



**Modell för prognos av tidpunkt och
karaktär för islossningen i Torneälven.**

Keksis kväde

*Skaparen har sänt oss sommar
Herren hugnar oss med blida
Men Maria bringar barmark
för ett flöde ifrån fjällen
Vältrar vatten utför bergen
tar den uti Torneälven*

*Floden flyttar Simus holme
dräper också Juusos oxe
Tar en lägda i Lovikka
gör i Pajala ett ofög
Ger ett skär och tar en lägda
stjälper skäret över ängen*

*Floden riste Mommas matbord
förde bort all säd för Sirma
Därav fick nu hela Lappland
öl i överflöd att dricka
De som gå i gårmhålspälsar
sörja sina strupars torka*

*Floden pulsar Pello präktigt
sopar ladorna från sjöstrand
Turtola slapp inte undan
där var vinterkvarnen krossad
Juoksenki fick ge sig undan
den berömda byn fick respass*

*Juntti skuttade till skogen
med sin boskap, sina redskap
Med allt pick och pack han hade
i ett träd han tar sin tillflykt
Lovar andaktsfullt att offra
att ge kyrkan sköna skänker*

*Om blott herren hjälper honom
att han hittar hemmet åter
Floden far mot Marjosaari
det har jag Keksi sett från kullen
blickat ned från branta backen
Torakankorvas trygga fäste*

*Fram till Kukkola gick floden
där blev Harila förhärjat
Isen hälsa på hos Paulus
floden frakta med sig kvarnen
Gummorna de gny och gorma
ty de måste has med handkvarn*

*Långa tåg av lador driva
därav vankas ved i massor
och begärligt gårdsgårdsvirke
Vojakkala vann på saken
goda fiskegrubbor grävdes
som man kunde lyfta lax ur*

*Där ficks fisk som färsk förtärdes
skäggen skeno skönt av fiskflott
Så stack floden av mot staden
slog saltbodarna till marken
O du Kristian Erkinpoika
drag du hädan uti havet*

*Du må aldrig komma åter
för att skövla Torne trakter
Mätte solen nu dig sänka
mätte havets svalg dig svälja*

Detta såg med egna ögon Antti Mikkelinpoika Keksi år 1677
A.M Keksi/JP Nyströms

Modell för prognos av tidpunkt och karaktär för islossningen i Torneälven.

Calle Granström

1. Abstract

The ice break-up in Torneälv has caused a lot of problems in history. SMHI has reviewed the Swedish prediction model for ice break-up time and level of severity. The aim was to construct a physically explainable model that produces better result than previous methods and which relies on available data.

The model for prediction of the time of ice break-up is based on a temperature index called TSD40 that counts the positive degree (C°) sum. In addition, the results are corrected for the flow conditions at freeze-up.

Thresholds and discriminant functions are used in the model and the ice break-ups is categorised in light, average and severe. The sum of minimum daily air temperatures for April, the ice thickness, the increase of water flow and the winter precipitation was found to be valuable parameters when predicting the severity.

The model produces good results when using measured data, 87 percent correct predictions. Errors are more frequent when using modelled data, 77 percent correct predictions. The overall results show that the model is controlled, useable and considerably better than the previous model.

The Finnish Environment Institute has contributed with valuable data and knowledge in the making of the model.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1. ABSTRACT	1
2. SAMMANFATTNING	5
3. BAKGRUND	5
3.1. Problemställning	5
3.2. Tidigare arbeten	5
3.2.1. Kathleen D White 1987, Predicting Breakup Ice Jams Using Logistic Regression	5
3.2.2. Forsius och Granholm 1987, Statistical model for prediction of ice breakup in River Torneälven	6
3.2.3. Torbjörn Jutman 1989, Prognos för islossning i Torneälven vid Haparanda – Karaktär och tidpunkt	6
3.2.4. Kathleen D White 2003, Review of prediction methods for breakup ice jams	6
4. METOD	6
4.1. Definitioner	6
4.1.1. Islossningskaraktär	6
4.1.2. Islossningsdag	6
4.2. Ansats	6
4.3. Undersökta samband och relevanta indataserier	7
4.3.1. Isläggningsdag	8
4.3.2. Temperaturparametern TSD40	8
4.3.3. DIQ, Dag för isläggningsflöde	8
4.3.4. Istjocklek i Torneå 15 april	8
4.3.5. Temperaturparametern Mintempsumma April	9
4.3.6. Flödesändringen i Kukkolankoski/Karunki	9
4.3.7. Vinternederbörd	9
4.3.8. Aprilnederbörd	9
4.3.9. Övriga undersökta parametrar	9
4.4. Prognosmetoder	10
4.4.1. Prognosmetod för islossningsdag	10
4.4.2. Prognosmetod för svårighetsgrad av islossning	10
4.5. Beräkning och presentation	13
5. RESULTAT	14
5.1. Prognos för islossningsdag	14
5.2. Prognos för svårighetsgrad av islossning	15
5.3. Förbättringsmöjligheter	16
6. VERIFIKATION	16
7. REFERENSER	16

8. BILAGA 1: INDATAMATRIS	18
9. BILAGA 2: FÖRDJUPAD STUDIE AV RESULTAT	20

2. Sammanfattning

Eftersom islossningen i Torneälven kan orsaka stora skador så finns behov av att veta när och hur svår islossningen blir. Detta är en utveckling av SMHI:s modell för att prognosera tid och karaktär på islossningarna i Torneälven. Målet var att göra en modell som ger bättre resultat än den gamla och som bygger på tillförlitliga och mätbara parametrar.

Modellen för prognos av datum för islossning är baserad på ett temperaturindex som heter TSD40 och som summerar positiva graddagar. Regressionen med TSD40 kompletteras med en korrektion för flöde vid isläggning. Resultatet är prognoser med ett r^2 -värde (beskriver modellens träffsäkerhet) på 0,71 och medelfelet ca 2 dagar.

Trösklar och diskriminantanalys har används i modellen för svårighetsgrad och islossningarna är kategoriserade i lätt, medel och svår. Summan av de dagliga minimitemperaturerna i april, istjocklek, flödesökning och vinternederbörd visade sig vara användbara parametrar när man ska prognosera svårighetsgrad.

Resultaten när det gäller svårighetsgrad är bäst när man använder uppmätt data, 87 % korrekta prognoser. Om man istället använder indata skapat av prognoser går träffsäkerheten ned till 77 %. Sammanfattningsvis ger modellen goda tolkade resultat som är användbara och den är bättre än den gamla modellen.

Finlands miljöcentral har bidragit med värdefulla data och kunskap i detta arbete.

3. Bakgrund

3.1. Problemställning

Islossningen i Torneälven har sedan länge orsakat både fruktan och förundran. Vid speciella betingelser kan stora isdämmor bildas och orsaka både översvämningar och förödelse från isflak. För att bättre kunna vara förberedd på islossningen är det värdefullt att veta när och hur allvarlig islossningen blir. Det finns en rad faktorer som påverkar prognosen av tidpunkt och svårighetsgrad, bl a flöde, temperatur och karaktären på vintern. För att konstruera en bra modell gäller det emellertid att hitta mätbara parametrar, som det dessutom finns en relativt lång tidsserie tillbaka i tiden för. Detta kan vara svårt.

