

HBV-modellen 50 år

Från hydrologiska prognoser till flödesdimensionering och klimatanpassning

Sten Bergström

Hydrologiska Byråns Vattenbalansavdelning, HBV (1975)
(the Water Balance Department of the Hydrological Bureau)

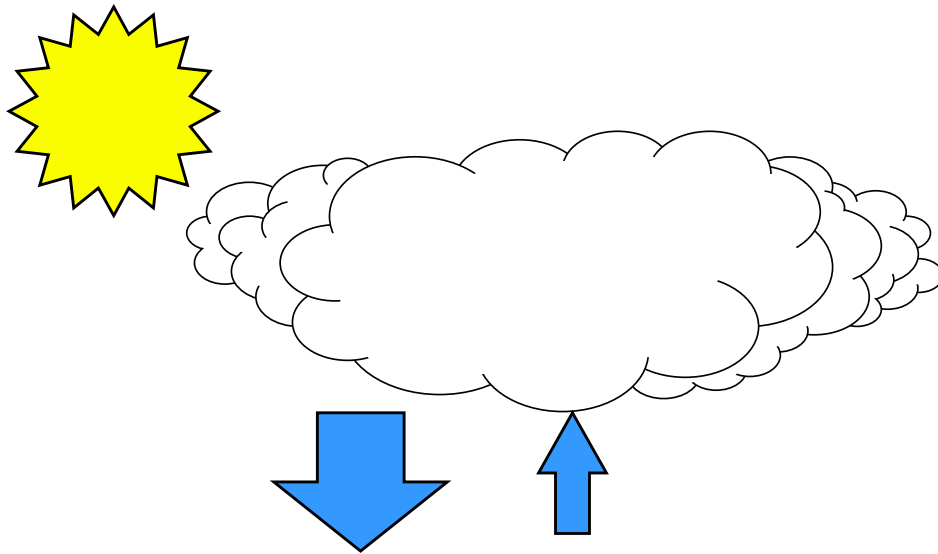




International Hydrological Decade (IHD)

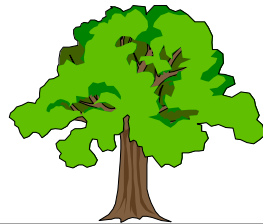
(1965 — 1974)





?

