Le	40	1953	-	2
Ömmeln	43	1953	-	2
Vänern ⁵	30	1957	-	1
Ellenösjön	43	1953	-	2
Bullaresjön	43	1939	-	1

¹ Utanför Abisko.

² Lännässjön består av delarna Lännässjön, Fotingen och Klövsjön. T.o.m. 1995 mättes istjockleken i Fotingen och efter 1996 i Klövsjön.

³ Vinäsfjärden.

⁴ Söder om Visingsö.

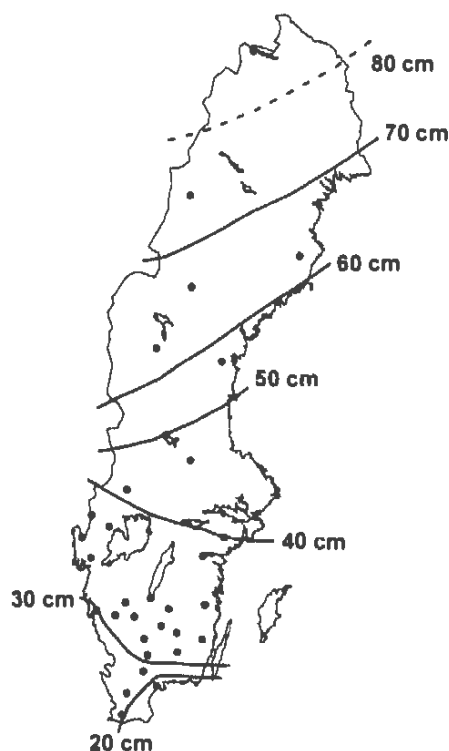
⁵ Vänersborgsviken.

RESULTAT

En geografisk sammanställning har gjorts för samtliga sjöar (figur 5 till 7 och 9 till 12). I dessa analyser har inte istjockleken i Vänern och Vättern tagits med, eftersom de på grund av sin storlek skiljer sig mycket från övriga sjöar. De värden som figurerna bygger på finns redovisade i bilaga 2.

Istjocklek

Figur 5 visar ett medelvärde över varje års största istjocklek. Istjockleken varierar mycket mellan sjöar i norra och södra Sverige. I sjöarna längst i söder uppnås en normal vinter en största istjocklek på ca 20 cm och längst i norr ca 80 cm. I figurerna i bilaga 1 visas alla de mätningar som gjorts i sjöarna. Man ser bl.a. att det för samtliga sjöar norr om Runn finns en lång period under varje vinter då sjön varje år har haft istäcke. För sjöarna söder om Runn finns ingen sådan period, utan isen har lagt sig och gått upp vid mycket varierande tider under vintern. Den största istjocklek som uppmätts inom SMHIs stationsnät är 110 cm på Torneträsk vintern 1965/66 (tabell 5). I sjöarna i sydligaste Sverige är den största uppmätta istjockleken runt 50 cm. Åren då den största istjockleken uppmätts varierar mellan olika sjöar. Istillväxten beror ju på en mängd faktorer och lokala variationer i framförallt snönederbörden kan ha stor betydelse. Det går dock att hitta några områden där den största istjockleken uppmätts samma år. I Småland finns fyra stationer (Rottnen, Norrsjön, Allgunnen(I) och Möckeln), där största istjocklek uppmätts 1966, i nordvästra Götaland uppmättes största istjocklek i fyra sjöar 1963 (Stora Le, Ömmeln, Vänern och Bullaresjön) och i Dalarna och södra Norrland (Siljan, Lännässjön och Stödesjön) uppmättes största istjockleken 1996.

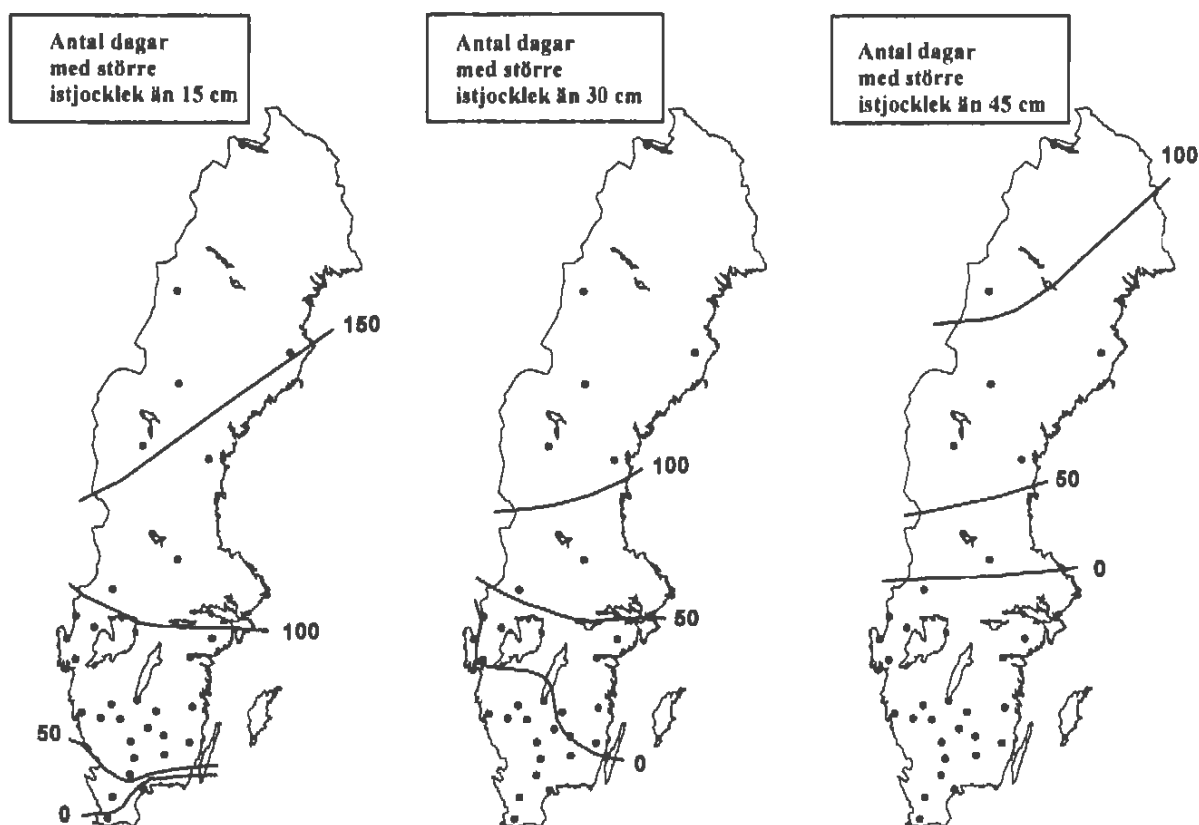


Figur 5. Medelvärde av varje års största istjocklek (ca 40 år). Den streckade linjen är osäker.

Tabell 5. Största uppmätta istjocklek i respektive sjö.

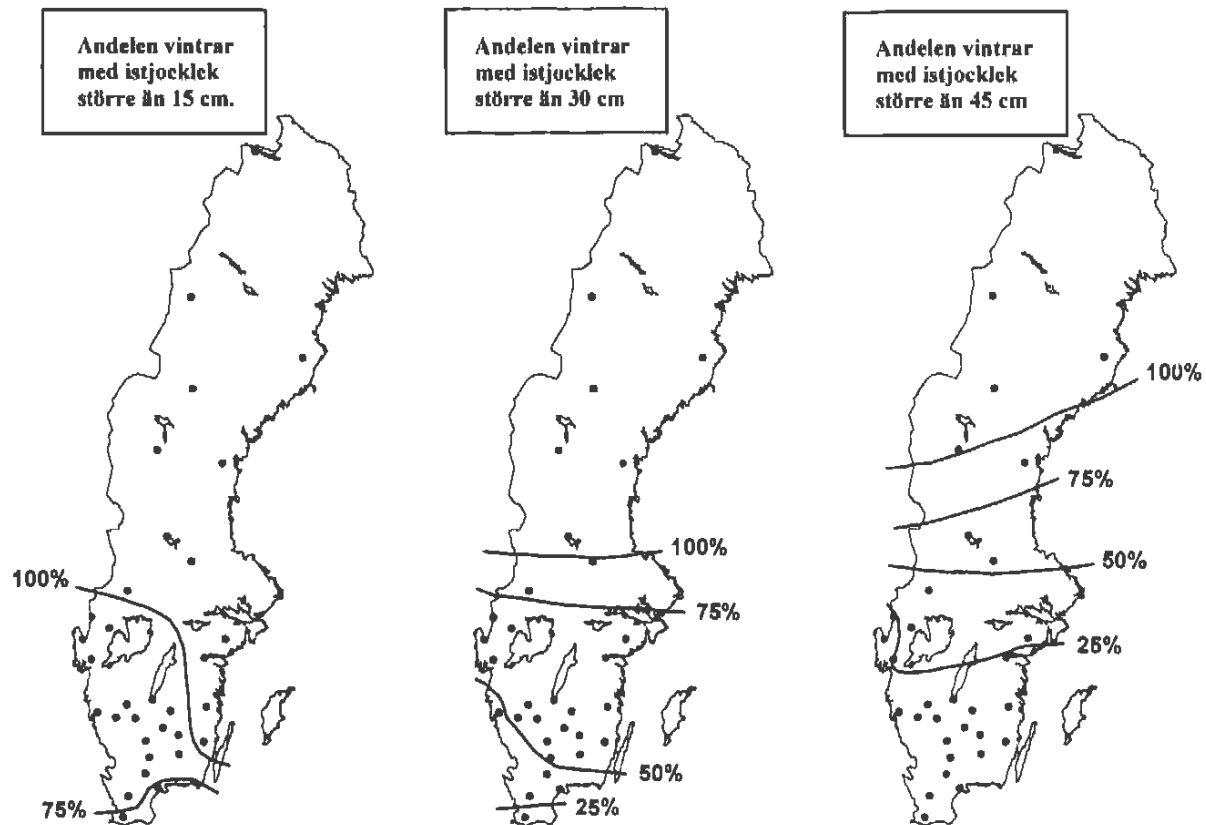
Sjö	Största istjocklek (cm)	Uppmätt vintern	Sjö	Största istjocklek (cm)	Uppmätt vintern
Torneträsk	110	1965/66	Ivösjön	50	1962/63, 1981/82
Bygdeträsket	83	1956/57, 1970/71	Möckeln	62	1965/66
Gäutajaure	92	1955/56	Osbysjön	53	1984/85
Ströms Vattudal	72	1992/93	Böringesjön	47	1984/85
Lännässjön	90	1995/96	Västra Ringsjön	56	1969/70
Stödesjön	77	1995/96	Allgunnen (I)	50	1965/66
Siljan	86	1995/96	Vidöstern	60	1984/85
Runn	75	1980/81	Vikaresjön	52	1995/96
Båven	63	1995/96	Åsunden	57	1995/96
Rocksjön	58	1969/70	Holsjön	57	1965/66, 1985/86
Vättern	52	1986/87	Sundsjön	64	1946/47
Glan	53	1955/56	Övre Fryken	71	1980/81
Yxern	68	1969/70	Stora Le	62	1962/63
Nömmen	53	1986/87	Ömmeln	64	1962/63
Allgunnen (II)	53	1955/56	Vänern	60	1962/63
Rottnen	56	1965/66	Ellenösjön	62	1955/56
Norrsjön	52	1965/66	Bullaresjön	70	1962/63

Figur 6 visar medelvärdet av antalet dagar per vinter då istjockleken är större än 15, 30 respektive 45 cm. I nordligaste Sverige är istjockleken en normal vinter större än 45 cm i ca 100 dagar. I Svealand är isen större än 15 cm i cirka 100 dagar en normal vinter.