Varje år gör SMHI prognoser för tidpunkt och svårighetsgrad. För att dessa prognoser ska vara så bra och tillförlitliga som möjligt görs nu en översyn av modellen.

3.2. Tidigare arbeten

Kort beskrivning av ett urval av tankegångar som har använts i arbetet med denna model:

3.2.1. Kathleen D White 1987, Predicting Breakup Ice Jams Using Logistic Regression

White skriver här om hur man kan dela tiden innan islossningen i olika faser. Faserna för isformation och islossning har samband med olika variabler. White använder ett flödesdiagram för att visa en enkel logisk tankeväg för vad som karaktäriserar en svår islossning.

3.2.2. Forsius och Granholm 1987, Statistical model for prediction of ice breakup in River Torneälven

I sin modell för islossningstidpunkt använder Finlands Miljöcentral förutom temperatursummor även skillnaden i vattenstånd vid isläggning respektive islossning. Två andra parametrar som används är nederbörds-korrigerade temperatursummor och vinterns sammanlagda nederbörd i form av snö.

3.2.3. Torbjörn Jutman 1989, Prognos för islossning i Torneälven vid Haparanda – Karaktär och tidpunkt

Detta är den modell som fram till nu används av SMHI. Modellen för islossningstidpunkt bygger på en regression av ett temperaturindex. Indexet beskriver temperaturlutvecklingen under smältningsförloppet. I prognosen för svårighetsgrad används flödesändring, temperaturindex, aprilnederbörd och vinternederbörd. Genom en sk diskriminantanalys kan olika svårighetsgrader gruppera sig på en yta. Hamnar prognosårets värden i ett område med många svåra islossningar är sannolikheten stor för att det blir en svår islossning.

3.2.4. Kathleen D White 2003, Review of prediction methods for breakup ice jams

Här beskrivs olika typer av prognosmodeller för islossningens svårighetsgrad. En rad olika typer av modeller finns och de är oftast mycket platsspecifika, dvs de kan troligen inte tillämpas på något annat vattendrag än den konstruerades för. Bland modellerna finns empiriska tröskelmodeller och statistiska modeller av olika slag.

Fler och fullständiga referenser finns i slutet av rapporten.

4. Metod

4.1. Definitioner

4.1.1. Islossningskaraktär

En svår islossning karaktäriseras av omfattande isdämmor med översvämningar och stora skador som följd. I denna kategori ingår för perioden 1960-2003 endast åren 1964, 1971, 1984, 1985 samt 1986.

En lätt islossning är en lugn islossning med inga eller få mindre isdämmor. Inga eller små skador rapporteras.

En medelsvår islossning är ett mellanting mellan svår och lätt som inte kan klassas som svår eller lätt.

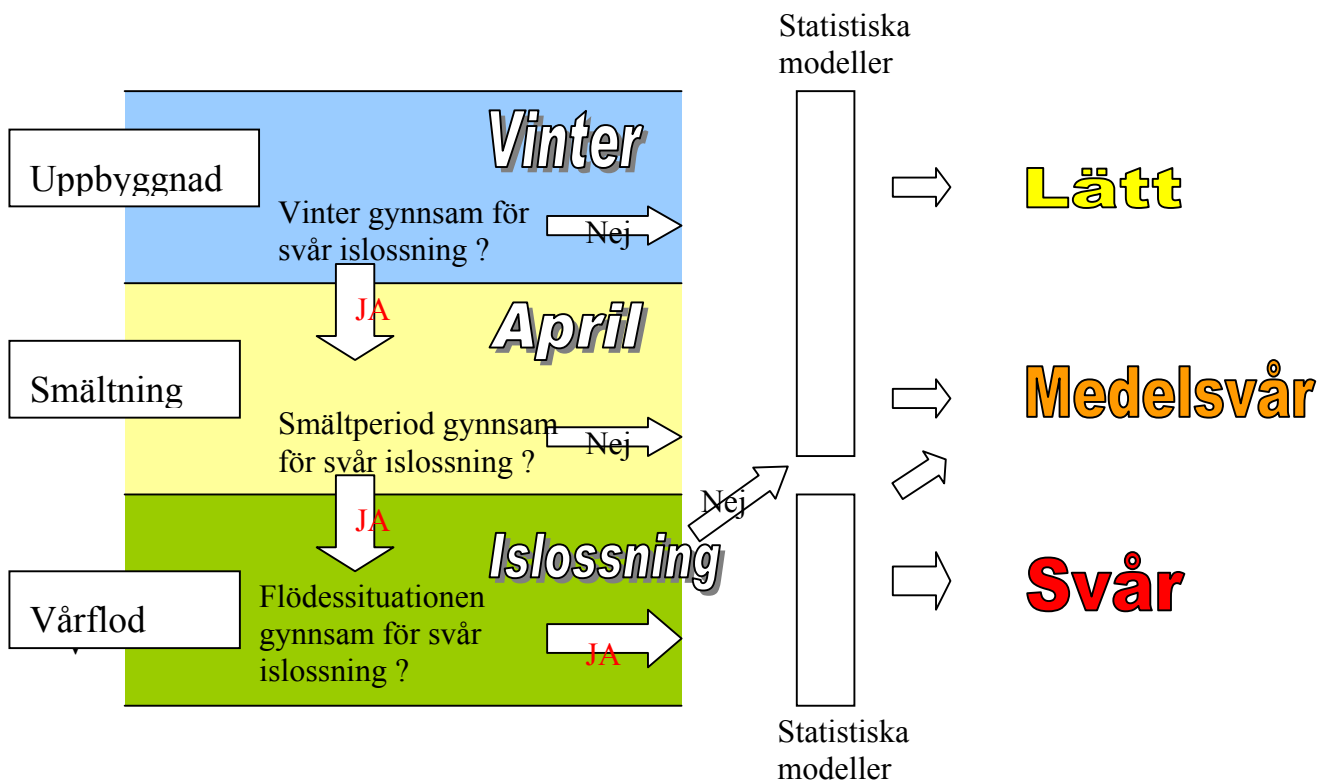
4.1.2. Islossningsdag

Det finns en lång tradition för vadslagning om när islossningen kommer igång i Torneå. En flotte placeras på isen för att se när det är islossning. Med islossningsdag menas i detta arbete dagen då denna istipningsflotte passerar mållinjen i Haparanda (Kajander 1993).

4.2. Ansats

Efter forskande i tidigare arbeten påbörjades sammanställning av data. Att döma av tidigare arbeten har temperaturparametrar en stor betydelse för islossningen. Vidare borde karaktären

på vintern ha betydelse eftersom det är då merparten av isen bildas. Även vattenföring borde ha betydelse för och vid själva islossningen.



Figur 1. Schematisk bild över den tänkta modellen

Förloppet kan alltså delas upp i tre olika faser, uppbyggnad (vintern), smältning (april) och islossning (tiden runt islossningen). För varje fas kan en eller flera viktiga variabler definieras. Förutsättningarna för en svår islossning bör finnas i varje steg för att islossningen i slutändan ska bli svår. Genom att använda en tröskelmetod kan man sälla ut de islossningar som har potential att kunna bli svåra. Trösklarna förhindrar att en viktiga parametrar förbises, detta kan t ex hända när en viktig parameter är låg medan de andra är ovanligt höga. För att ytterligare klassa islossningar kan ett statistiskt redskap användas. Redskapet ska kunna urskilja mönster i en stor mängd data och det ska i första hand kunna identifiera svåra islossningar och i andra hand lätta.