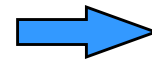
Snö



Markvatten

Grundvatten

Sjöar

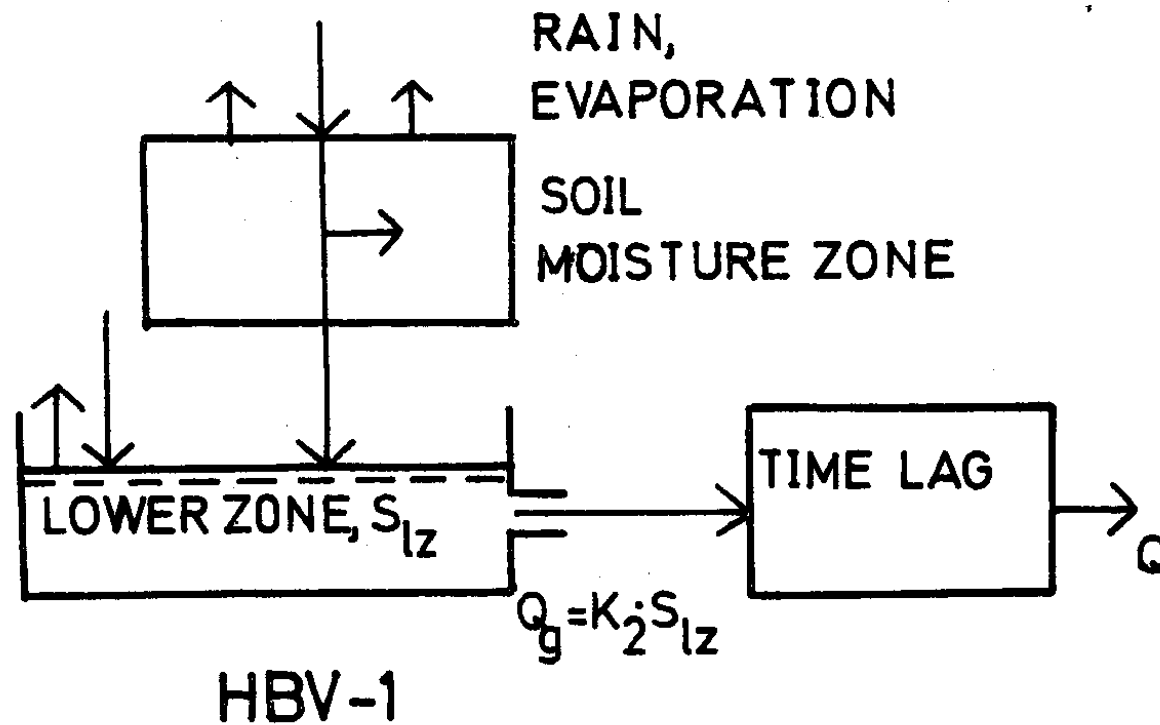


Avrinning



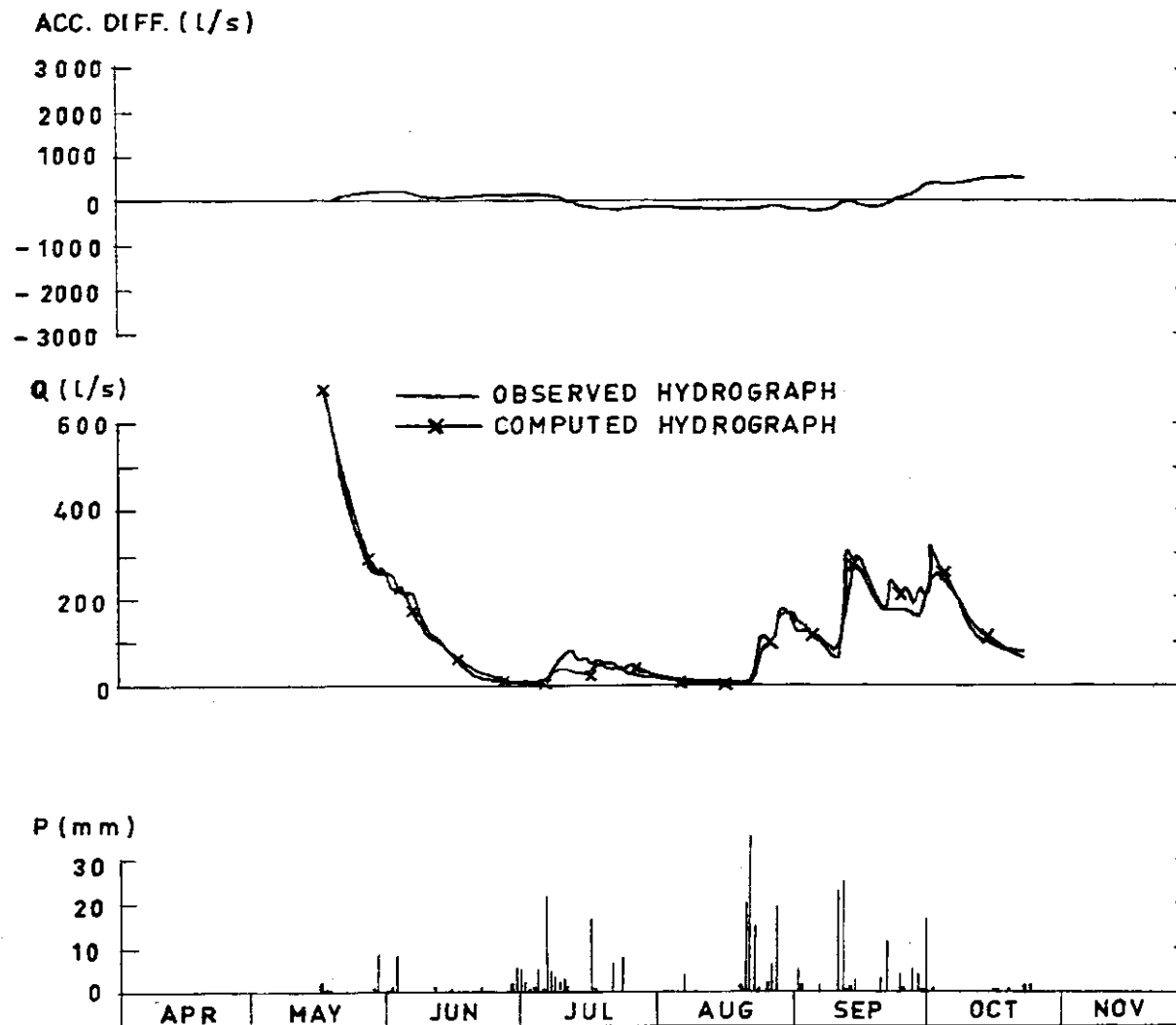
Lilla Tivsjön

HBV 1 från 1972

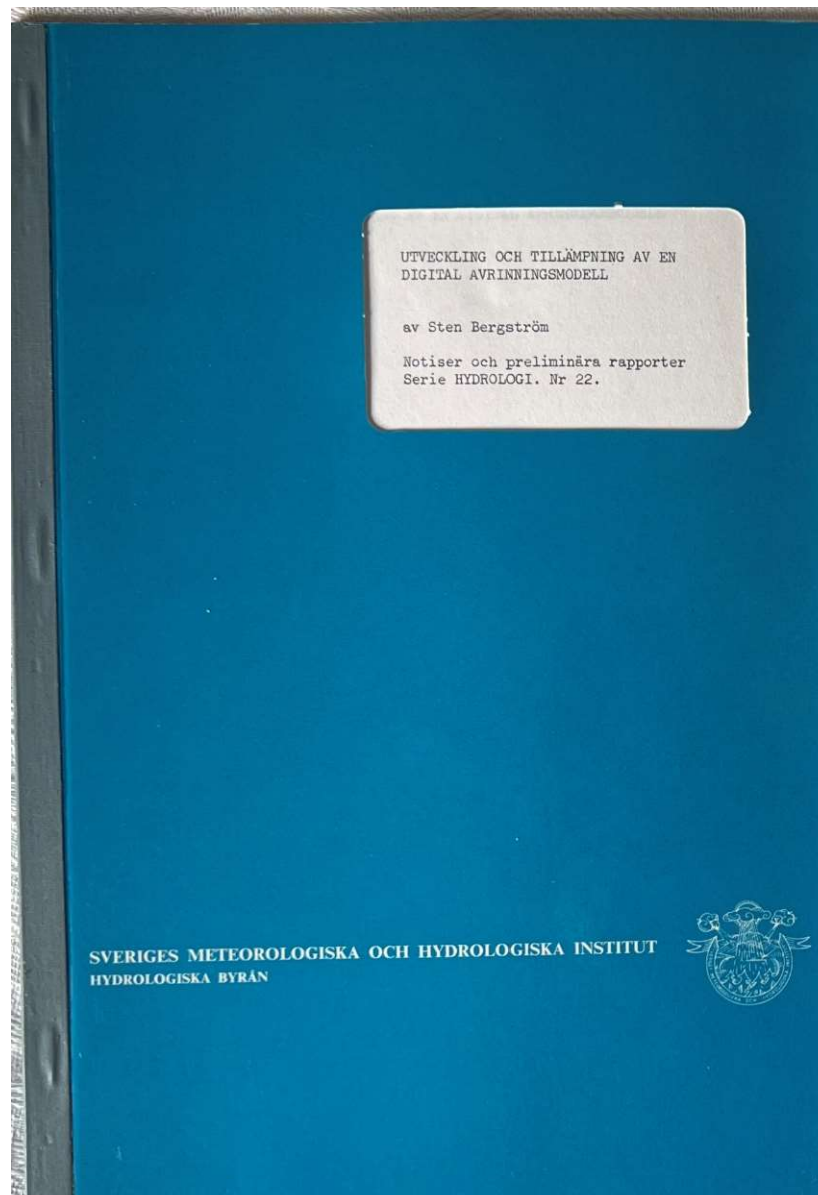


Första lyckade körningen (våren 1972)

L.TIVSJÖN NEDRE 1969



Första publiceringen 1972



I Lappland 1972

Arne Forsman

Eamonn Nash

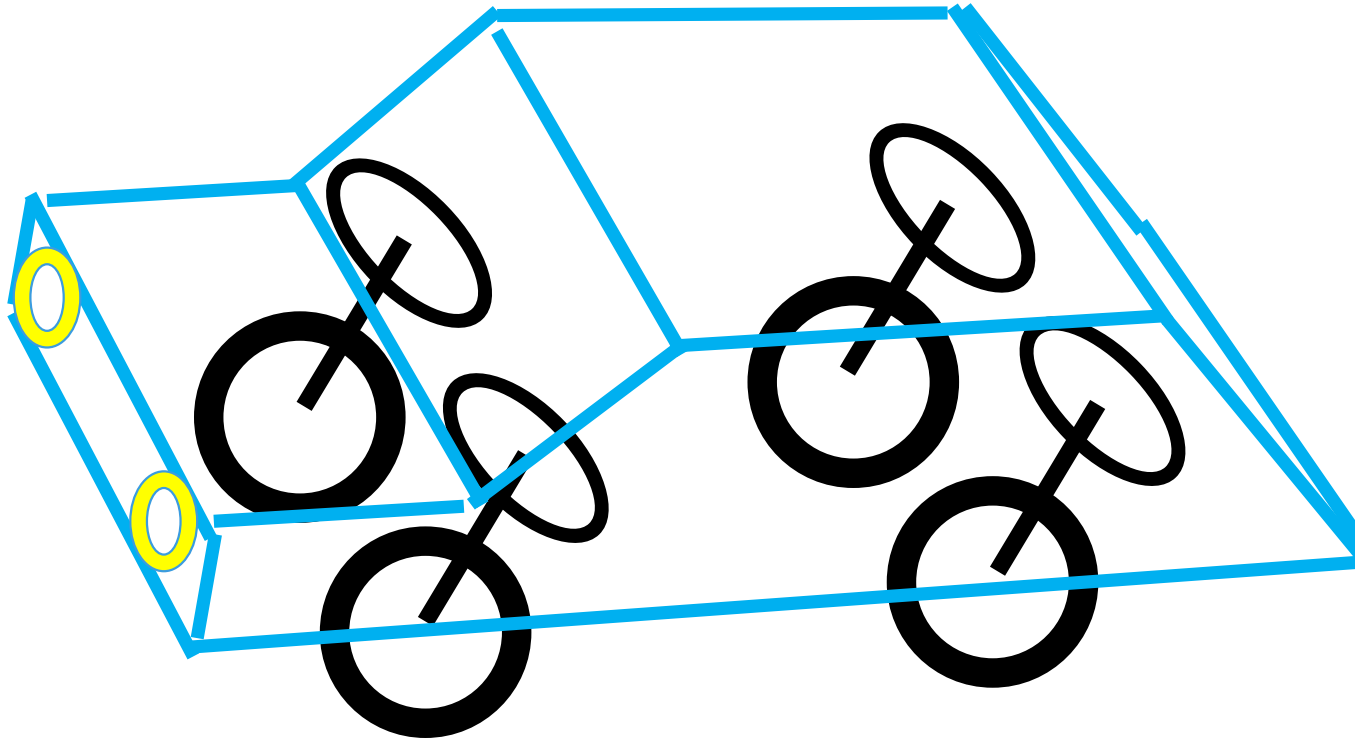


Foto Sten Bergström

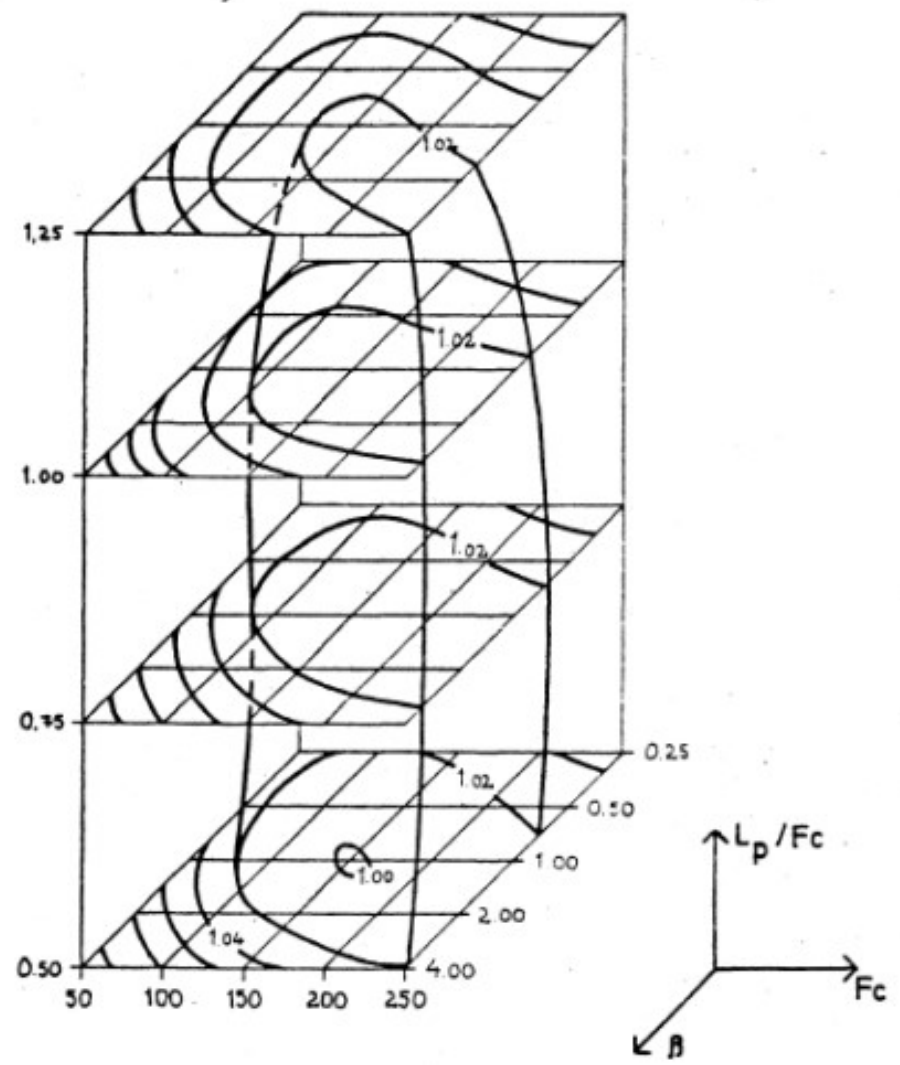
Vilken modell kan flyga?