Figur 6. Medelvärde av antal dagar per vinter med istjocklek större än 15, 30 respektive 45 cm.

Figur 7 visar andelen vintrar då istjockleken någon gång under vintern är större än 15, 30 respektive 45 cm. Man kan räkna med att istjockleken i hela Norrland varje vinter är minst 30 cm. På sjöarna i Svealand är istjockleken mer än 30 cm tre av fyra vintrar och i Götaland ungefär varannan vinter, med undantag för sjöarna allra längst i söder.



Figur 7. Frekvens av vintrar med större istjocklek än 15, 30 respektive 45 cm vid något mättillfälle under vintern.

Utvecklingen under vintern

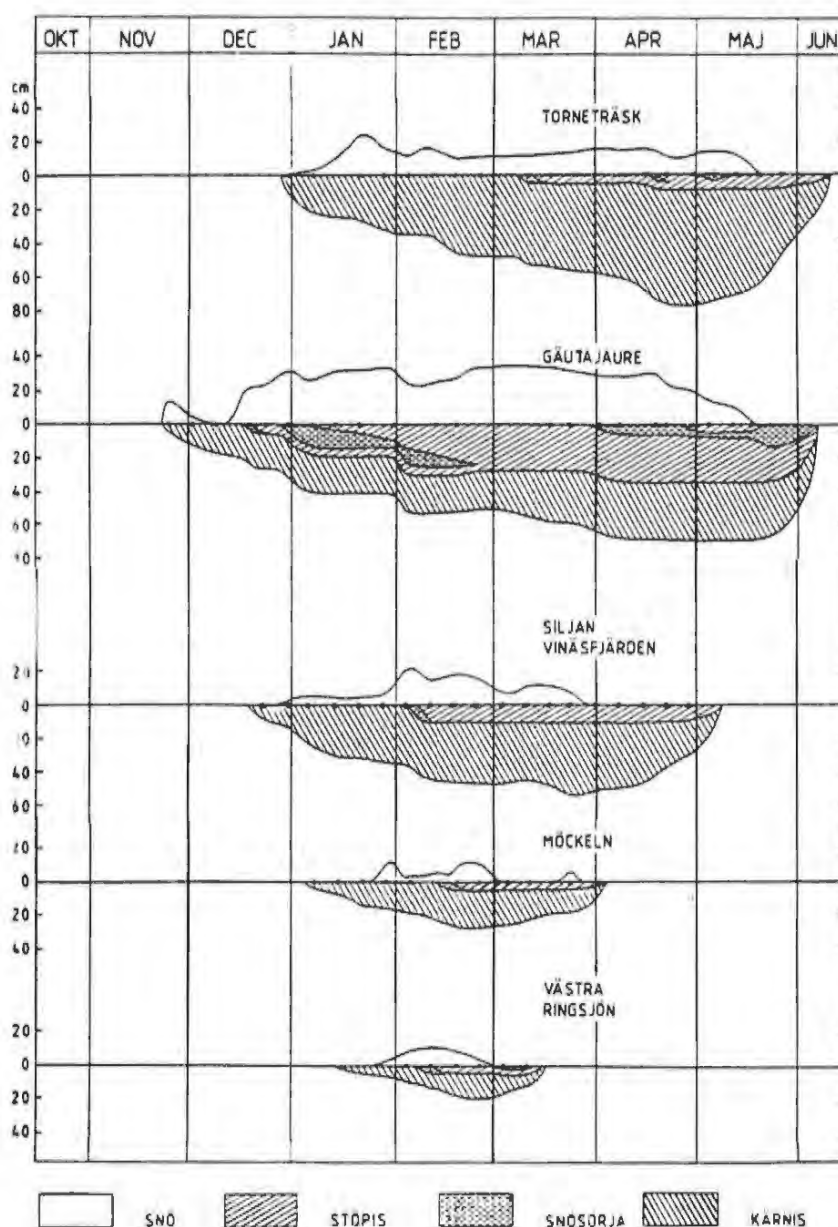
I figur 8 visas isförhållanden i några sjöar i olika delar av landet säsongen 1977/78. Denna vinter var isförhållandena ungefär normala i de fem sjöarna. I Torneträsk var isen mycket tjock och bestod nästan enbart av kärnis på grund av att området är nederbördsfattigt, vilket gör att det sällan förekommer mycket snö på isen med uppvattning och stöpisbildning som följd. I Gäutajaure skedde under säsongen två uppvattningar av snö på isen följd av stöpisbildning. I övriga sjöar skedde några mindre uppvattningar.

I figur 9 visas normal istjocklek vid några olika tidpunkter under vintern. Värdet för varje sjö är beräknade som medianvärdet för istjockleken varje år vid respektive tidpunkt. Isarna i Skåne uppnår maximal istjocklek tidigt under vintern, i mitten av februari eller i början av mars. I övriga Götaland tillväxer isen normalt fram till mitten av mars och har då en istjocklek på 30 till 40 cm. Sjöarna i Norrland får normalt sin största istjocklek i april och är då i allmänhet 50 till 90 cm tjocka.

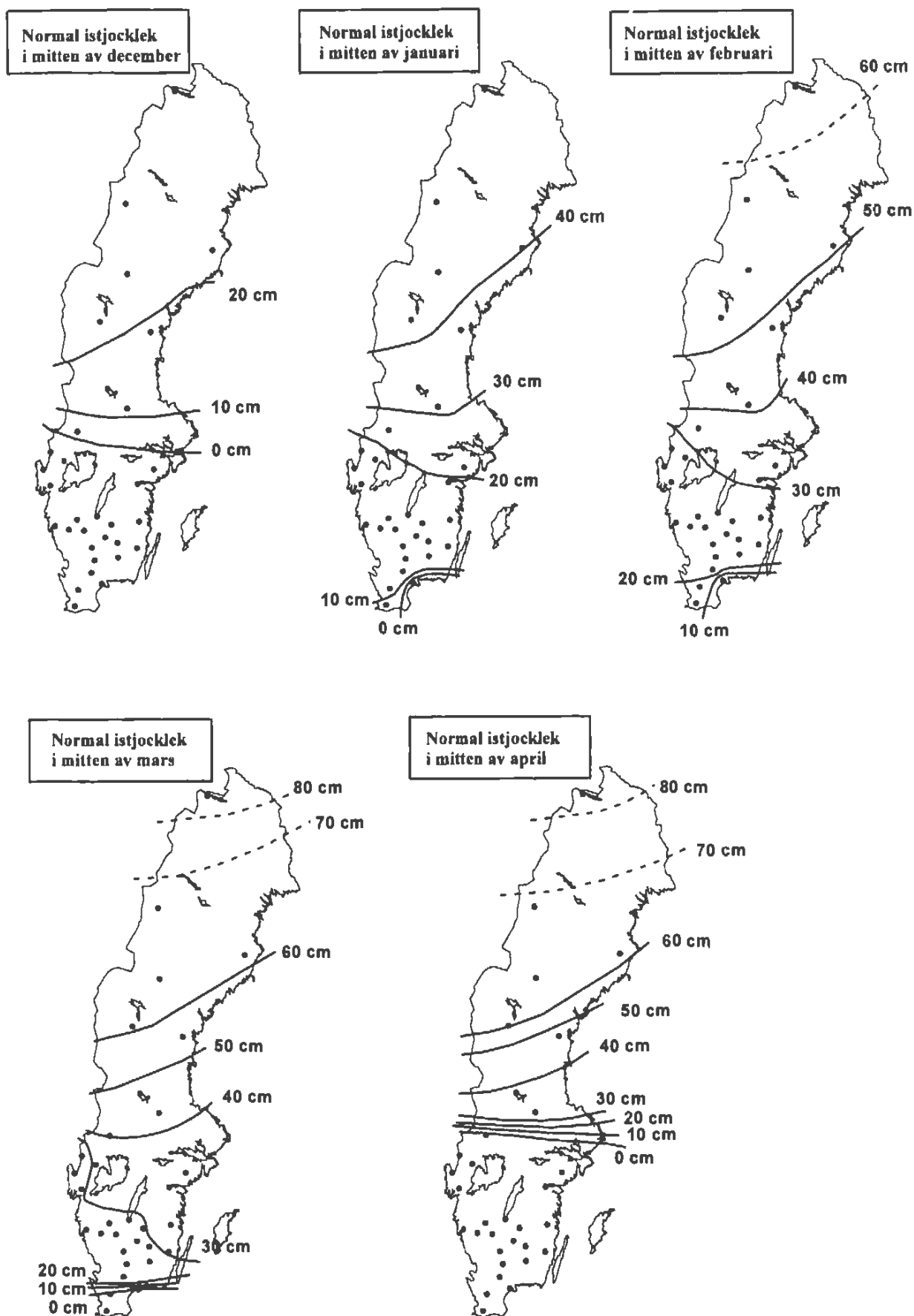
Isen lägger sig i allmänhet tidigare i små och grunda sjöar än i stora och djupa, men i mitten av vintern är isen ungefär lika tjock i en stor sjö som i en liten i samma område. Exempelvis

har Runn och Siljan ungefär samma istjocklek i mitten av vintern och detsamma gäller för Rotten och Norrsjön. Orsaken är att på den tidigt islagda sjön sker den första istillväxten vid i genomsnitt mindre kyla än på den sent islagda. Det tidiga istäcket hinner också få mer isolerande snö. Därför är istillväxten ofta snabb hos större sjöar som isläggs sent.

Istjockleken varierar kraftigt mellan olika år. En bild av spridningen får man i figur 10, 11 och 12, där största och minsta uppmätta istjocklek redovisas för några olika tidpunkter under vintern. Figureerna i bilaga 1 ger också en bild av de olika sjöarnas spridning i istjocklek. För många sjöar kan istjockleken variera med upp till 50 cm för samma tidpunkt olika år.



Figur 8. Exempel på istjoväxtdiagram för säsongen 1977/78. Från SMHIs årsbok 1978, delen Hydrologiska iakttagelser i Sverige.