Den tänkta modellen illustreras i figur 1.

Tillgången till indata till prognosmodellerna måste vara säkerställd och felen i mätningen eller uppskattningen av dessa parametrar bör vara liten.

I tidigare arbeten framgår att den hittills bästa variabeln för att beräkna islossningsdag är temperaturindexet TSD40 (se förklaring under "Undersökta samband och relevanta indataserier").

4.3. Undersökta samband och relevanta indataserier

Uppgifter om temperatur och nederbörd finns i digital form på SMHI fr o m 1961-01-01. HBV-modellen för Torneälven kan i dagsläget köras fr o m 1968-01-01. Uppgifter om istjocklek kommer från Finlands Miljöcentral och finns sedan 1964 med endast några saknade

år. Ingen av parametrarna ger ett entydigt samband med karaktären på islossningen. Detta syns i diagrammen vid parameterbeskrivningar nedan. Diagrammen innehåller värden för åren 1964-2002 och är kodade med röd stapel om islossningen varit svår, blå om den varit medelsvår och grön om den varit lätt. Indatamatriken finns med i bilagan Indatamatrik.

4.3.1. Isläggningssdag

Isläggningssdag finns delvis noterat av Finlands miljöcentral. Tidsserien är emellertid inte komplett. För att fylla i luckorna modellerades isläggningssdagen med hjälp av en temperaturmodell (Lindström, Lövenius 2000). Modellen räknar ut en medeltemperatur av gårdagens uträknade värde och dagens uppmätta temperatur. Den största viktningen är på gårdagen och därför kommer temperaturvärdet att ”minnas” ett antal dagar bakåt i tiden. När den modellerade temperaturparametern understiger 0 C° räknar man med att isen lägger sig. Metoden har visat sig ge en bra indikation på när isläggningen ägde rum. Tidsserien med de observerade isläggningstiderna kompletterades således med beräknade.

$$\bar{T}_t = \bar{T}(1 - 0,04) + 0,04 \times T_A$$

T_A = Dagens lufttemperatur

$\bar{T}_t$ = Nytt beräknat värde

$\bar{T}$ = Gårdagens beräknade värde

Isläggningstiden används för att undersöka flödet vid tidpunkten. Flödet jämförs sedan med flödet vid islossning.

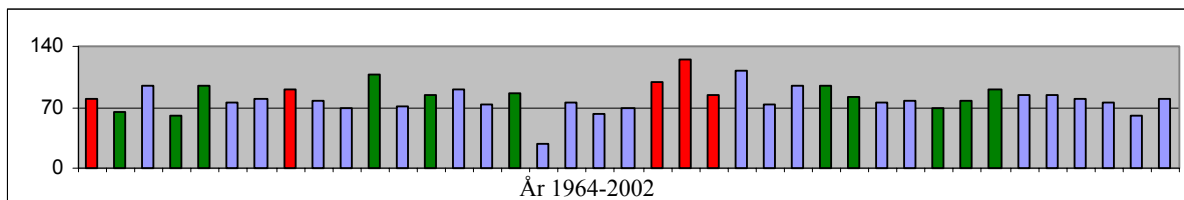
4.3.2. Temperaturparametern TSD40

Parameterns värde är det dagnummer, räknat från 1 april som temperatursumman överstiger 40. Inga negativa värden på summan tillåts under beräkningen, summeringen börjar i så fall om. Detta index beskriver smältningsföloppet.

4.3.3. DIQ, Dag för isläggningsflöde

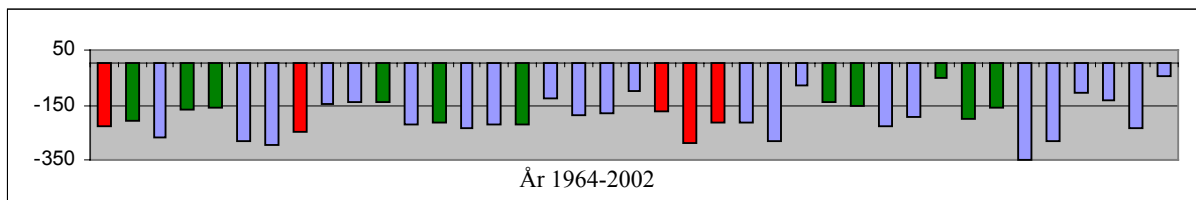
Den dag på våren, med dagnummer efter 1 april, då flödet i Kukkolankoski är det samma som vid isläggningen.

4.3.4. Istjocklek i Torneå 15 april



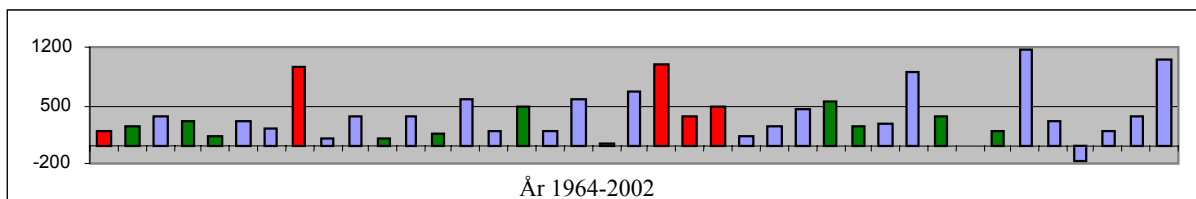
Istjockleken mäts av Finlands miljöcentral vid Torneå den 15 april. Enheten är cm. Luckor finns i serien. Värden för åren 1991-1992 har uppskattats med hjälp av ismätningar vid Kallio. För åren 1964-1965, 1973-1974, 1976 samt 1993 har värdet för 30 mars valts eftersom värde för 15 april ej finns för dessa år.

4.3.5. Temperaturparametern Mintempsumma April



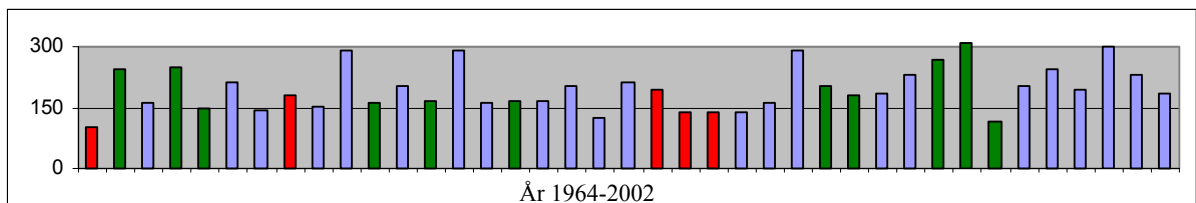
Parameterns värde är summan av de dagliga minimitemperaturerna för mätningarna i Pajala under april månad. Denna summa är ett mått på hur kalla nätterna har varit under april.