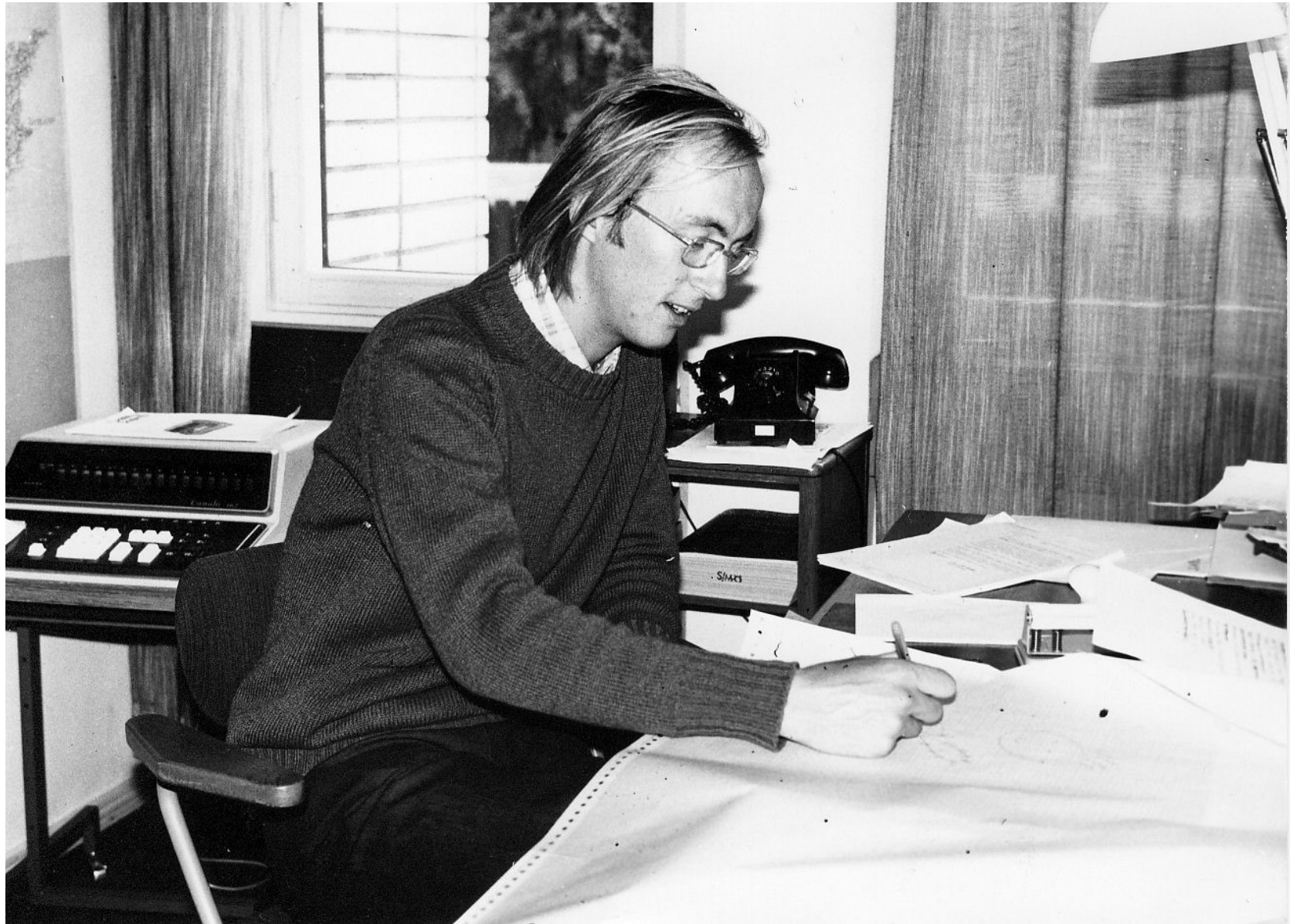
Överparametrisering...