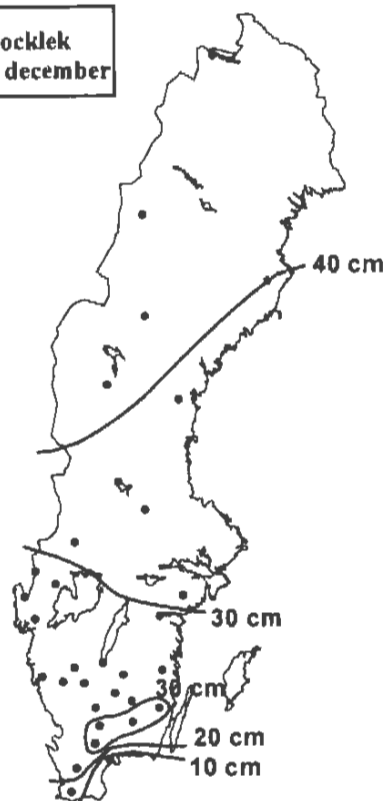


Figur 9. Normal istjocklek vid några olika tidpunkter under vintern. Medianvärde över ca 40 år. Streckade linjer är osäkra.

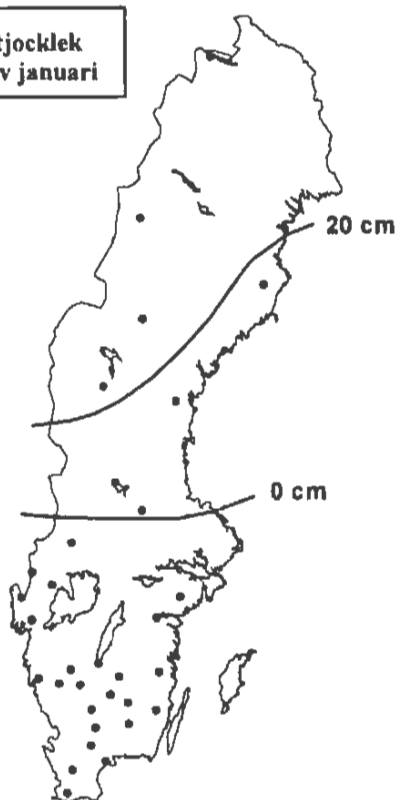
Minsta istjocklek
i mitten av december



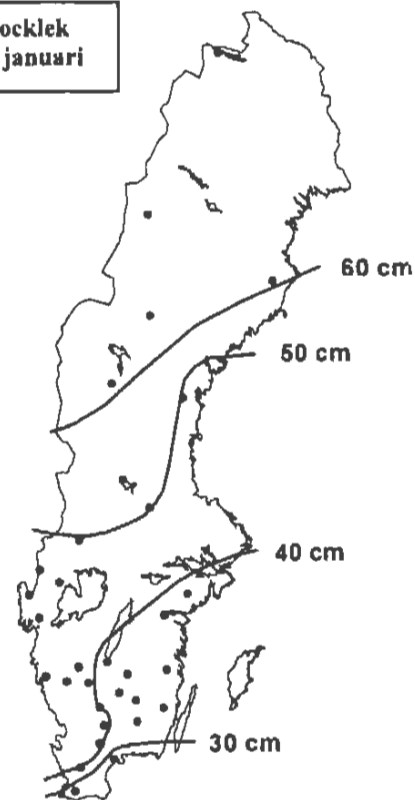
Största istjocklek
i mitten av december



Minsta istjocklek
i mitten av januari

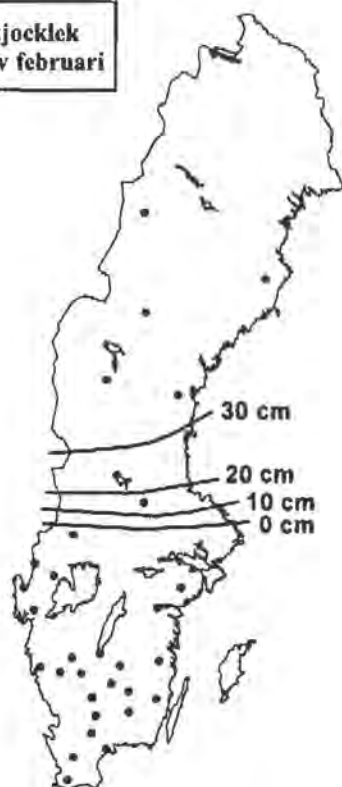


Största istjocklek
i mitten av januari

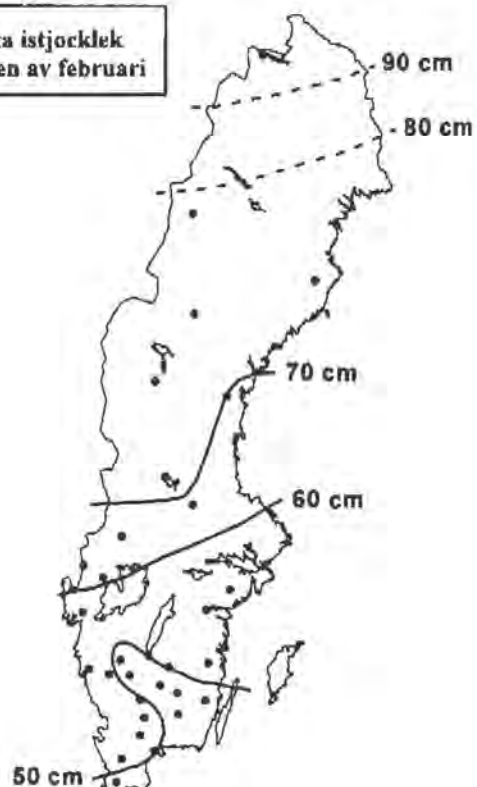


Figur 10. Största och minsta istjocklek uppmätt i mitten av december och januari. Torneträsk och Siljan kan vara isfria i januari p.g.a. sin storlek och de har inte inkluderats i analysen för mitten av januari.

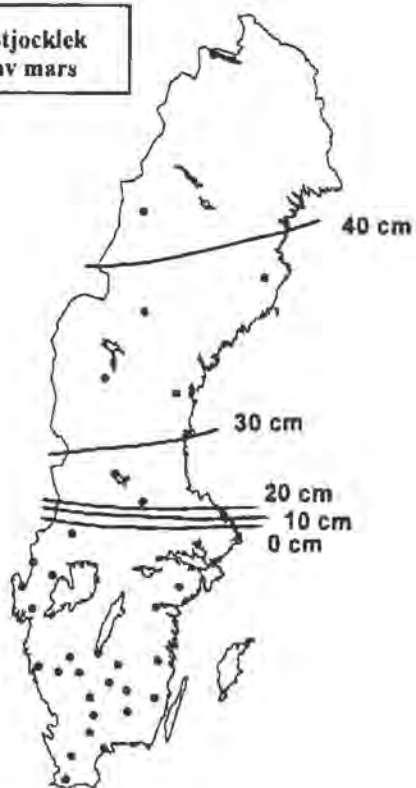
Minsta istjocklek
i mitten av februari



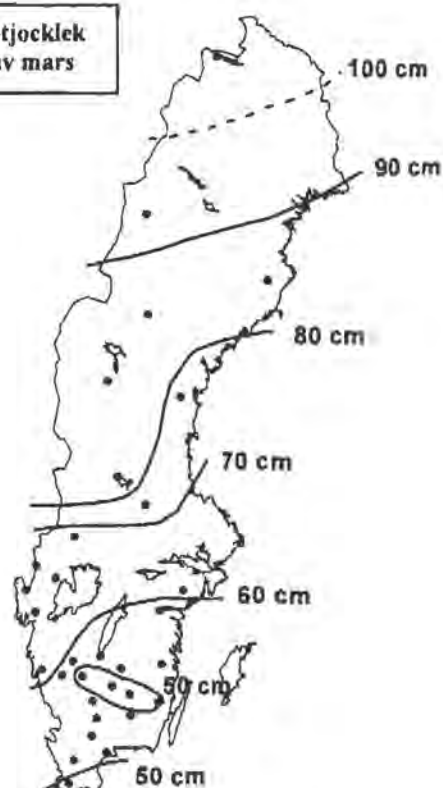
Största istjocklek
i mitten av februari



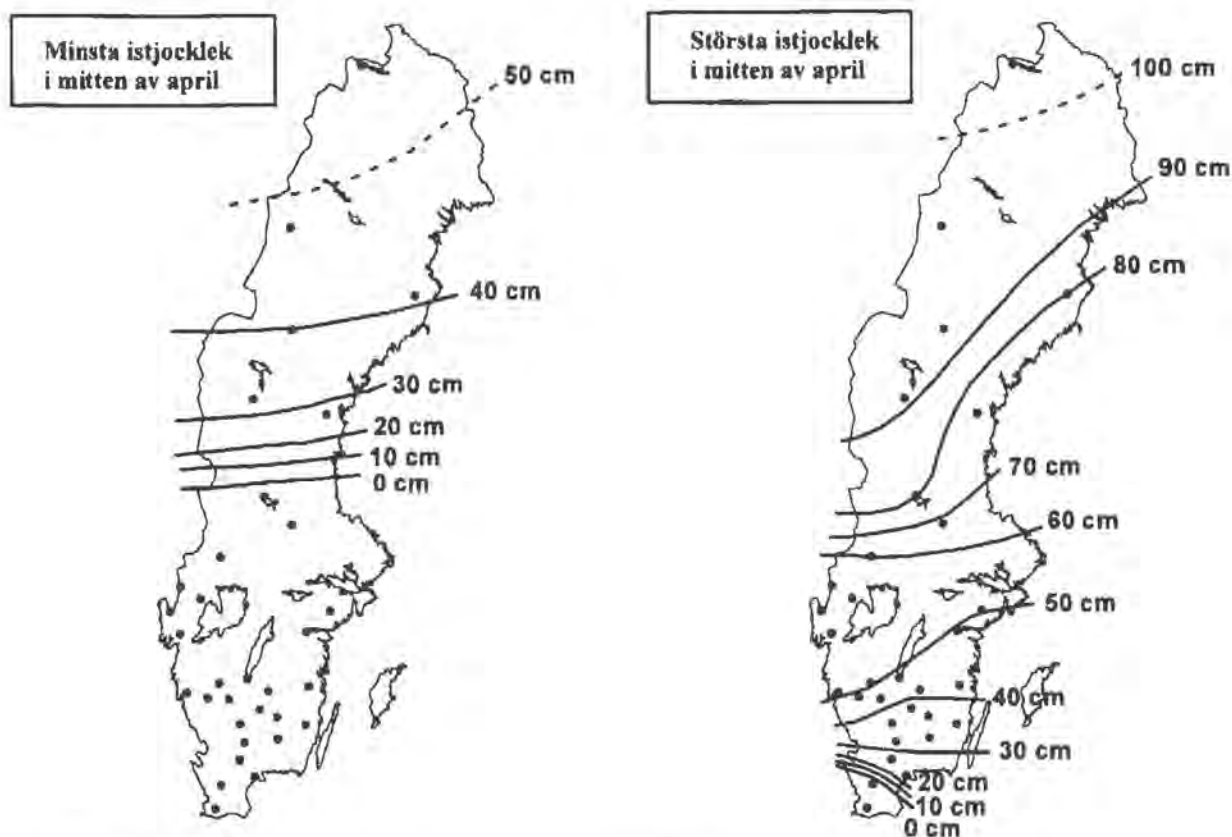
Minsta istjocklek
i mitten av mars



Största istjocklek
i mitten av mars



Figur 11. Största och minsta istjocklek uppmätt i mitten av februari och mars. Streckade linjer är osäkra.