4.3.6. Flödesändringen i Kukkolankoski/Karunki



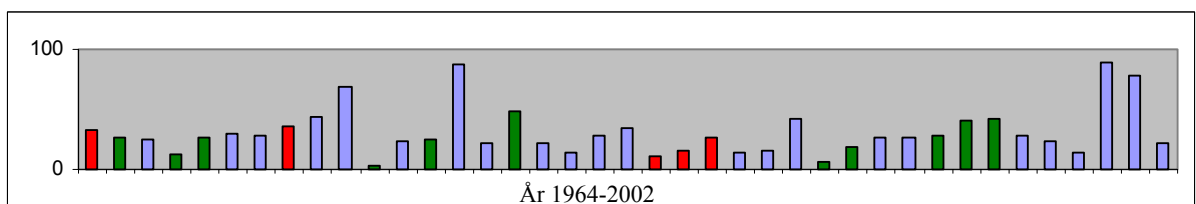
Flödet i Kukkolankoski/Karunki vid islossningsdag minus flödet på samma plats fem dagar innan. Enheten är m^3/s .

4.3.7. Vinternederbörd



Den sammanlagda mängden nederbörd i mm som fallit från 1 december till 30 april vid Haparanda.

4.3.8. Aprilnederbörd



Den sammanlagda mängden nederbörd i mm som fallit under april vid Haparanda.

4.3.9. Övriga undersökta parametrar

Följande parametrar har undersökts men har inte haft ett klart användbart samband med islossningen:

- Medeltemperatur från TSD00 till islossning.
- Flödesförändring från TSD40 och två dagar framåt i Pajala. Bra samband finns men risken för isdämning gör variabeln riskabel.

- TSD40, TSD30, TSD20, TSD00 i Pajala. Liknade till stor del värden från Haparanda. Inget speciellt kunde urskiljas ur skillnaden mellan temperaturindexen i Pajala och Haparanda.
- TPD45 i Haparanda. Samma som TSD40 fast med en korrektion för hur mycket nederbörd som föll. Justerar för något år men ger i det stora inget förbättring av prognosresultaten.
- Parametrar modellerade i HBV: Snö mängd vid TSD00, Markvatten vid TSD 00, vatteninnehåll i olika grundvattenzoner. Parametrarna kan ge indikationer för en del av åren. Bättre är emellertid att använda HBV för att modellera flödesökning direkt.
- Istjocklek i Kallio. Varje år kontrolleras flödesmätningarna vid Kallio. I samband med detta antecknas även isens tjocklek. Dessa mätningar finns sedan ett antal år tillbaka. Inget är emellertid antecknat om isens kvalitet. Vi har funnit att de finska istjockleksmätningarna i Torneå är bättre att använda i detta sammanhang. Ismätningarna i Kallio har i viss mån används för att komplettera tidsserien från Torneå.

4.4. Prognosmetoder

4.4.1. Prognosmetod för islossningsdag

Prognosen för islossningsdag bygger på temperaturindexet TSD40 och på DIQ (dagen då samma flöde uppnås som det var vid isläggning). Skillnaden från föregående metod (Jutman 1989) är att tidsserien är längre och att en justering för isläggningsflöde har lagts in.

Islossningsdag = $10,5 + 0,765 * TSD40 + [Om (DIQ - TSD40) > 0 \rightarrow 0,48 * (DIQ - TSD40) \text{ annars } 0]$

4.4.2. Prognosmetod för svårighetsgrad av islossning

Prognosmodellen kombinerar en tröskelmodell med en statistisk modell, se figur 1 i avsnittet Ansats.

Tröskelmodellen bygger på definitionen av vissa minimikrav för svår islossning. Första tröskeln speglar vintern. Här krävs en viss istjocklek (mätningar 15 apr i Torneå) för att isen ska kunna bilda stora isproppar vid vårfloden. Tröskeln är satt till 75 cm. Andra tröskeln har att göra med smältperioden. Här finns ett samband med summan av de dagliga minimitemperaturerna för stationen i Pajala under april. Som tröskelvärde har -150 C valts. Tredje tröskeln är vårfloden som mäts med flödesändringen i Kukkolankoski från fem dagar innan islossningen till islossningsdatumet. Som minsta flödesökning för att få svår islossning har värdet $150\text{ m}^3/\text{s}$ valts.

Den statistiska metoden bygger på diskriminantanalys. Med hjälp av två funktioner kan man få en separation av svårighetsgrader för olika års islossningar. De värden som funktionerna ger (x och y) kan användas i ett diagram där t ex de svåra islossningarna samlas i ett speciellt fält. Tre olika diskriminantbearbetningar gjordes. En för att skilja ut de svåra åren, en för att skilja ut de lätta åren och en för att tidigt se en indikation på om vinterns karaktär tyder på svår islossning.

Parametrar:

I= Istjocklek i Torneå 15 april

V= Vinterns sammanlagda nederbörsmängd i mm (dec t o m apr)

Q= Flödesförändring i Kukkolankoski 5 dagar före islossning.

MA= Mintempsumma för april månad vid Pajala

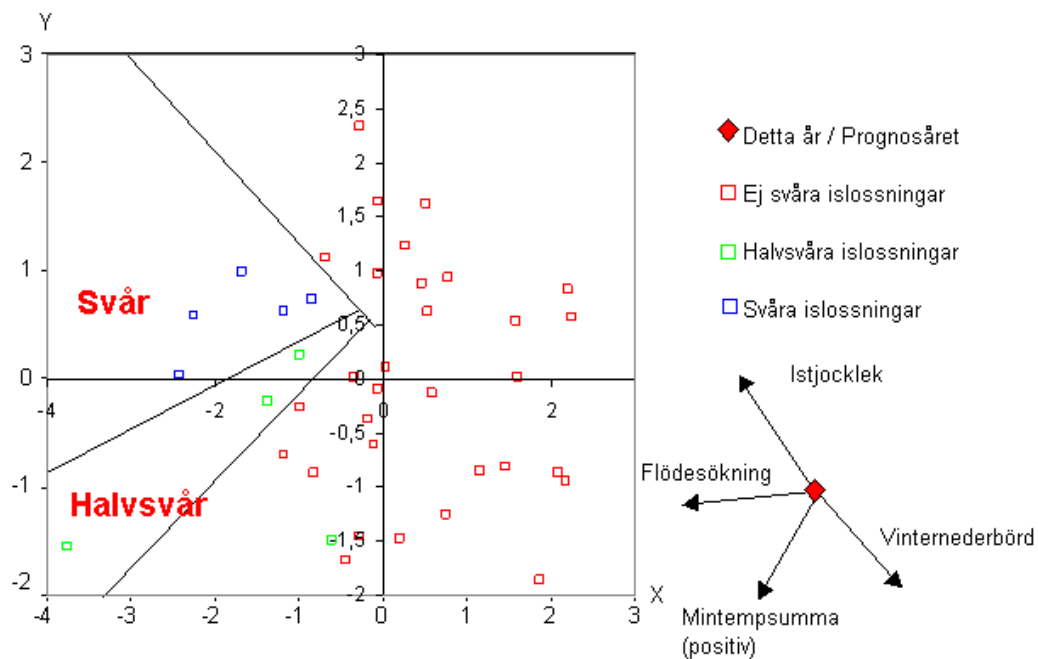
PA= Nederbörsmängd för april månad vid Haparanda