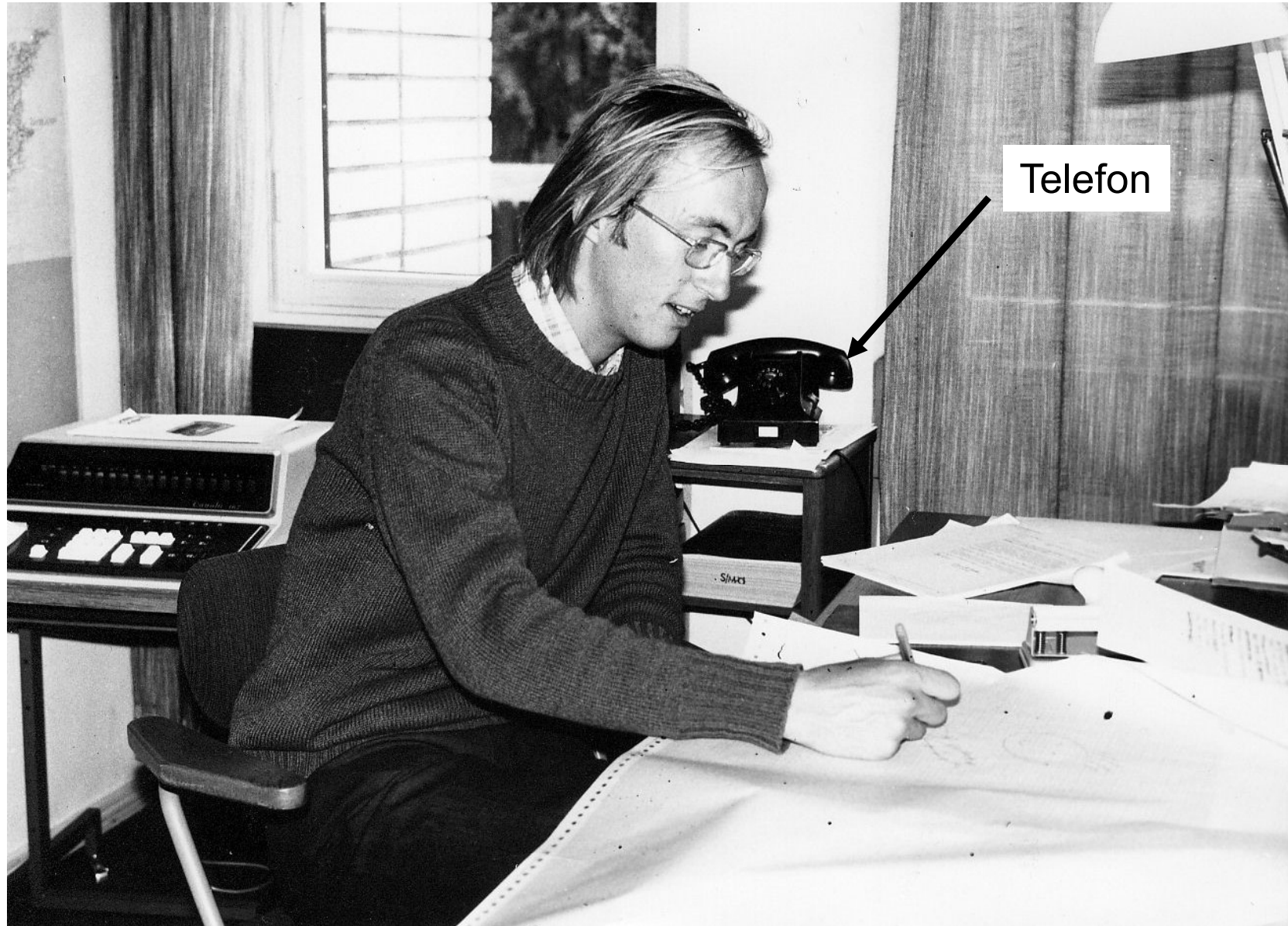
...som att köra en bil med fyra rattar



Hårt arbete i Stockholm 1975



Hårt arbete i Stockholm 1975

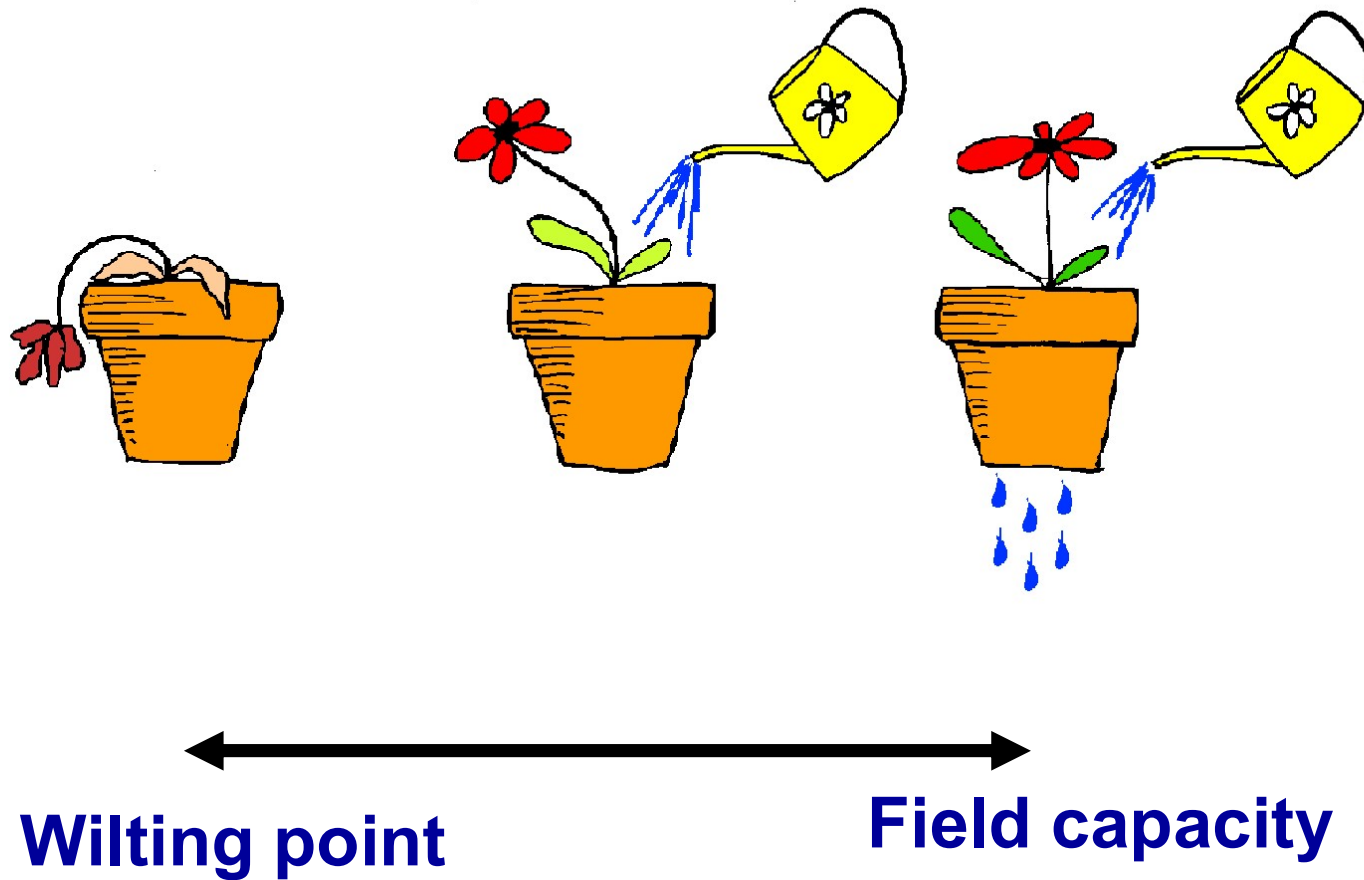


Datamaskin 1975

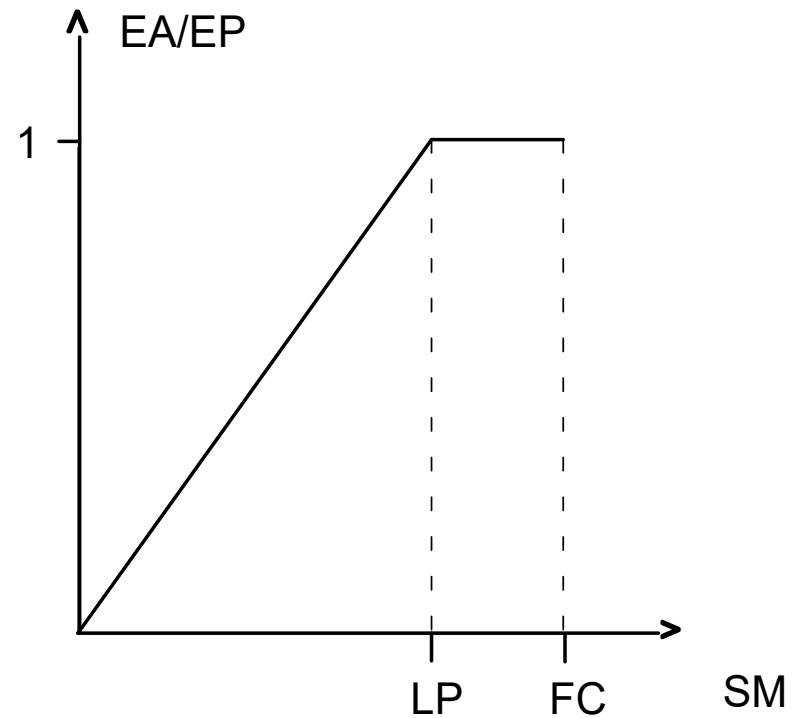
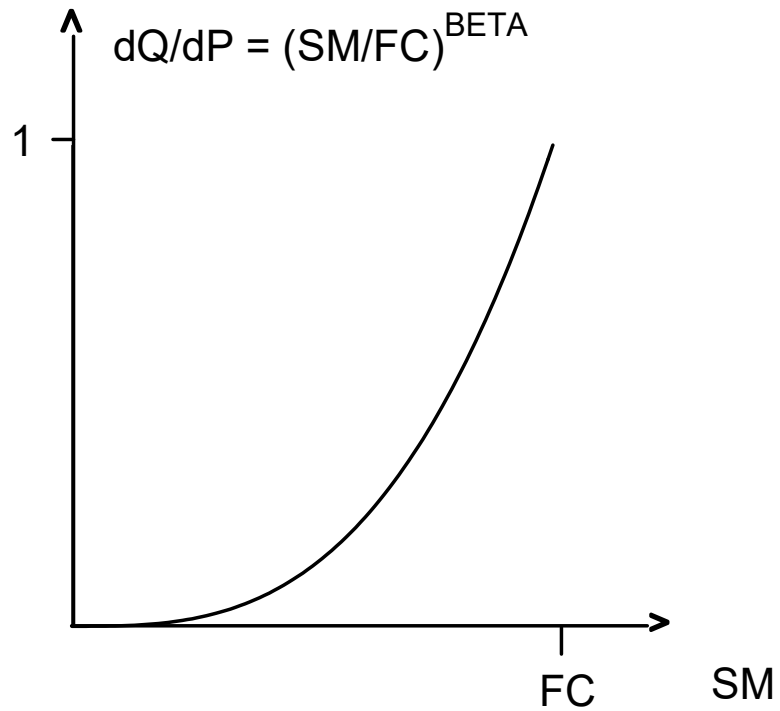
Källa SMHI

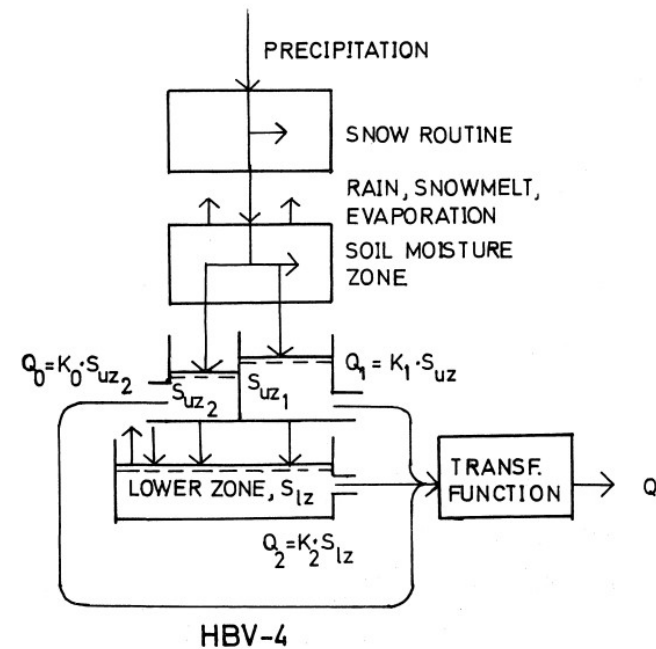
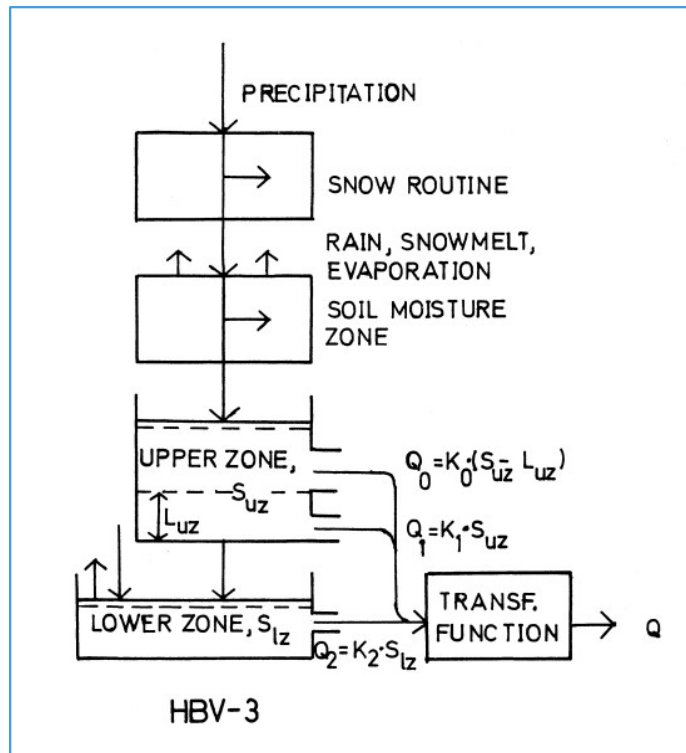
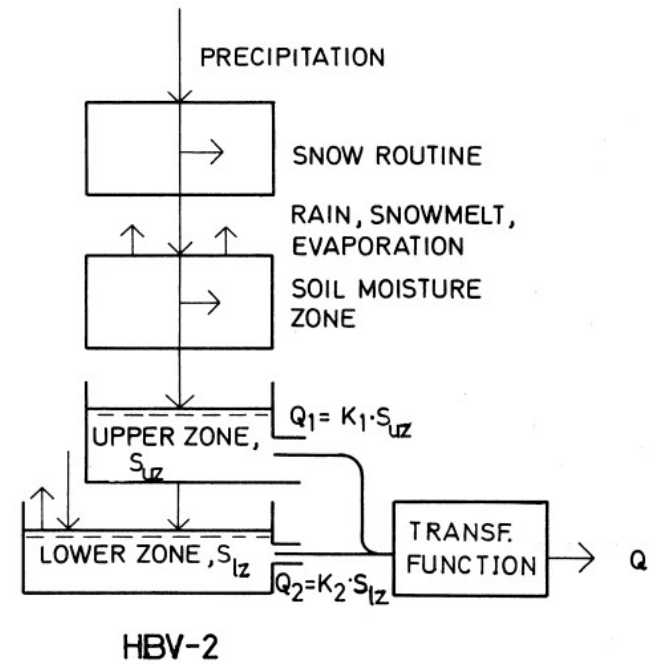
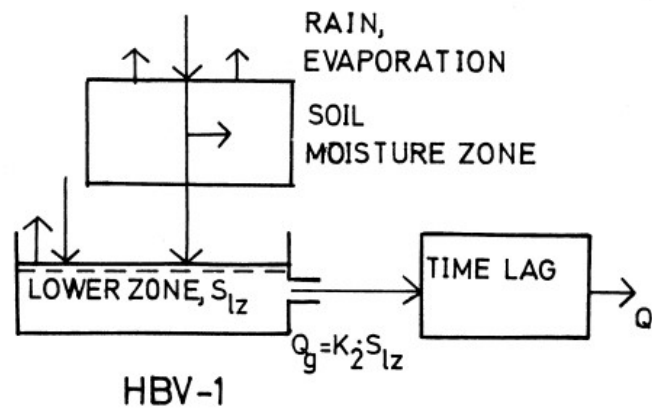