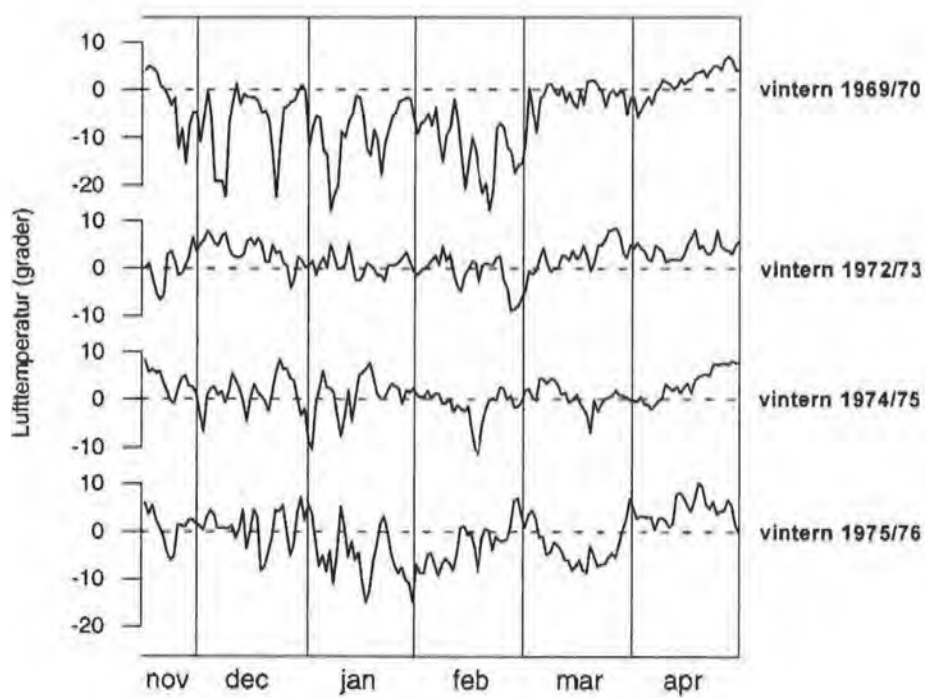
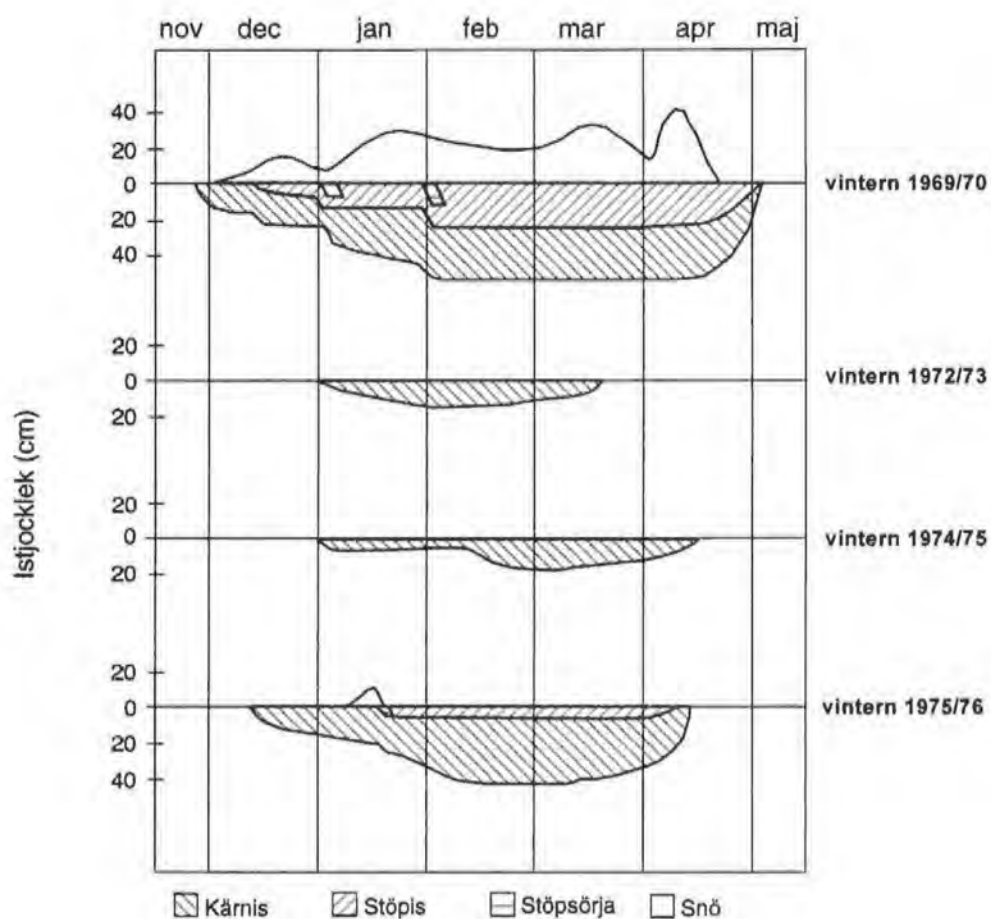


Figur 12. Största och minsta istjocklek uppmätt i mitten av april. Streckade linjer är osäkra.

Istjockleken i Båven

En närmare undersökning har gjorts i sjön Båven för att belysa skillnaderna i istjocklek mellan olika vintrar (figur 13). Värden från SMHIs temperaturstation i Eskilstuna, ca 50 km från Båven, visas för samma vintrar. Vintern 1969/70 var en mycket kall vinter.

Dygnsmedeltemperaturen var inte över noll grader under hela januari och februari, vilket i början ledde till god istillväxt. Det var också en mycket snörik vinter, vilket gjorde att istillväxten senare dämpades av snötäcket på isen. Vintern 1972/73 var mycket mild. Isen lade sig sent, gick upp tidigt och var tunn hela vintern. Snötäcket var litet detta år. Även vintern 1974/75 var en mild vinter. Isen lade sig i början av januari och var mycket tunn, ca 5 cm, till mitten av februari, då en köldperiod gjorde att isen växte till ca 20 cm. Vintern 1975/76 hade ungefär normala temperaturer, men den var mycket snöfattig, vilket gjorde att isen kunde växa mycket.



Figur 13. Istillsättdiagram för sjön Båven samt lufttemperatur, dygnsmedelvärden, från Eskilstuna, fyra olika vintrar.

Stöpis och dubbla islager

I tabell 6 visas andelen vintrar då stöpis respektive dubbla isar uppmätts vid något tillfälle under säsongen. Sjöarna i norra Sverige har betydligt fler vintrar med stöpis. Dessa sjöar är istäckta under långa perioder och det är större chans att uppvattning och stöpning ska förekomma. Den snö som faller i norra Sverige ackumuleras i större utstäckning och bildar ofta stöpis medan snön som faller i södra Sverige ofta smälter. I de flesta sjöar i norra Sverige utförs istjockleksmätningar en gång varje vecka mot varannan i södra Sverige. Därför kan man i södra Sverige missa kortare perioder med stöpis eller dubbla isar. De sjöar där det är vanligast med dubbla islager är Bygdeträsket, Gäutajaure och Lännässjön, där det ofta förekommer flera uppvattningar varje säsong.

Tabell 6. Andelen vintrar med överis respektive stöpis på sjöarna vid något mättillfälle under vintern. Värdena anges som andelen av de vintrar det finns is på sjön.

Sjö	Andelen vintrar med stöpis	Andelen vintrar med dubbla isar
	(%)	(%)
Torneträsk	95	18
Bygdeträsket	91	91
Gäutajaure	93	89
Ströms Vattudal	-	53
Lännässjön	95	74
Stödesjön	94	53
Siljan	98	41
Runn	95	23
Båven	91	30
Rocksjön	48	13
Vättern	35	0
Glan	68	14
Yxern	74	16
Nömmen	66	34
Allgunnen (II)	83	43
Rottnen	82	23
Norrsjön	84	36
Ivösjön	56	3
Möckeln	74	30
Osbysjön	75	30
Böringesjön	30	5
Västra Ringsjön	78	12
Allgunnen (I)	68	39
Vidöstern	74	42
Vikaresjön	69	6
Åsunden	44	2
Holsjön	61	20
Sundsjön	76	7
Övre Fryken	84	30
Stora Le	34	10
Ömmeln	57	21
Vänern	58	12
Ellenösjön	77	3
Bullaresjön	58	23

DISKUSSION

I många av figurena i rapporten visas ett geografiskt mönster över isförhållandena i olika delar av landet. Trots att analyserna enbart bygger på istjockleksmätningar för 35 sjöar ger den troligtvis en bra översikt över isförhållanden i landet. Man bör dock inte dra alltför detaljerade slutsatser, eftersom resultatet i viss mån beror på vilka sjöar som finns med i analysen. Areal, djupet och genomströmningen skiljer sig mycket mellan mätsjöarna. Dessa faktorer påverkar främst isläggningstidpunkten och istjockleken i början av vintern. I de sjöar som isläggs sent tillväxer isen ofta fortare och blir ungefär lika tjock som i en närliggande sjö med tidig isläggning. Detta gäller dock inte de mycket stora sjöarna Vänern och Vättern som ofta inte har något istäcke eller lägger sig mycket sent. Några av sjöarna avviker från mönstret i figurena, främst Ströms Vattudal och Vikaresjön, som båda har tunnare is än mätsjöarna i närheten. Att Vikaresjön avviker kan bero på att den har mycket stor genomströmning som påverkar isförhållandena. De redovisade istjocklekarna gäller större delen av sjöarna, men det bör dock påpekas att tunnare is ofta förekommer i sjöns inlopp och utlopp, i sund, utanför uddar och över grund.