Följande diskriminantfunktioner används för att skilja ut de svåra islossningarna:

$$X=2,263+0,0001*(-141*I+92*V-26*Q+105*MA)$$

$$Y=3,15+0,0001*(215*I-133*V-5*Q+126*MA)$$

Diagram för att skilja svår och halvsår från övriga år



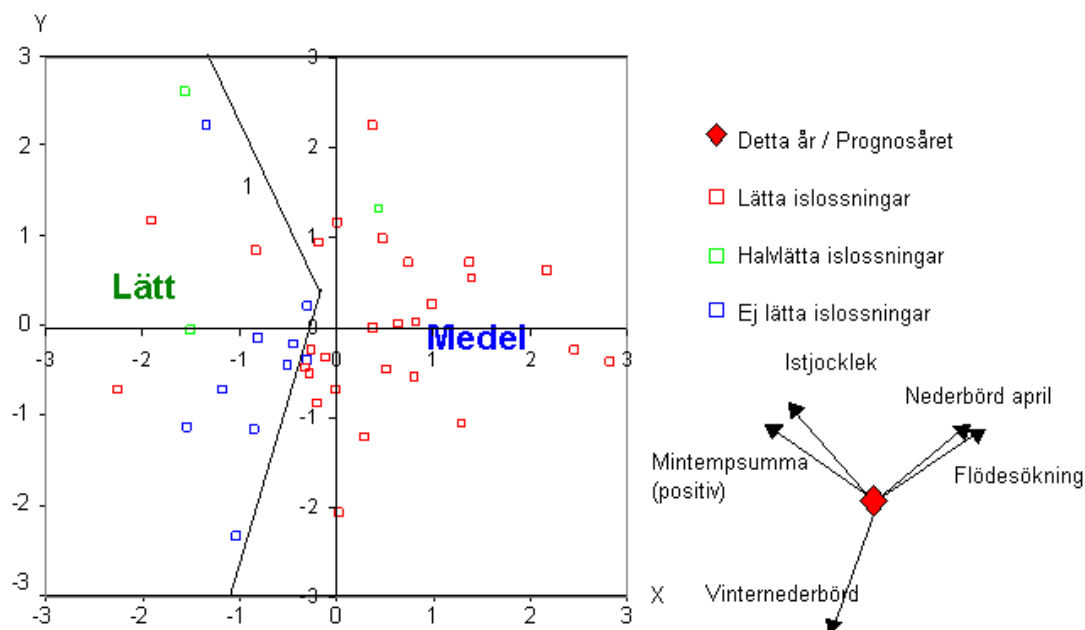
Figur 2. Diskriminantdiagram för utskiljning av svåra islossningar. Uppmätta parametrar har används. Till höger en figur som visar åt vilket håll som olika parametrar verkar i figuren. De svarta linjerna (förutom axlarna) avgränsar fält där sannolikheten är störst för en islossningskarraktär enligt vad som står i fältet med fet text.

Följande diskriminantfunktioner används för att skilja ut de lätta islossningarna:

$$X = -3,535 + 0,0001 \cdot (188 \cdot I - 56 \cdot V + 357 \cdot PA + 23 \cdot Q - 64 \cdot MA)$$

$$Y = 4,601 + 0,0001 \cdot (-160 \cdot I - 167 \cdot V + 284 \cdot PA + 17 \cdot Q + 86 \cdot MA)$$

Diagram för att skilja ut lätta år från övriga



Figur 3. Diskriminantdiagram för utskiljning av lätta islossningar. Uppmätta parametrar har används. Till höger en figur som visar åt vilket håll som olika parametrar verkar i figuren. De svarta linjerna (förutom axlarna) avgränsar fält där sannolikheten är störst för en islossningskarraktär enligt vad som står i fältet med fet text.

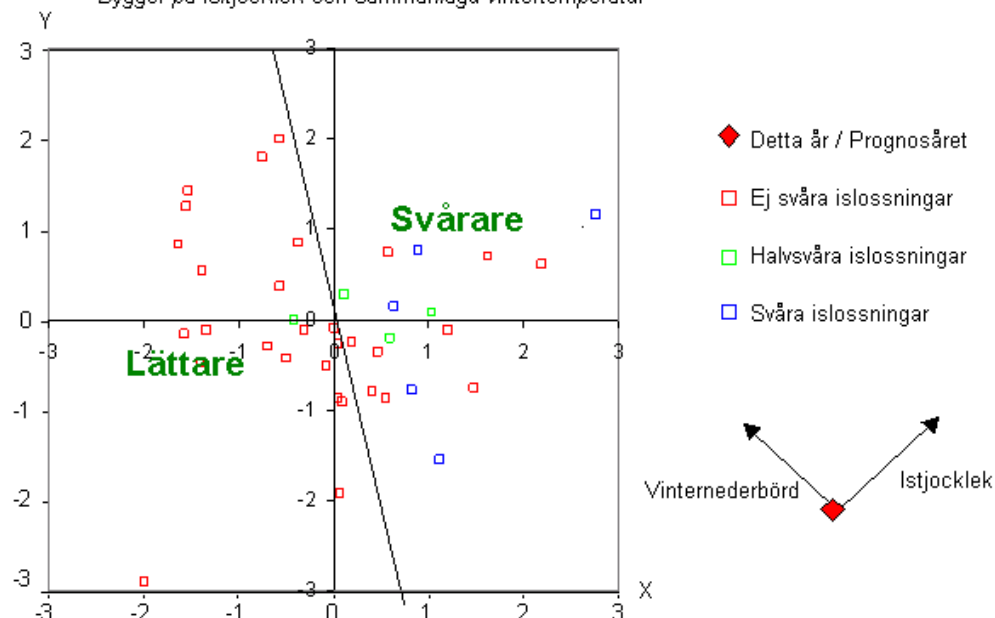
Följande diskriminantfunktioner används för att tidigt se karaktären på vintern:

$$X = -1,253 + 0,001 \cdot (45 \cdot I - 12 \cdot V)$$

$$Y = -6,71 + 0,001 \cdot (47 \cdot I + 15 \cdot V)$$

Diagram för att tidigt se vilken tendens årets islossning har

Bygger på istjocklek och sammanlagd vintertemperatur



Figur 4. Diskriminantdiagram för utskiljning av tidig tendens med bakgrund av vintern. Uppmätta parametrar har använts. Till höger en figur som visar åt vilket håll som olika parametrar verkar i figuren. De svarta linjerna (förutom axlarna) avgränsar fält där sannolikheten är störst för en islossningskaraktär enligt vad som står i fältet med fet text.

4.5. Beräkning och presentation

Microsoft Excel används för beräkning i modellen. En färdig mall finns framtagen där indata fylls i och resultat kommer automatiskt.