Markvattnet spelar nyckelrollen

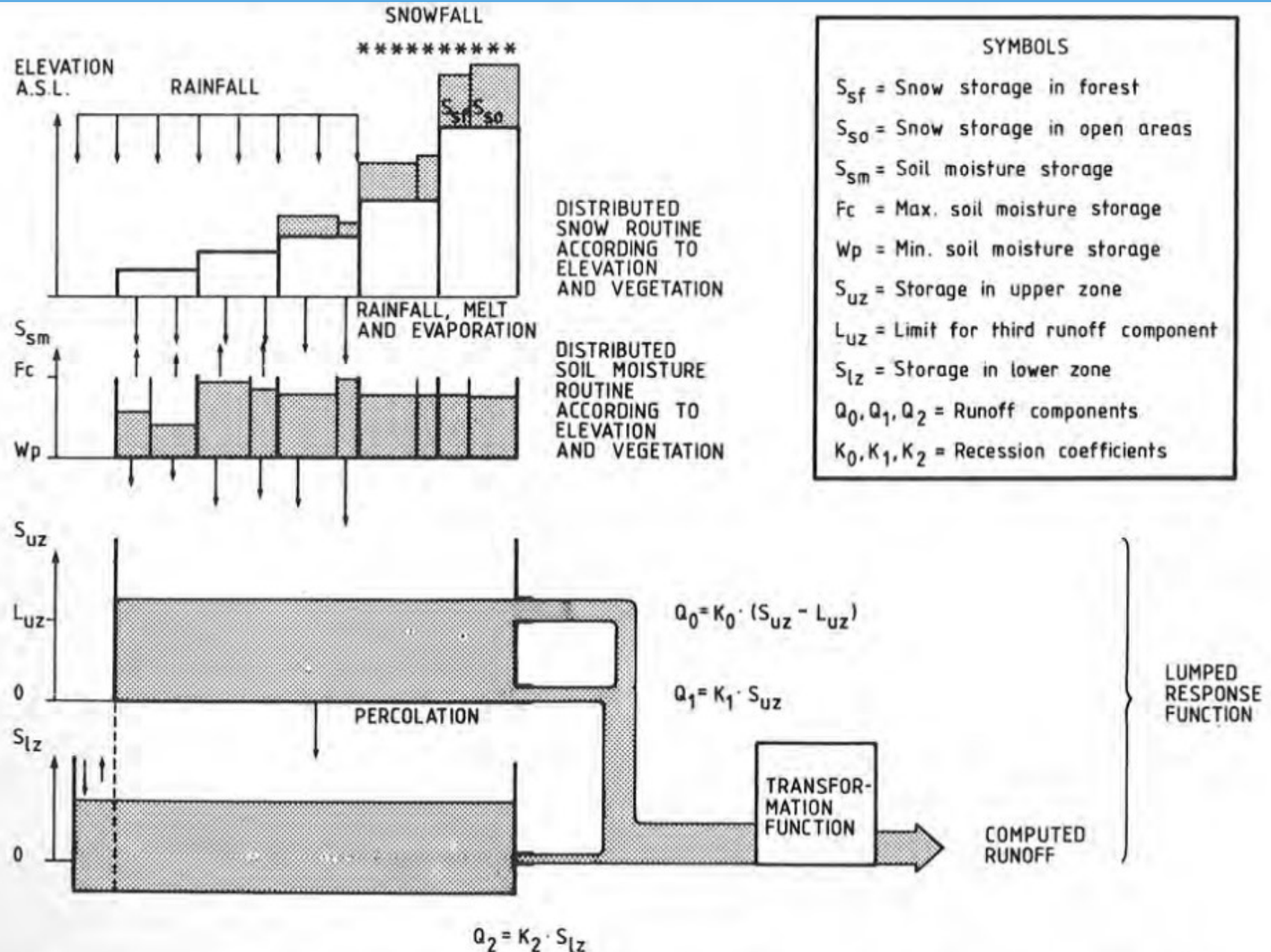


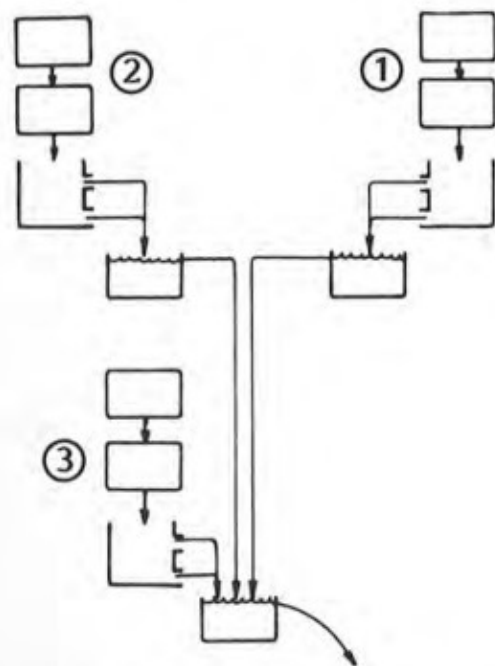
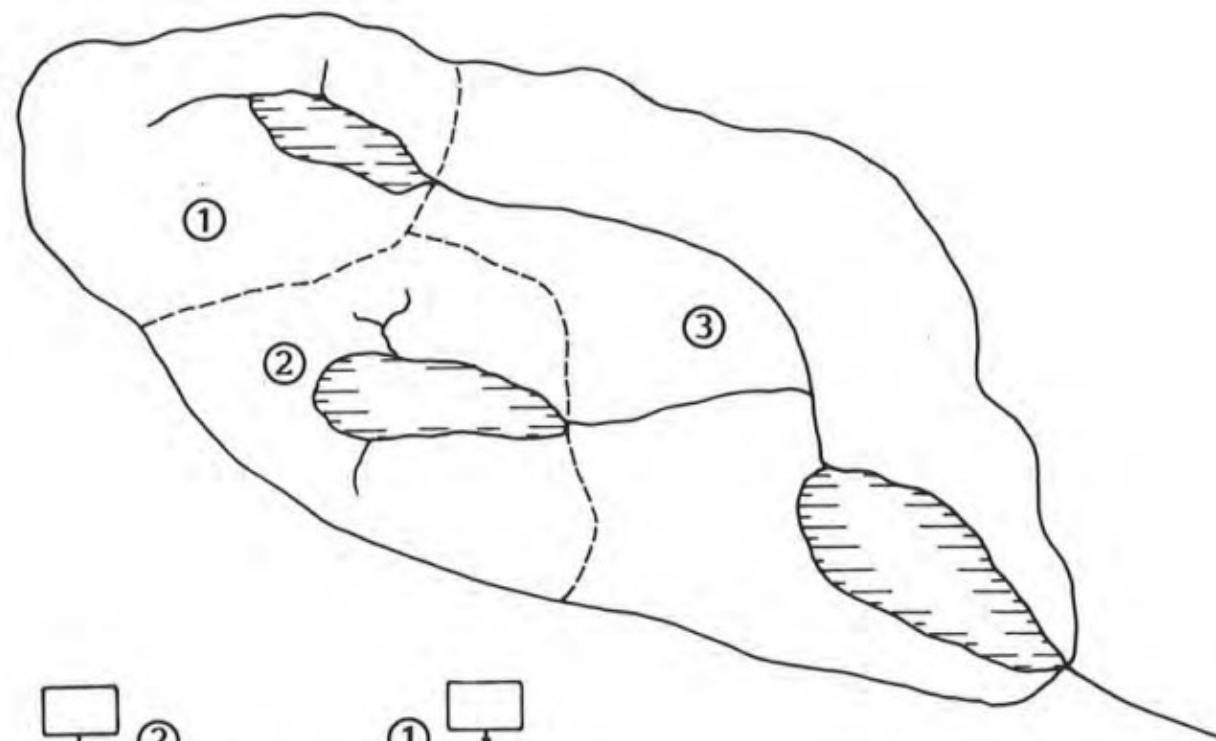
Två viktiga samband