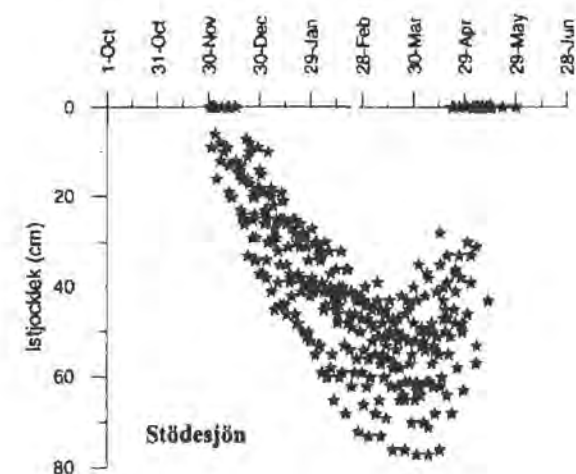
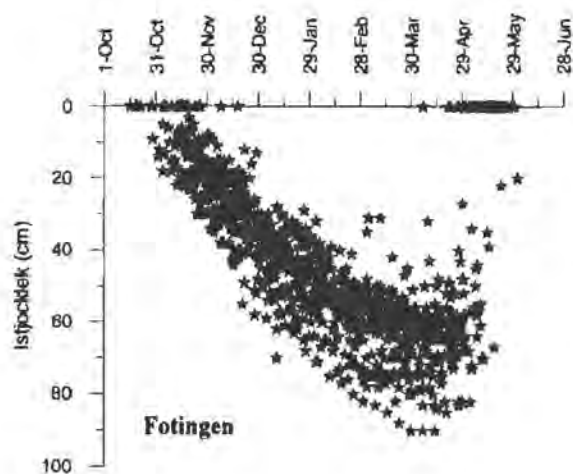
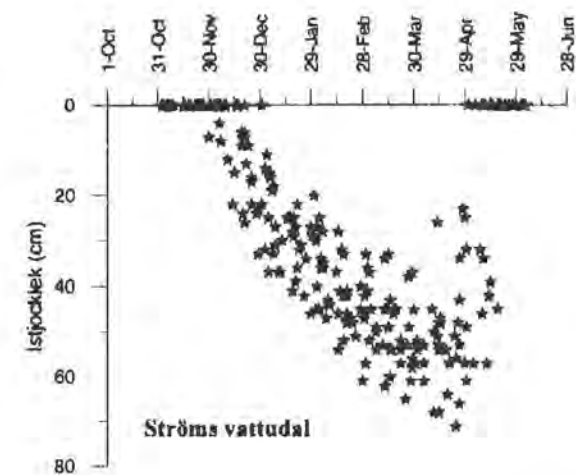
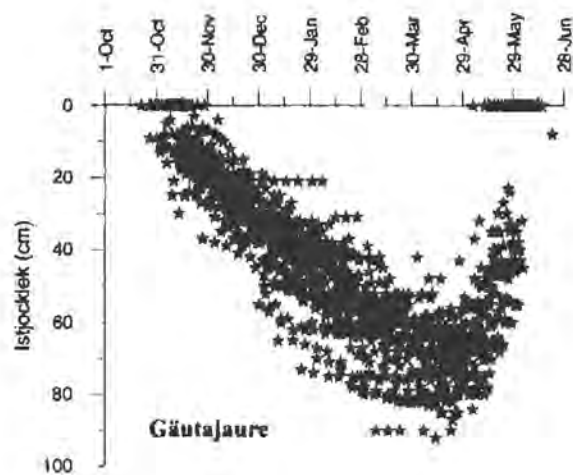
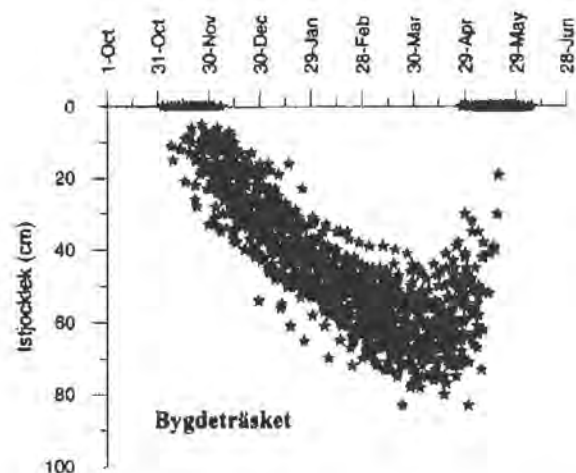
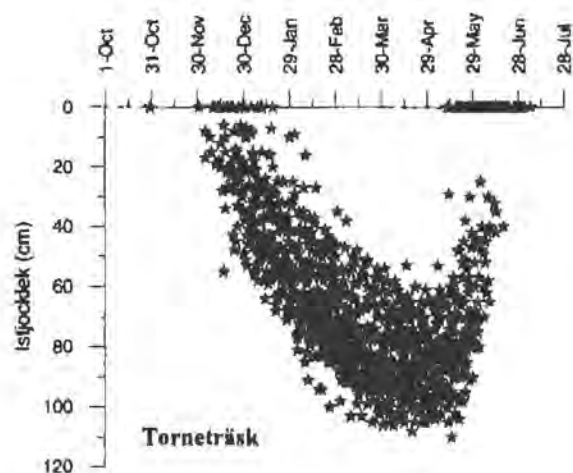
I dag sker mätningar av istjockleken i vissa sjöar var 14:e dag och i andra sjöar en gång per vecka. Jag anser att mätningar i framtiden borde ske lika ofta i alla sjöar, helst en gång per vecka. Mätningar av istjockleken bör även fortsättningsvis ske i dessa sjöar, eftersom normalförhållanden finns beräknade. Det kommer troligen inte att finnas resurser för någon utökning av stationsnätet.

REFERENSER

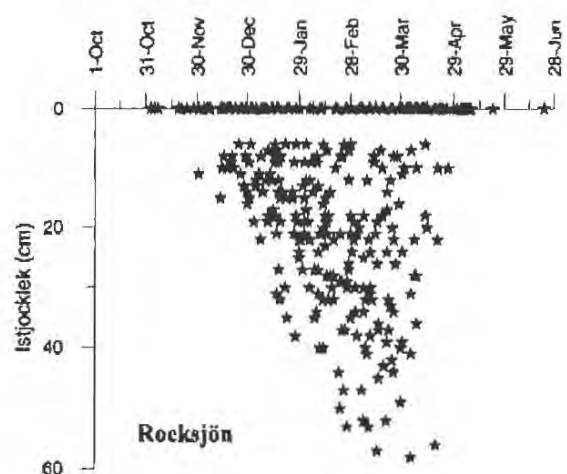
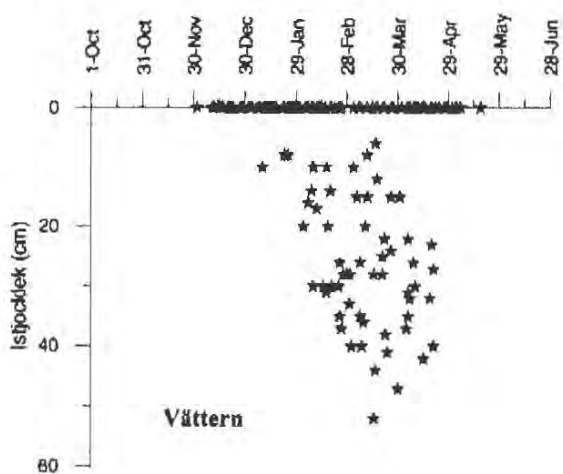
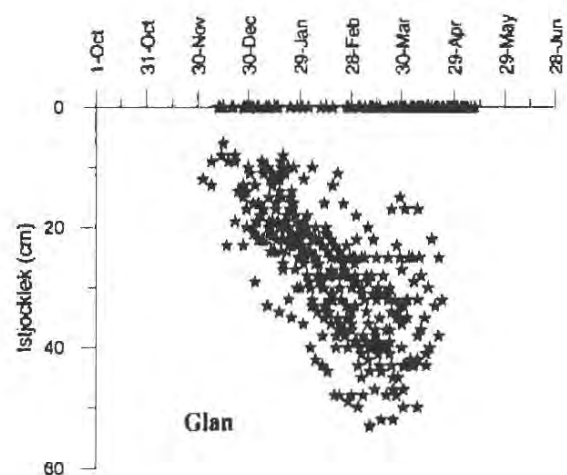
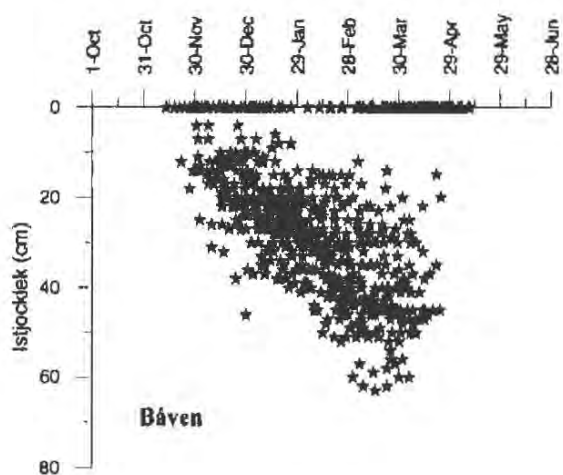
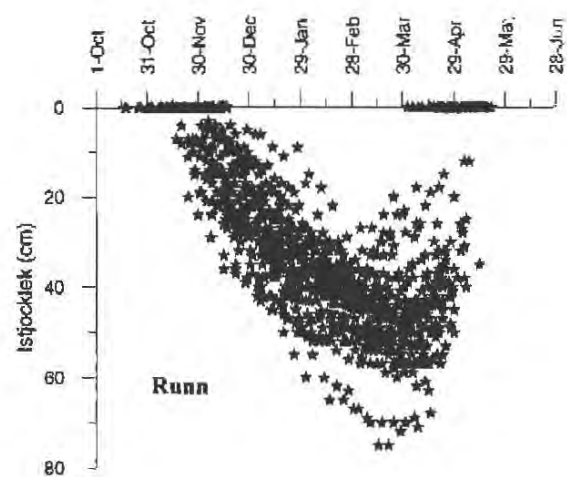
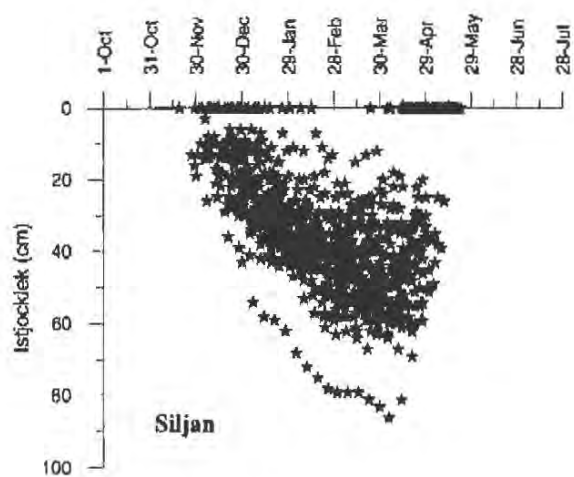
- Ashton, G. D. (1986). River and lake ice engineering. Water resources publications, Colorado, USA.
- Fremling, Sven (1951). Is på sjöar och älvar. Omarbetad 1991 och 1997 av Thore Karlin och Birgitta Raab. SMHI.
- Fremling, Sven (1977). Sjöisars beroende av väder och vind, snö och vatten. SMHI Rapport RHO 12.
- Friluftsrådet. (1997). Isboken.
- Gezelius, Rolf (1982). Långfärdsåkning på skridskor. Lindblads Bokförlag, Stockholm.
- Lindh, Gunnar och Falkenmark, Malin. (1972). Hydrologi. En inledning till vattenresursläran. Studentlitteratur.
- SMHI (1970-1980). Hydrologiska iakttagelser i Sverige. SMHIs årsbok för respektive år.
- Sveriges Nationalatlas (1995). Band 14, Klimat, sjöar och vattendrag. Bra Böckers förlag, Höganäs.