5. Resultat

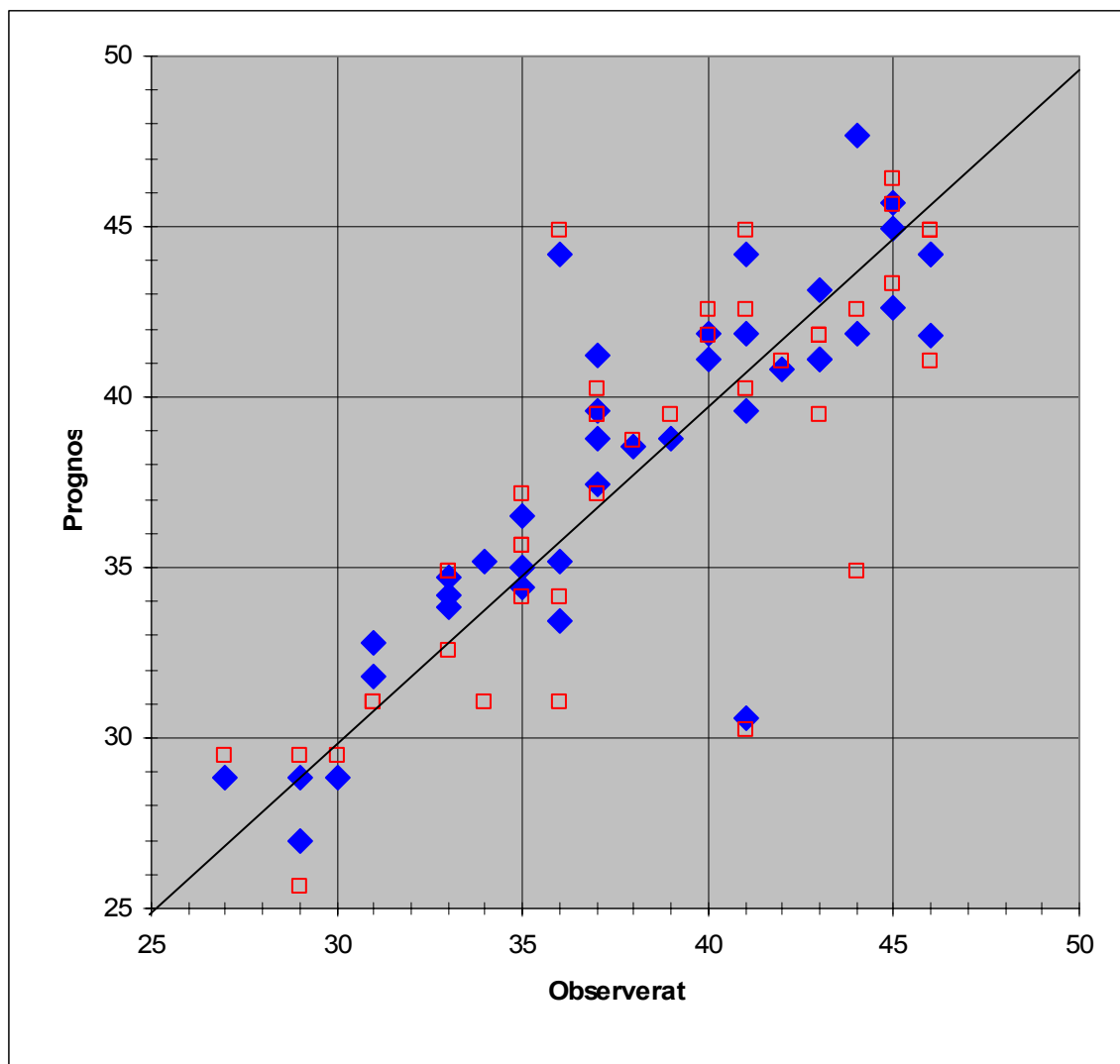
5.1. Prognos för islossningsdag

Följande modell används för prognos av islossningsdag:

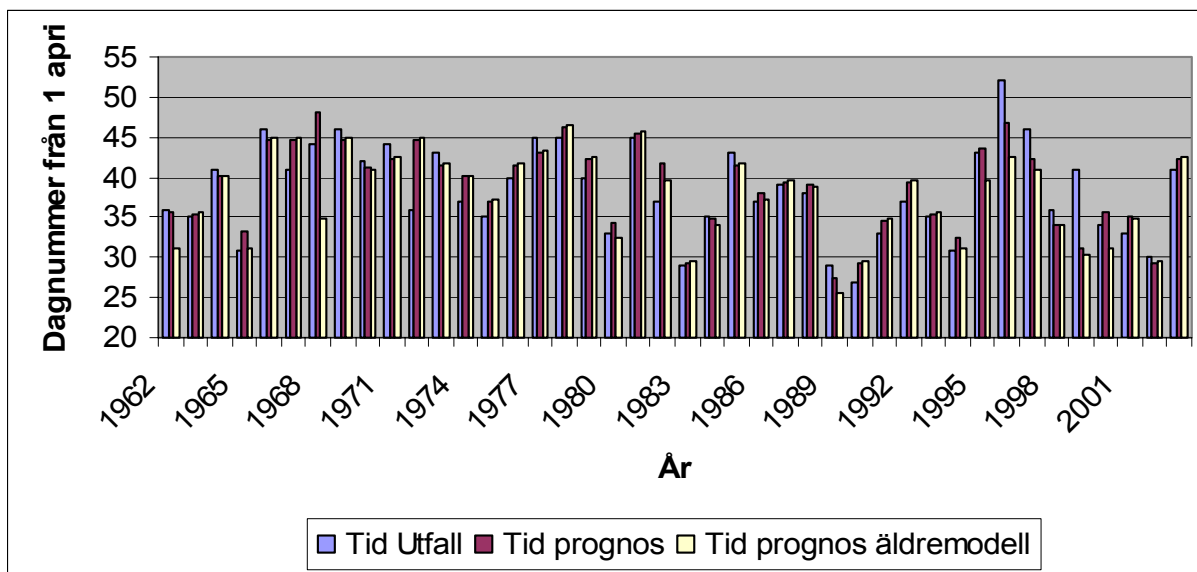
Islossningsdag = $10,5 + 0,765 \cdot \text{TSD40} + \text{Om}(\text{DIQ} - \text{TSD40})$ är positivt $0,48 \cdot (\text{DIQ} - \text{TSD40})$

Där DIQ är dagnumret från 1 april då samma flöde som vid isläggningen uppnås.

Resultatet visas i figur 5 och 6. Modellen har ett r^2 -värde som är 0,71 för perioden 1962-2003, motsvarande värde för den gamla modellen är 0,57 för samma period. Om man bortser från de två år som modellen fungerat sämst är r^2 -värdet 0,84. Medelfelet är ca 2 dagar. Regressionen är framtagen m h a värden från år 1962-2002. Utöver regressionsformeln finns två tendenser som varit svåra att säkra och kvantifiera. Den ena är att vid dålig is ($< \text{ca} 65 \text{ cm}$ 15 april) håller isen sällan för mer flöde än vid isläggningstillfället den andra är att vid kallperioder i smältningens slutfas kan dagen för islossning försenas. Dessa två tendenser kan vara bra att tänka på i samband med att man gör prognoser.



Figur 5. Prognos för islossningsdag enligt nya (blå fyllda rutor) respektive gamla (Röda fyrkanter utan fyllning) modellen plottat mot observerad islossningsdag. Enheten är dagnummer från 1 april.



Figur 6. Prognos för islossningsdag (ny resp. gammal modell) och observerad islossningsdag. Enheten är dagnummer från 1 april.

5.2. Prognos för svårighetsgrad av islossning

Prognosmodellen för svårighetsgrad baserar sig på observationer och beräkningar från 1964 till 2002 och delar in olika års islossningar i kategorierna lätt, medel och svår. I tabell beskrivs hur många riktiga prognoser respektive felaktiga prognoser som finns för perioden. Av åren som modellen bygger på har 87 % klassats rätt och 13 % klassats fel. Viktigt att säga är att ingen prognos av de svåra åren har blivit felaktig när uppmätt data använts. För att få önskad separation av de svåra åren jämfört med de medelsvåra användes klassning mellan medelsvår och svår vid framtagning av modellen, denna klass kallas halvsvår och finns med i upprättade excelark för modellen. Av de halvsvåra åren lyckades tre av fyra år placera sig inom området för halvsvåra år.