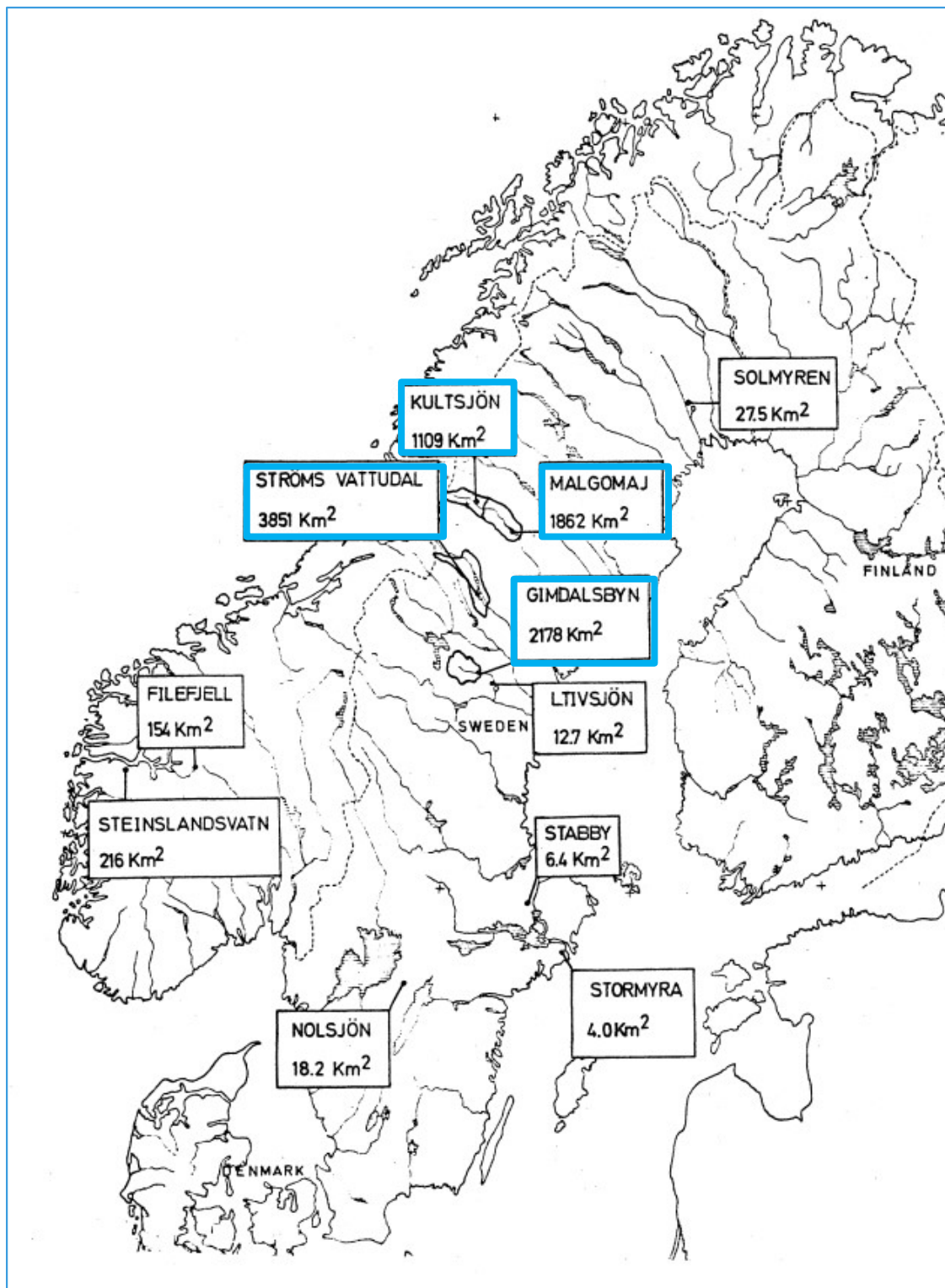


Höjdzoner





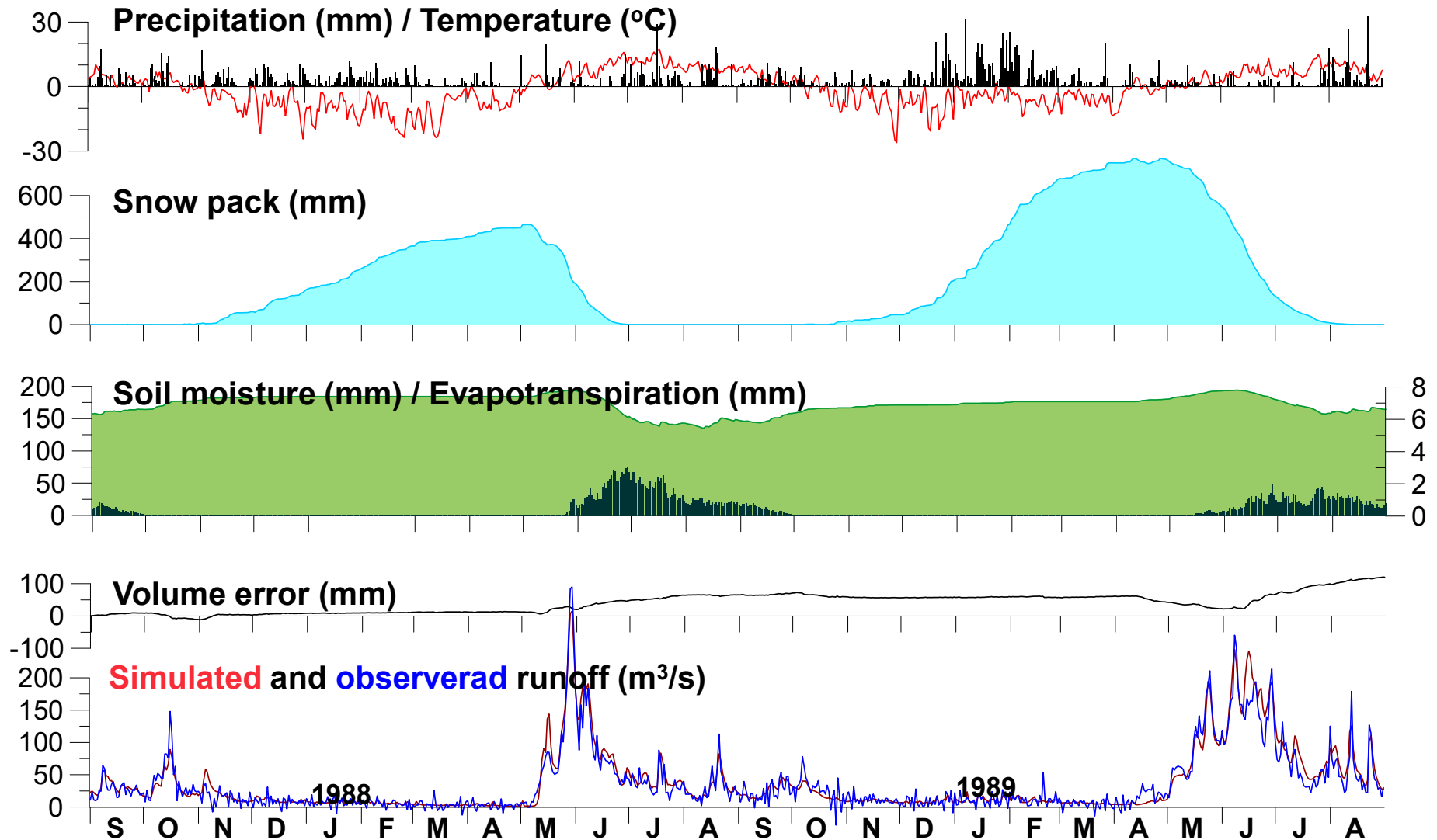
Delområden



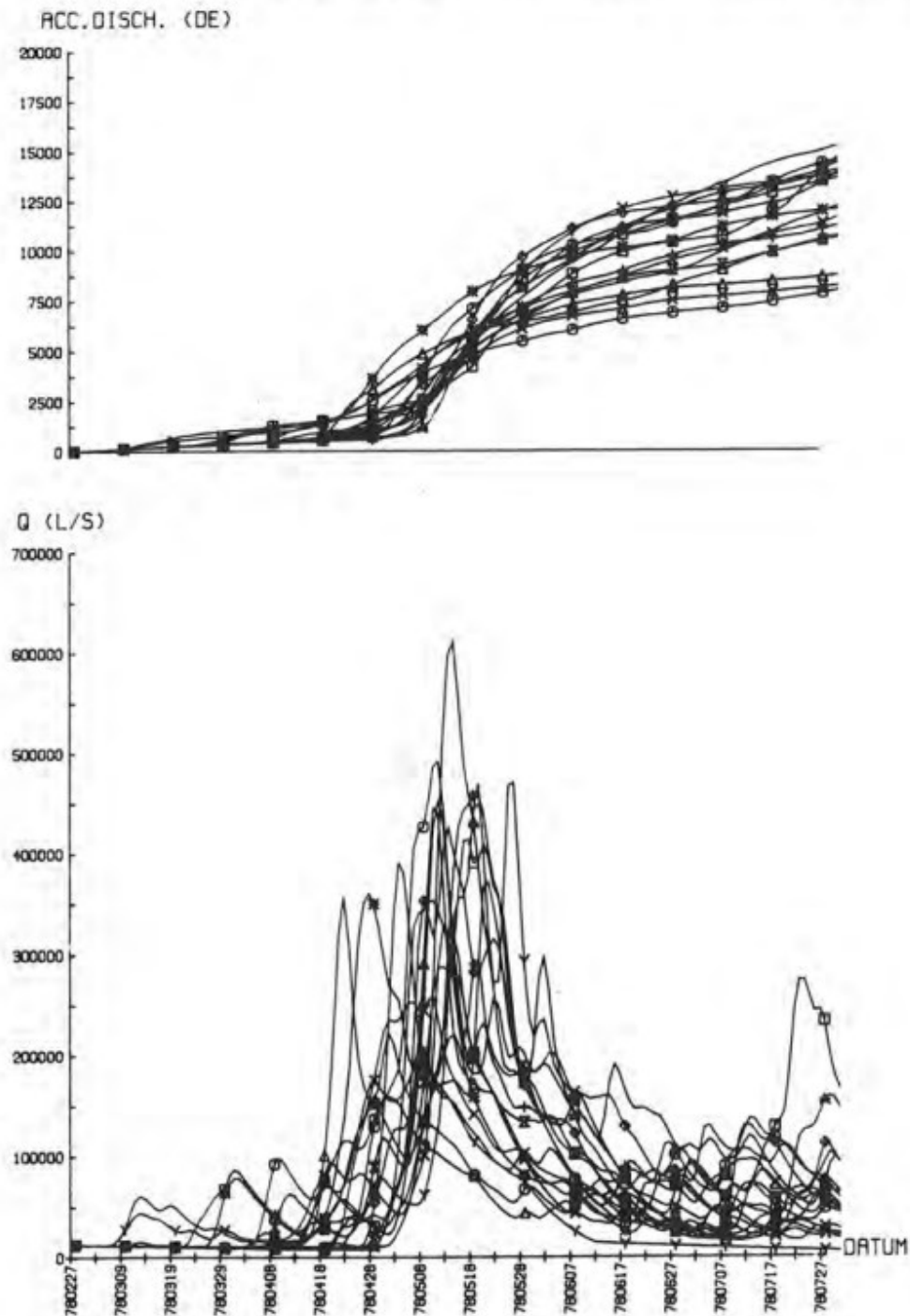
Testområden 1976

Prognosområden

Simulering av tillrinningen till Kultsjön (1987-1989)



SMHI HBV-3 TRÄNGSLET 780228-780731

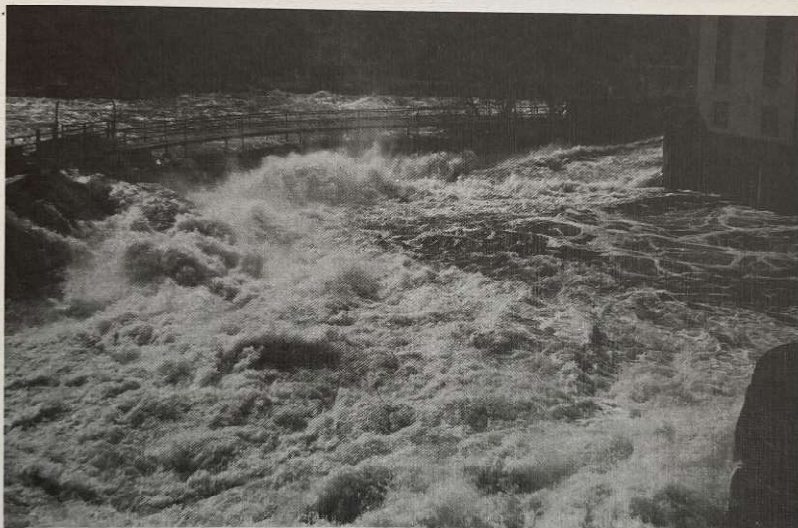


Långtidsprognos över
tillrinningen till Trängslet
28/2-31/ 1978



Prognosområden 1992

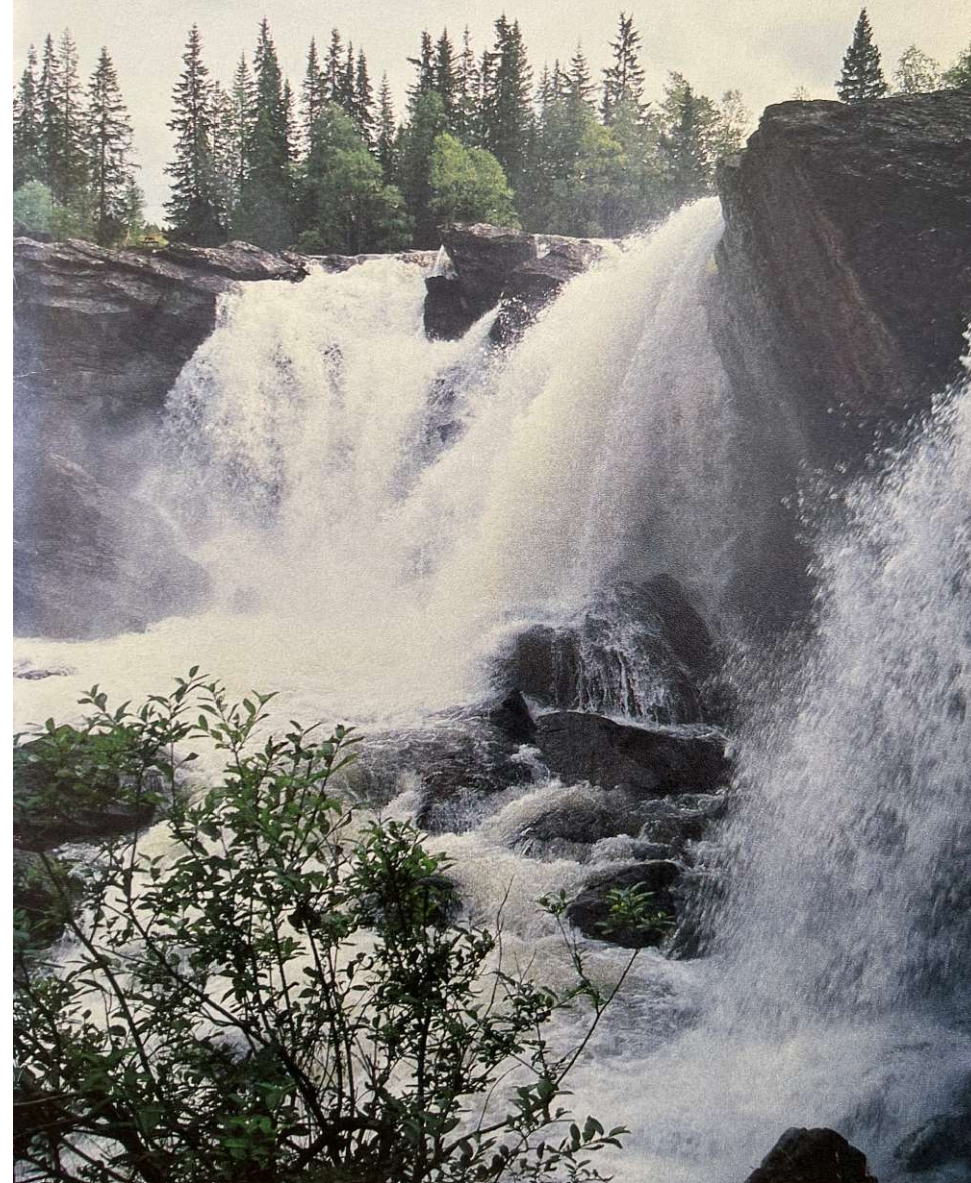
VATTENREGLERINGSFÖRETAGENS SAMARBETSORGAN
—HYDROLOGISKT UTVECKLINGSARBETE



VERKSAMHETEN 1981–1986

Vattenregleringsföretagens Samarbetsorgan (VASO)
Hydrologiskt Utvecklingsarbete (HUVA)

Verksamheten 1981-1990



INNEHÅLLSFÖRTECKNING

	<u>Sid.</u>
Akustisk mätning i strömmande vatten	1
Fältstation för satellittelemetri	3
Beräkning av månadsnederbörd vintertid med ECMWF- modellens 12 - 36 h prognoser	4
Jämförelse mellan nederbördsgivare	5
Gamma - snö	7
Areella snöstudier	10
Avdunstningsförluster under våren	12
Grundvattentillrinning - analys av mätningarna i övre Ångermanälven	13
Synoptisk vattenbalanskarta	15
Homogenitetskontroll av hydrologiska och klimato- logiska dataserier	18
Kvantitativa prognoser av nederbörd och temperatur ...	19
Vindförluster vid mätning av snönederbörd med SMHI- nederbördsmätaren	21
Beräkning av de aerodynamiska förlusterna för SMHI- nederbördsmätaren	23
Automatisk uppdatering av HBV-modellen	25
Hydrologiskt prognosystem för persondator	27
Extrem tillrinning i ett älvsystem	28
Radar - nederbörd	31
Kravisproblem	32
Kompendium i vattenkrafthydrologi	34
Snötaxering med impulsradar	35
Snötaxering i skog och på öppen mark	37
Vattenståndsvariationer i kraftverksmagasin	38
Sjöavdunstning	39
Nederbördsmätning i övre Indalsälven	40
Ekonomisk sammanställning över VASO-projekten i tusental kronor	42



A wide-angle photograph of a snowy landscape under a cloudy sky. A line of wooden posts connected by wire runs diagonally across the middle of the frame, separating the foreground from the background. The foreground is a vast, flat, snow-covered field. The background features rolling hills and mountains, also covered in snow, with some small, dark trees scattered across the slopes. The sky is filled with soft, grey clouds.