BILAGA I

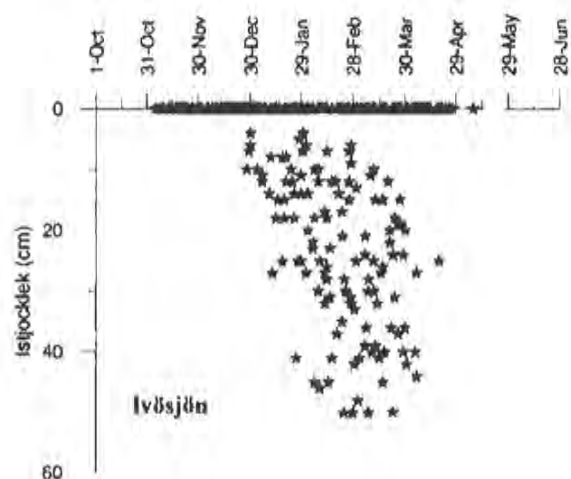
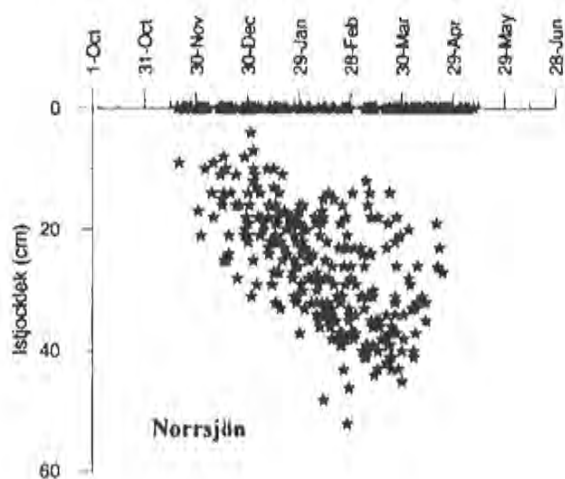
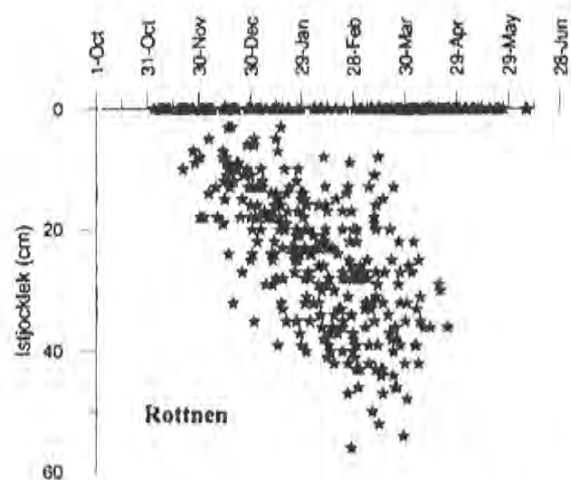
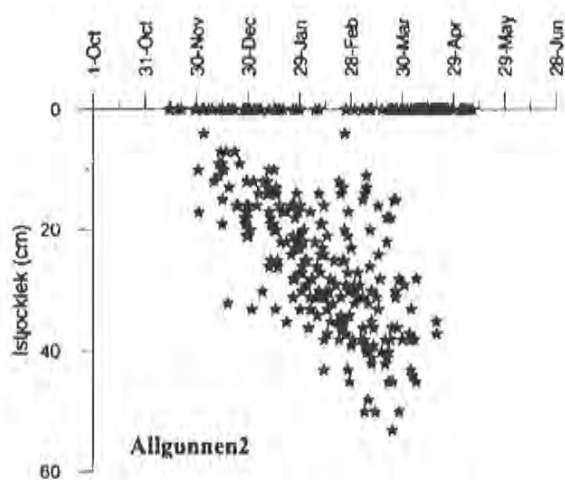
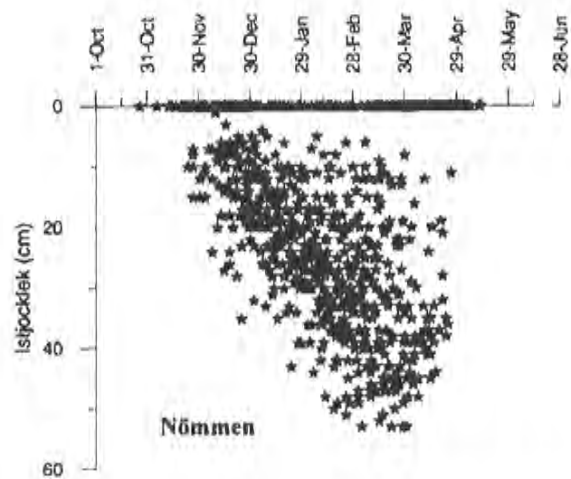
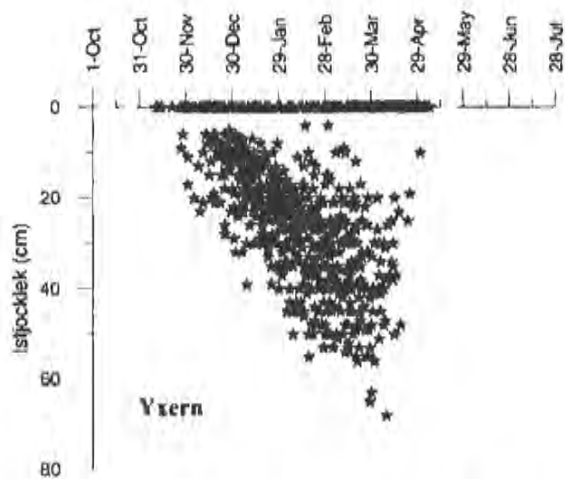
Samtliga uppmätta istjocklekar



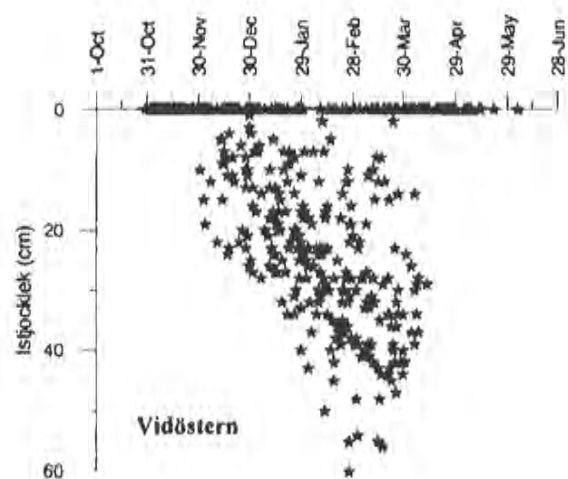
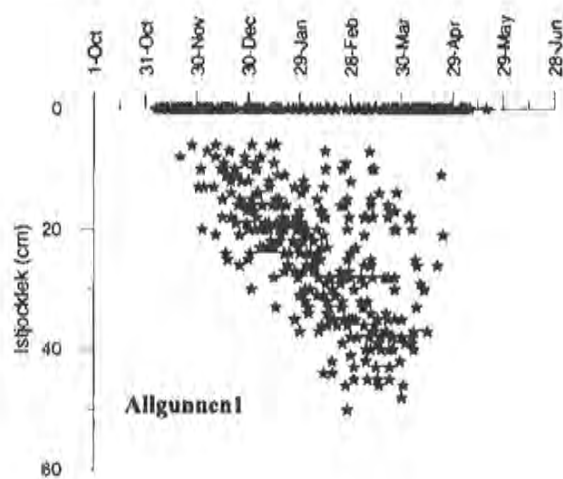
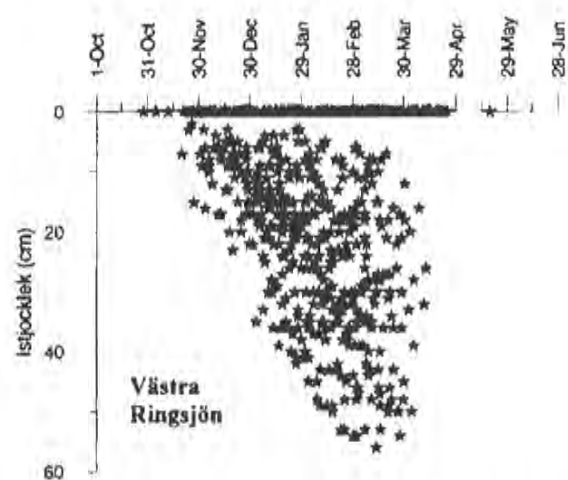
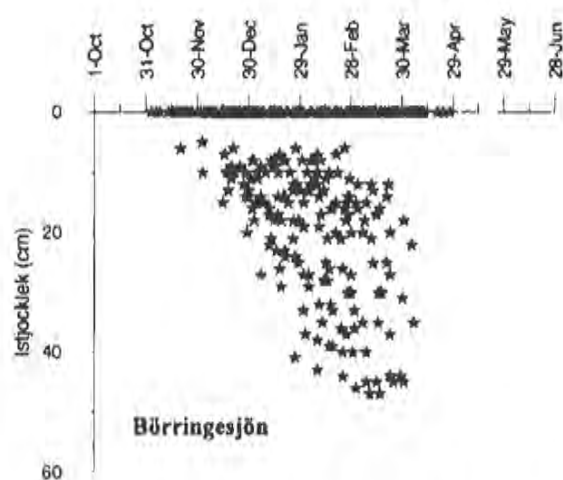
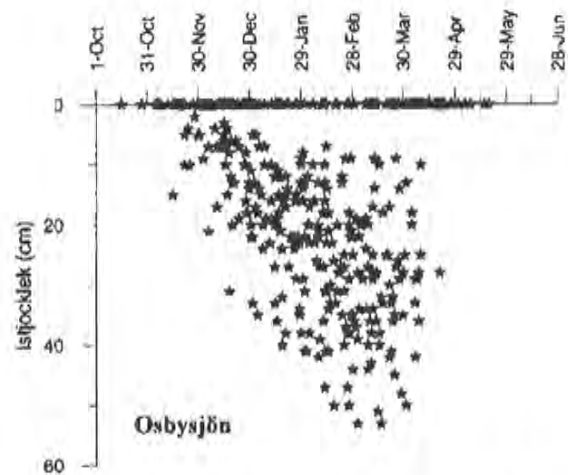
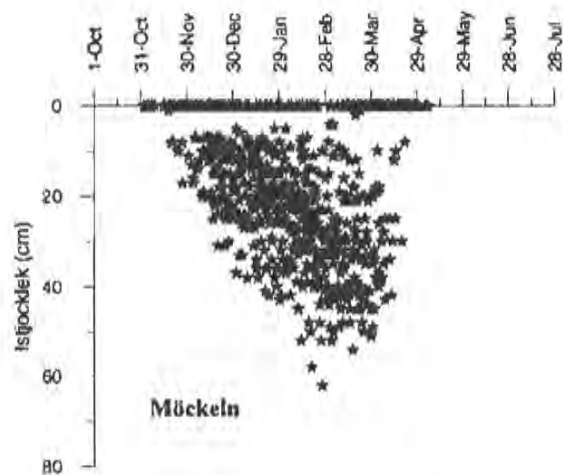
Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.