Antal år = 39	Prognos Lätt	Prognos Medel	Prognos Svår
Utfall Lätt	9 (9)	2 (3)	0 (0)
Utfall Medel	3 (7)	20 (11)	0 (5)
Utfall Svår	0 (0)	0 (0)	5 (5)

Tabell 1. Prognoser beräknade på uppmätta värden för flödesökningen vid Kukkolankoski. Motsvarande resultat med den föregående modellen inom parantes.

Modellen testades också med prognoserade värden för flödesökningen i Kukkolankoski. Testen visade att man med den aktuella kalibreringen för Torneälven i HBV inte kunde beräkna flödesökningen på ett tillfredsställande sätt. En omkalibrering gjordes därför vilket medförde att resultaten blev något bättre. När man dessutom räknade med den prognoserade dagen för islossning blir felmarginalen ännu större.

Antal år = 35	Prognos Lätt	Prognos Medel	Prognos Svår
Utfall Lätt	6 (3)	2 (4)	0 (3)
Utfall Medel	4 (3)	17 (9)	1 (9)
Utfall Svår	0 (0)	1 (0)	3 (4)

Tabell 2. Prognoser beräknade på flödesändringar från prognos med HBV-IHMS efter omkalibrering. Hänsyn är tagen till prognoserad islossningsdag. Motsvarande resultat med den gamla modellen innan omkalibrering av HBV-modellen visas inom parantes.

Som synes blir en av de svåra åren i Tabell 2 klassad som medelsvår. I det aktuella diskriminantdiagrammet låg denna islossning på gränsen till svår. Att året klassats som medel i stället för svår beror på att vi i denna tabell använt prognoserade data för flödesökningen. Eftersom felet beror på ett prognosfel i den hydrologiska modellen valdes att inte justera modellen så att även detta år blir klassat som svår.

Fler resultattabeller finns i bilaga 2: Fördjupad studie av resultat.

5.3. Förbättringsmöjligheter

- I detta arbete har inte havsisens inverkan räknats med. Det har vid enstaka tillfällen hänt att problem uppstått precis vid mynningen, t ex år 1990. Detta skulle kunna utforskas ytterligare.
- HBV-modellen för Torneälven skulle kanske kunna förbättras. Denna studie visar att parametern ”flödesökning” har en stor inverkan på klassningen och denna parameter beror helt på hur bra flödesprognoserna från HBV. Desto bättre HBV-modellen för Torneälven blir, desto bättre fungerar även denna modell.
- Modellen skulle hypotetiskt kunna finnas för olika delar av Torneälven, detta kräver dock fler observationer av utfall än vad som finns i dagsläget.

6. Verifikation

Indata fanns i början av detta projekt för 1964-2002 (1961-2003 för tidpunktsprognoser). På grund av dessa relativt få år så har hela perioden används till att göra modellen. Därför återstår bara år 2003 för verifikation. Beräkningarna från 2003 visar bra resultat med rätt klassning och endast en dags fel för islossningstidpunkt.

7. Referenser

Kathleen D White 1987,
Predicting Breakup Ice Jams Using Logistic Regression. Journal of cold engineering / American Society of Civil engineers, Technical Council on Cold Regions Engineering, New York : ASCE, 1987

Forsius J och Granholm G 1987,
Statistical model for prediction of ice brakup in River Torneälven, Nordic Expert Meeting on River Ice, Espoo, Finland, 2-4 November 1987

Torbjörn Jutman 1989,
 Prognos för islossning i Torneälven vid Haparanda – Karaktär och tidpunkt, SMHI Hoh PM
 nr 100, 1989-07-19

Kathleen D White 2003,
 Review of prediction methods for breakup ice jams. Canadian journal of civil engineering,
 Ottawa, Onr. National research council of Canada, 1974

Belatos Spyros, Terry D. Prowse 2001,
 Climate impacts on extreme ice-jam events in Canadian rivers,
 Hydrological Sciences-Journal-des Sciences Hydrologiques, **46**(1) February 2001

Belatos Spyros 1995,
 Onset of river ice breakup,
 Cold Regions Science and Technology 25 (1997) 183-196

Belatos Spyros, Terry D. Prowse 2001,
 Threshold between mechanical and thermal breakup of river ice cover,
 Cold Regions Science and Technology 37 (2003) 1-13

Kilmyaninov, V.V
 Effect of Air Temperature on Formation and Destruction of Ice Jams and Ice-Jam S.
 Russian meteorology and hydrology, No. 4, pp. 51-56, 2001

Stanley S J, Gerard R, 1990
 Ice jam forecasting: Hay River, N.W.T
 Canadian journal of civil engineering **19**, 212-223 (1992)

Kajander J M, 1994
 Om islossningstiderna i Torneå.
 Nordic Hydrological Conference 1994 report no. 34, 461-470.

Lindström Göran, Mikael Ottosson Lövenius, 2000
 Tjäle och avrinning i Svartberget – studier med HBV-modellen
 SMHI, Rapportserie Hydrologi nr 84, SMHI

8. Bilaga 1: Indatamatrix

År	I	V	PA	Q	MA	TSD 40	DIQ	Sv. Utfall	Tid Utfall
1962		188,3	56,4	176	-131	26	36	L	36
1963		105,7	19,2	371	-162,6	32	32	M	35
1964	79	99,7	32,9	200	-228,5	38	34	S	41
1965	64	243,8	26	252	-210,5	26	31	L	31
1966	94	161,5	25,7	371	-270	44	38	M	46
1967	61	250,5	13,1	309	-167,6	44	35	L	41
1968	94	148	26,9	132	-161,7	31	59	L	44
1969	76	213,3	30,3	307	-283,5	44	38	M	46
1970	79	145,1	27,4	222	-295,9	39	40	M	42
1971	90	178,8	35,3	950	-248,9	41	41	S	44
1972	78	153,1	44,4	95	-149,7	44	36	M	36
1973	70	289,3	68	383	-142,9	40	36	M	43
1974	107	161,7	3,3	113	-137,4	38	34	L	37
1975	71	201	23,4	354	-220,7	34	32	M	35
1976	83	167,5	25,6	151	-211,9	40	40	L	40
1977	90	291,2	86,8	588	-232,8	42	37	M	45
1978	73	160,8	22,1	189	-218,8	46	45	L	45
1979	86	168,1	47,7	495	-221	41	33	M	40
1980	29	166,7	22,2	174	-127,7	28	32	M	33
1981	76	204,8	13,3	585	-184,7	45	41	M	45
1982	63	124,7	27,5	50	-177,7	37	42	M	37
1983	70	212,6	34,3	674	-100,5	24	24	M	29
1984	99	192	11,5	970	-174,4	30	32	S	35
1985	125	136,2	15,2	382	-287,1	40	39	S	43
1986	83	137,9	27,1	497	-215,8	34	36	S	37
1987	113	137,2	13,8	139	-214	37	31	M	39
1988	73	163,7	15,3	242	-279,9	36	37	M	38
1989	94	290,7	42,1	471	-79,3	19	23	M	29