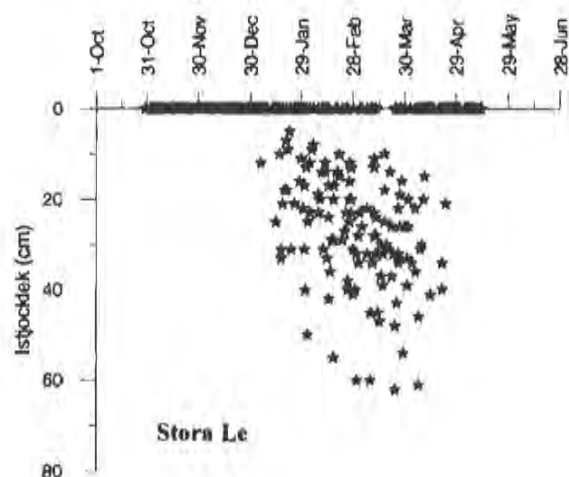
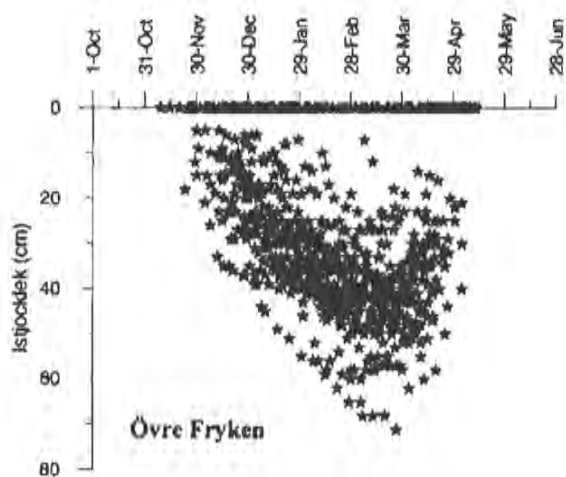
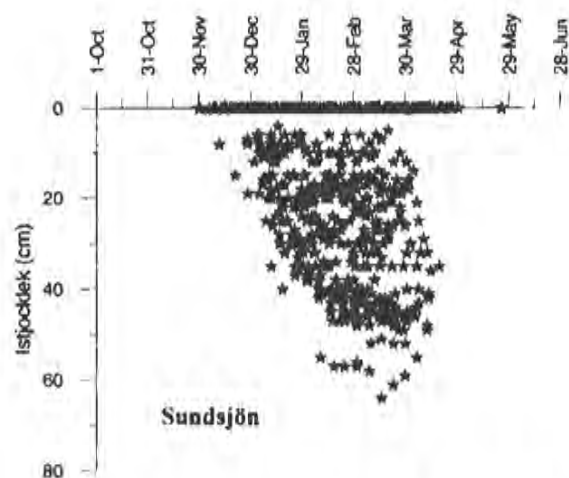
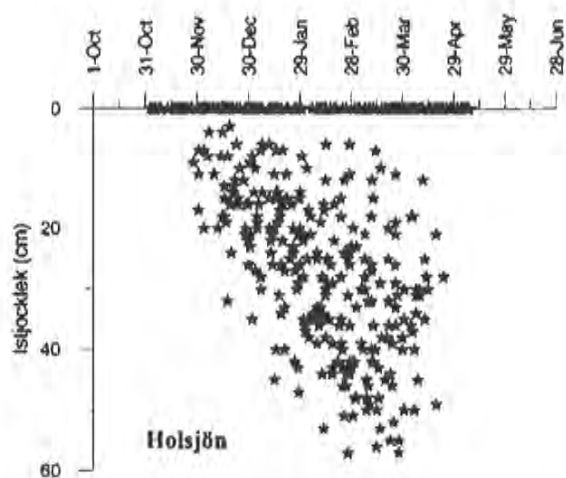
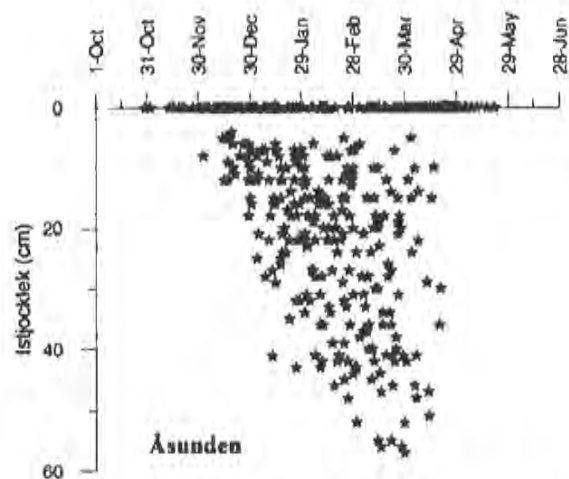
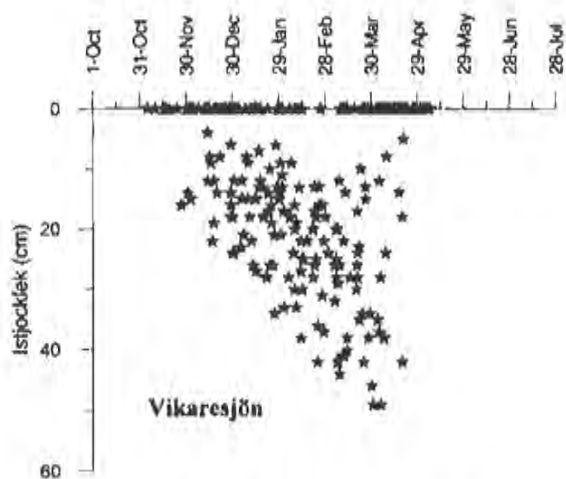
Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.



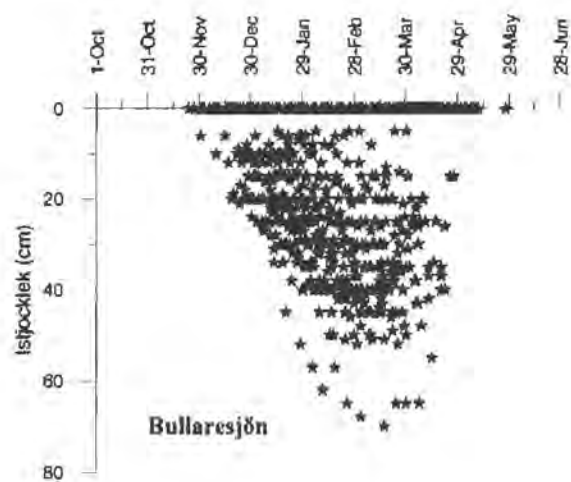
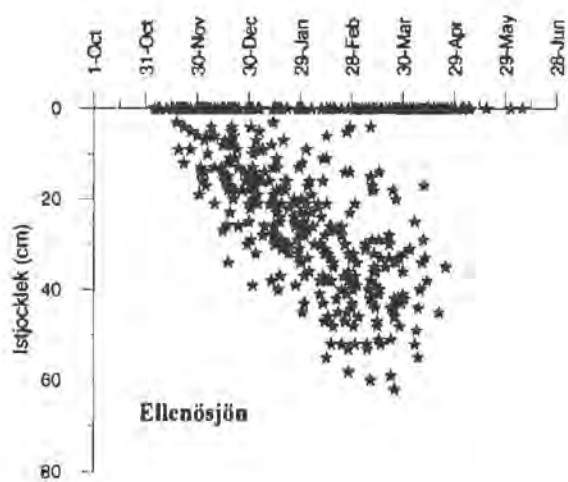
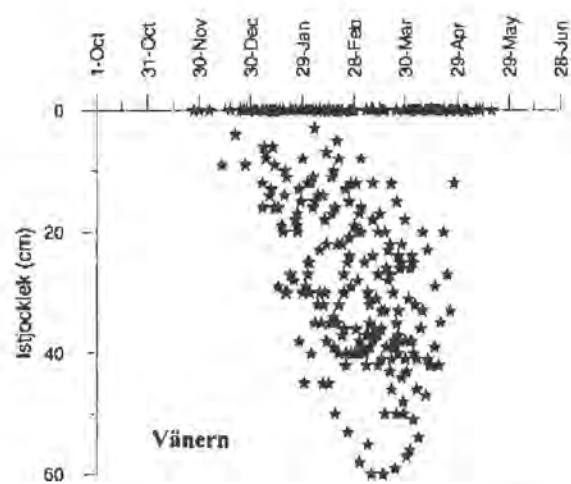
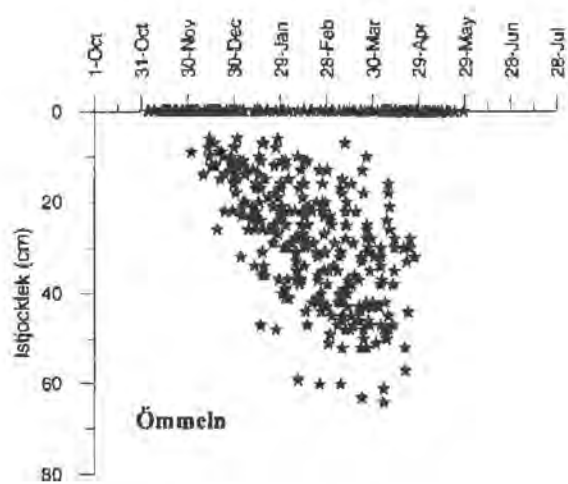
Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.



Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.



Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.



Samtliga uppmätta istjocklekar i respektive sjö.

BILAGA 2

Tabeller över istjockleksstatistik

Sjö	Medel av varje års största istjocklek (cm)	Istjocklek i mitten av december (cm)			Istjocklek i mitten av januari (cm)		
		Min	Median	Max	Min	Median	Max
Torneträsk	88	0	0	55	0	47	66
Bygdeträsket	66	7	25	40	16	40	61
Gäutajaure	72	10	28	41	21	40	65
Ströms Vattudal	52	0	7	26	22	28	41
Lännässjön	68	0	29	55	28	45	63
Stödesjön	57	0	14	33	19	37	48
Siljan	50	0	0	36	0	31	59
Runn	49	0	17	37	9	33	50
Båven	40	0	0	32	0	25	38
Rocksjön	26	0	0	15	0	9	35
Vättern	31	0	0	0	0	0	10
Glan	35	0	0	23	0	17	34
Yxern	36	0	0	23	0	18	33
Nömmen	35	0	6	28	0	21	43
Allgunnen (II)	34	0	0	32	0	17	35
Rottnen	33	0	0	32	0	16	39
Norrsjön	33	0	0	25	0	18	33
Ivösjön	18	0	0	0	0	0	27
Möckeln	33	0	7	31	0	17	42
Osbysjön	28	0	2	31	0	14	40
Börringesjön	21	0	0	15	0	8	29
Västra Ringsjön	30	0	0	23	0	14	40
Allgunnen (I)	32	0	0	25	0	18	28
Vidöstern	32	0	0	24	0	17	34
Vikaresjön	22	0	0	22	0	0	28
Åsunden	30	0	0	12	0	12	41
Holsjön	34	0	0	32	0	15	45
Sundsjön	27	0	0	15	0	6	40
Övre Fryken	43	0	6	36	0	28	51
Stora Le	20	0	0	0	0	0	33
Ömmeln	35	0	0	26	0	17	47
Vänern	22	0	0	9	0	0	40
Ellenösjön	36	0	9	34	0	20	40
Bullaresjön	32	0	0	20	0	15	45

Sjö	Istjocklek i mitten av februari (cm)			Istjocklek i mitten av mars (cm)			Istjocklek i mitten av april (cm)		
	Min	Median	Max	Min	Median	Max	Min	Median	Max
Torneträsk	39	67	94	48	82	103	53	86	108
Bygdeträsket	37	51	72	39	60	83	41	60	80
Gäutajaure	31	54	78	42	62	92	48	68	92
Ströms Vattudal	28	42	54	33	49	62	26	51	68
Lännässjön	39	55	77	31	61	88	0	60	90
Stödesjön	37	46	68	39	53	76	0	46	76
Siljan	0	41	75	13	47	81	0	38	81
Runn	18	41	65	24	46	75	0	39	68
Båven	0	32	51	0	35	63	0	0	50
Rocksjön	0	18	50	0	17	57	0	0	56
Vättern	0	0	31	0	0	52	0	0	42
Glan	0	31	48	0	32	53	0	0	43
Yxern	0	27	55	0	28	55	0	0	68
Nömmen	0	29	50	0	31	53	0	0	44
Allgunnen (II)	0	28	43	0	32	50	0	0	37
Rottnen	0	25	42	0	27	52	0	0	36
Norrsjön	0	30	48	0	27	44	0	0	35
Ivösjön	0	4	50	0	0	50	0	0	25
Möckeln	0	26	58	0	27	54	0	0	42
Osbysjön	0	23	50	0	25	53	0	0	28
Börringesjön	0	14	44	0	0	47	0	0	0
Västra Ringsjön	0	18	53	0	0	56	0	0	0
Allgunnen (I)	0	28	44	0	28	46	0	0	37
Vidöstern	0	25	50	0	15	56	0	0	29
Vikaresjön	0	13	42	0	0	44	0	0	42
Åsunden	0	20	46	0	20	56	0	0	51
Holsjön	0	28	53	0	29	56	0	0	49
Sundsjön	0	20	57	0	18	64	0	0	49
Övre Fryken	0	37	62	0	40	68	0	0	60
Stora Le	0	10	55	0	24	60	0	0	41
Ömmeln	0	25	60	0	37	63	0	0	57
Vänern	0	3	50	0	0	60	0	0	47
Ellenösjön	0	31	55	0	31	60	0	0	45
Bullaresjön	0	28	62	0	20	70	0	0	55

Sjö	Medel av antal dagar med istjocklek större än			Andelen vintrar (%) med istjocklek större än		
	15 cm	30 cm	45 cm	15 cm	30 cm	45 cm
Torneträsk	155	143	130	100	100	100
Bygdeträsket	159	125	95	100	100	100
Gäutajaure	185	149	105	100	100	100
Ströms Vattudal	135	105	66	100	94	83
Lännässjön	156	126	96	100	100	100
Stödesjön	128	102	68	100	100	94
Siljan	117	95	41	100	95	67
Runn	135	99	39	100	100	74
Båven	98	45	0	100	72	32
Rocksjön	41	0	0	70	44	12
Vättern	0	0	0	34	18	3
Glan	84	35	0	100	70	15
Yxern	74	0	0	98	62	21
Nömmen	77	18	0	93	65	19
Allgunnen (II)	71	19	0	100	71	9
Rottnen	71	0	0	98	56	12
Norrsjön	75	3	0	98	65	5
Ivösjön	0	0	0	54	29	7
Möckeln	71	0	0	98	60	10
Osbysjön	59	0	0	81	47	9
Börtingesjön	0	0	0	65	21	5
Västra Ringsjön	30	0	0	79	40	19
Allgunnen (I)	86	0	0	100	58	9
Vidöstern	62	0	0	88	58	9
Vikaresjön	0	0	0	68	34	7
Åsunden	51	0	0	84	53	16
Holsjön	78	0	0	88	58	23
Sundsjön	51	0	0	81	41	19
Övre Fryken	102	72	0	100	84	42
Stora Le	26	0	0	63	42	8
Ömmeln	86	30	0	95	67	31
Vänern	0	0	0	80	50	17
Ellenösjön	80	33	0	95	65	30
Bullaresjön	65	2	0	90	60	14

SMHI ger ut sex rapportserier. Tre av dessa, R-serierna är avsedda för internationell publik och skrivs därför oftast på engelska. I de övriga serierna används det svenska språket.

Seriernas namn	Publiceras sedan
RMK (Rapport Meteorologi och Klimatologi)	1974
RH (Rapport Hydrologi)	1990
RO (Rapport Oceanografi)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

I serien HYDROLOGI har tidigare utgivits:

- 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 Haldor 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)
Frys förluster 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 (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 1. Vattendrag till Bottenviken.
- 41 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Vattenföring i Sverige. Del 2. Vattendrag till Bottenhavet.
- 42 Svenskt Vattenarkiv (1993)
Vattenföring i Sverige. Del 3. Vattendrag till Egentliga Östersjön.

- 43 Svenskt Vattenarkiv (1994)
Vattenföring i Sverige. Del 4. Vattendrag till Västerhavet.
- 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 Ume-älven 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. Översvämningskänsliga 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 (1995)
Svenskt dammregister - Norra Sverige.
- 57 Martin Häggström (1994)
Snökartering i svenska fjällområdet med NOAA-satellitbilder.
- 58 Hans Bertil Wittgren (1995)
Kvävetransport till Slätbaken från Söderköpingsåns avrinningsområde
- 59 Ola Pettersson (1995)
Vattenbalans för fältforskningsområden.
- 60 Barbro Johansson, Katarina Losjö, Nils Sjödin, Remigio Chikwanha and Joseph Merka (1995)
Assessment of surface water resources in the Manyame catchment - Zimbabwe.
- 61 Behzad Kouchehi (1995)
Ålvtemperaturers variationer i Sverige under en tioårsperiod.
- 62 Svenskt Vattenarkiv (1995)
Sänkta och torrlagda sjöar.
- 63 Malin Kanth (1995)
Hydrokemi i fältforskningsområden.
- 64 Mikael Sundby, Rikard Lidén, Nils Sjödin, Helmer Rodriguez, Enrique Aranibar (1995)
Hydrometeorological Monitoring and Modelling for Water Resources Development and Hydropower Optimisation in Bolivia.
- 65 Maja Brandt, Kurt Ehlert (1996)
Avrinningen från Sverige till omgivande hav.
- 66 Sten Lindell, Håkan Sanner, Irena Nikolushkina, Inita Stikute (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Latvia
- 67 Sten Lindell, Bengt Carlsson, Håkan Sanner, Alvina Reihan, Rimma Vedom (1996)
Application of the integrated hydrological modelling system IHMS-HBV to pilot basin in Estonia
- 68 Sara Larsson, Rikard Lidén (1996)
Stationstäthet och hydrologiska prognoser.

- 69 Maja Brandt (1996)
Sedimenttransport i svenska vattendrag
exempel från 1967-1994.
- 70 Svenskt Vattenarkiv (1996)
Avrinningsområden i Sverige. Del 4.
Vattendrag till Västerhavet.
- 71 Svenskt Vattenarkiv (1996)
Svenskt sjöregister. 2 delar
- 72 Sten Lindell, Lars O Ericsson, Håkan
Sanner, Karin Göransson SMHI
Malgorzata Mierkiewicz , Andrzej
Kadlubowski, IMGW (1997)
Integrated Hydrological Monitoring and
Forecasting System for the Vistula River
Basin. Final report.
- 73 Maja Brandt, Gun Grahn (1998)
Avdunstning och avrinningskoefficient i
Sverige 1961-1990. Beräkningar med HBV-
modellen.
- 74 Anna Eklund (1998)
Vattentemperaturer i sjöar, sommar och
vinter - resultat från SMHIs mätningar.
- 75 Barbro Johansson, Magnus Edström,
Katarina Losjö och Sten Bergström (1998)
Analys och beräkning av
snösmältningsförlopp.

SMHI's publications

SMHI publishes six report series. Three of these, the R-series, are intended for international readers and are in most cases written in English. For the others the Swedish language is used.

Names of the Series	Published since
RMK (Report Meteorology och Climatology)	1974
RH (Report Hydrology)	1990
RO (Report Oceanography)	1986
METEOROLOGI	1985
HYDROLOGI	1985
OCEANOGRAFI	1985

Earlier issues published in serie RH

1. Sten Bergström, Per Sandén and Marie Gardelin (1990)
Analysis of climate-induced hydrochemical variations in till aquifers.
2. Maja Brandt (1990)
Human impacts and weather-dependent effects on water balance and water quality in some Swedish river basins.
3. Joakim Harlin (1992)
Hydrological modelling of extreme floods in Sweden.
4. Sten Bergström (1992)
The HBV model - its structure and applications.
5. Per Sandén and Per Warfvinge (1992)
Modelling groundwater response to acidification.
6. Göran Lindström (1993)
Floods in Sweden — Trends and occurrence.
7. Sten Bergström and Bengt Carlsson (1993)
Hydrology of the Baltic Basin. Inflow of fresh water from rivers and land for the period 1950 - 1990.
8. Barbro Johansson (1993)
Modelling the effects of wetland drainage on high flows.
9. Bengt Carlsson och Håkan Sanner (1994)
Influence of river regulation on runoff to the Gulf of Bothnia. Gulf of Bothnia Year 1991.
10. Göran Lindström, Marie Gardelin and Magnus Persson (1994)
Conceptual modelling of evapotranspiration for simulations of climate change effects.
11. Vacant
12. Göran Lindström, Marie Gardelin, Barbro Johansson, Magnus Persson och Sten Bergström (1996)
HBV-96 - En areellt fördelad modell för vattenkraftshydrologin.
13. Berit Arheimer, Maja Brandt, Gun Grahm, Elisabet Roos och Allan Sjöo (1997)
Modellerad kvävetransport, retention och källfördelning för södra Sverige.
14. Bengt Carlsson, Sten Bergström (1998)
The TELFLOOD project. Rainfall -Runoff Modelling and forecasting.





Sveriges meteorologiska och hydrologiska institut
601 76 Norrköping
Tel 011-495 80 00 · Fax 011-495 80 01