År	I	V	PA	Q	MA	TSD 40	DIQ	Sv. Utfall	Tid Utfall
1990	95	202,9	6,7	540	-141,1	24	20	L	27
1991	81	180,9	19	239	-155,9	31	23	L	33
1992	75	182,4	27,1	278	-224,8	37	37	M	37
1993	78	232,6	26,1	891	-192,2	32	32	M	35
1994	70	268,9	28,8	371	-54,5	26	29	L	31
1995	77	307,1	41,1	8	-203,1	37	46	L	43
1996	91	115,2	41,6	169	-160,2	41	50	L	52
1997	85	203,6	27,5	1183	-348,1	39	42	M	46
1998	85	243,1	23,4	305	-283	30	30	M	36
1999	80	193,8	14,7	-159	-108,9	25	27	M	41
2000	75	301,6	88,6	190	-134,8	26	36	M	34
2001	60	233	78,7	350	-235,8	31	32	M	33
2002	79	186	22,4	1046	-43,5	24	24	M	30

I= Istjocklek i Torneå 15 april. Data från Finlands Miljöcentral

V= Vinterns sammanlagda nederbörsmängd i mm (dec t o m apr)

Q= Flödesförändring i Kukkolankoski 5 dagar innan islossning.

MA= Mintempsumma för april månad vid Pajala

PA= Nederbörsmängd för april månad vid Haparanda

DIQ= Dagnummer fr 1 apr för dagen då samma flöde som vid isläggnen inträffar

TSD 40=Temperaturindex

9. Bilaga 2: Fördjupad studie av resultat

I tabell 3 och 4 illustreras skillnaden i resultat beroende på om man räknar med den observerade eller den prognoserade islossningsdagen vid prognos av svårighetsgraden. Det är parametern flödesökning som är beroende på vilken islossningsdag som räknas.

Antal år = 35	Prognos Lätt	Prognos Medel	Prognos Svår
Utfall Lätt	6	3	0
Utfall Medel	5	14	3
Utfall Svår	0	1	3

Tabell 3. Prognoser beräknade på flödesändringar från prognos av HBV-IHMS. Hänsyn tagen till prognoserad islossningsdag

Antal år = 35	Prognos Lätt	Prognos Medel	Prognos Svår
Utfall Lätt	7	2	0
Utfall Medel	4	15	3
Utfall Svår	0	0	4

Tabell 4. Prognoser beräknade på flödesändringar från prognos av HBV-IHMS. Hänsyn ej tagen till prognoserad islossningsdag

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:

- | | |
|--|---|
| <p>1 Bengt Carlsson (1985)
Hydrokemiska data från de svenska fältforskningsområdena.</p> <p>2 Martin Häggström och Magnus Persson (1986)
Utvärdering av 1985 års vårflödesprognoser.</p> <p>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.</p> <p>4 Barbro Johansson, Erland Bergstrand och Torbjörn Jutman (1986)
Skåneprojektet - Hydrologisk och oceanografisk information för vattenplanering - Ett pilotprojekt.</p> <p>5 Martin Häggström (1986)
Översiktlig sammanställning av den geografiska fördelningen av skador främst på dammar i samband med septemberflödet 1985.</p> <p>6 Barbro Johansson (1986)
Vattenföringsberäkningar i Södermanlands län - ett försöksprojekt.</p> <p>7 Maja Brandt (1986)
Areella snöstudier.</p> <p>8 Bengt Carlsson, Sten Bergström, Maja Brandt och Göran Lindström (1987)
PULS-modellen: Struktur och tillämpningar.</p> | <p>9 Lennart Funkquist (1987)
Numerisk beräkning av vågor i kraftverksdammar.</p> <p>10 Barbro Johansson, Magnus Persson, Enrique Aranibar and Robert Llobet (1987)
Application of the HBV model to Bolivian basins.</p> <p>11 Cecilia Ambjörn, Enrique Aranibar and Roberto Llobet (1987)
Monthly streamflow simulation in Bolivian basins with a stochastic model.</p> <p>12 Kurt Ehlert, Torbjörn Lindkvist och Todor Milanov (1987)
De svenska huvudvattendragens namn och mynningspunkter.</p> <p>13 Göran Lindström (1987)
Analys av avrinningsserier för uppskattning av effektivt regn.</p> <p>14 Maja Brandt, Sten Bergström, Marie Gardelin och Göran Lindström (1987)
Modellberäkning av extrem effektiv nederbörd.</p> <p>15 Håkan Danielsson och Torbjörn Lindkvist (1987)
Sjökarte- och sjöuppgifter. Register 1987.</p> <p>16 Martin Häggström och Magnus Persson (1987)
Utvärdering av 1986 års vårflödesprognoser.</p> |
|--|---|

- 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)
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)
Hydrologiska stationsnät 1989. 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 for flood forecasting in six Central American 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 1992/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 Evremer (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)
Älvtemperaturers 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.
- 76 Anna Eklund (1998)
Istjocklek på sjöar.
- 77 Björn Bringfelt (1998)
An evapotranspiration model using SYNOP
weather observations in the Penman-Monteith
equation
- 78 Svenskt Vattenarkiv (1998)
Avrinningsområden i Sverige. Del 2
Vattendrag till Bottenhavet.
- 79 Maja Brandt, Anna Eklund (1999)
Snöns vatteninnehåll Modellberäkningar
och statistik för Sverige
- 80 Bengt Carlsson (1999)
Some facts about the Torne and Kalix
River Basins.
A contribution to the NEWBALTIC II
workshop in Abisko June 1999.
- 81 Anna Eklund (1999)
Isläggning och islossning i svenska sjöar.
- 82 Svenskt Vattenarkiv (2000)
Avrinningsområden i Sverige. Del 1.
Vattendrag till Bottenviken.
- 83 Anna Eklund, Marie Gardelin, Anders
Lindroth (2000)
Vinteravdunstning i HBV-modellen -
jämförelse med mätdata
- 84 Göran Lindström, Mikael Ottosson Löfvenius
(2000)
Tjäle och avrinning i Svartberget – studier
med HBV-modellen
- 85 Bengt Carlsson och Göran Lindström (2001)
HBV-modellen och flödesprognoser
- 86 Josef Källgården (2001)
Snow distribution in a mountainous region.
A remote sensing study.
- 87 Johan Andréasson, Anders Gyllander, Barbro
Johansson, Josef Källgården, Sten Lindell,
Judith Olofsson, Angela Lundberg (2001)
Snötaxering med georadar - Bättre
vårflödesprognoser med HBV-modellen?
- 88 Deliang Chen, Barbro Johansson
Temperatures höjdberoende – En studie i
Indalsälvens avrinningsområde.
- 89 Agne Lärke, Håkan Sanner, Anna Johnell
(2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos- och
varningstjänsts verksamhet under flödena
januari t o m mars 2002 i sydvästra Sverige
- 90 Barbro Johansson, Johan Andreasson och
Johan Jansson (2003)
Satellite data on snow cover in the HBV
model. Method development and evaluation
- 91 Charlotta Pers (2003)
BIOLA – BIOgeochemical LAke Model
Manual
- 92 Calle Granström, Håkan Sanner (2003)
Utvärdering av SMHI:s prognos-och
varningstjänsts verksamhet under flödet i
området runt Emån juli 2003



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