Norge

Sverige



Foto Sten Bergström



Nils Roar Saelthun

Foto Sten Bergström

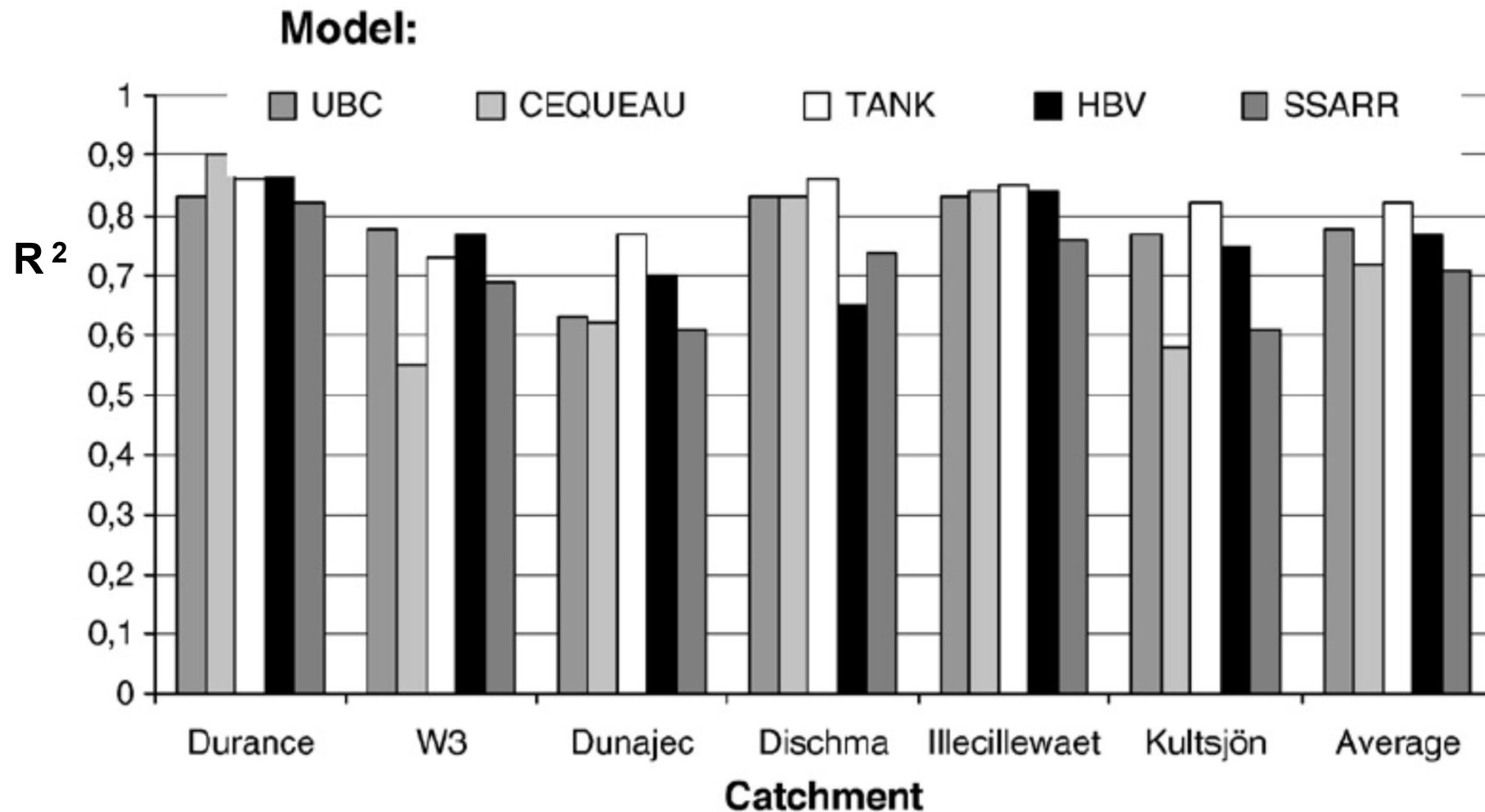
Några norska HBV-vänner:

**Ånund Killingtveit
Marit Fossdal
Dan Lundquist
Sverre Aam
Nils Roar Saelthun
Stein Beldring**

och många fler!

WMO's intercomparison of snow models for runoff simulation 1982





“On the basis of available information, it was not possible to rank tested models or classes of models in order of performance. The complexity of the structure of the models could not be related to the quality of the simulation results.”

Modellkalibrering 1976



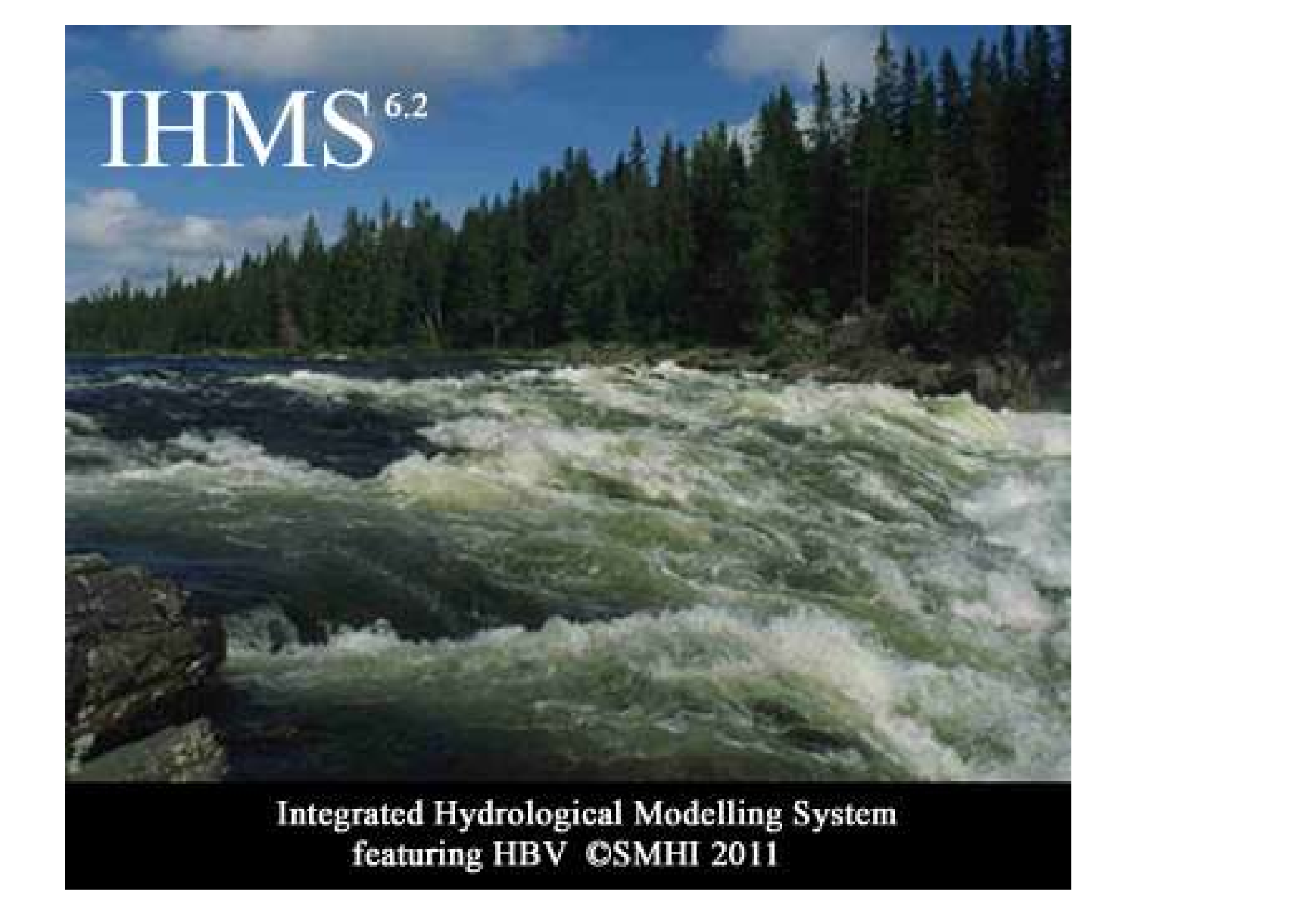
Operationella krav

Databehovet måste vara realistiskt

Komplexiteten måste kunna motiveras

**Strukturen ska vara vetenskapligt försvarbar
och begriplig**

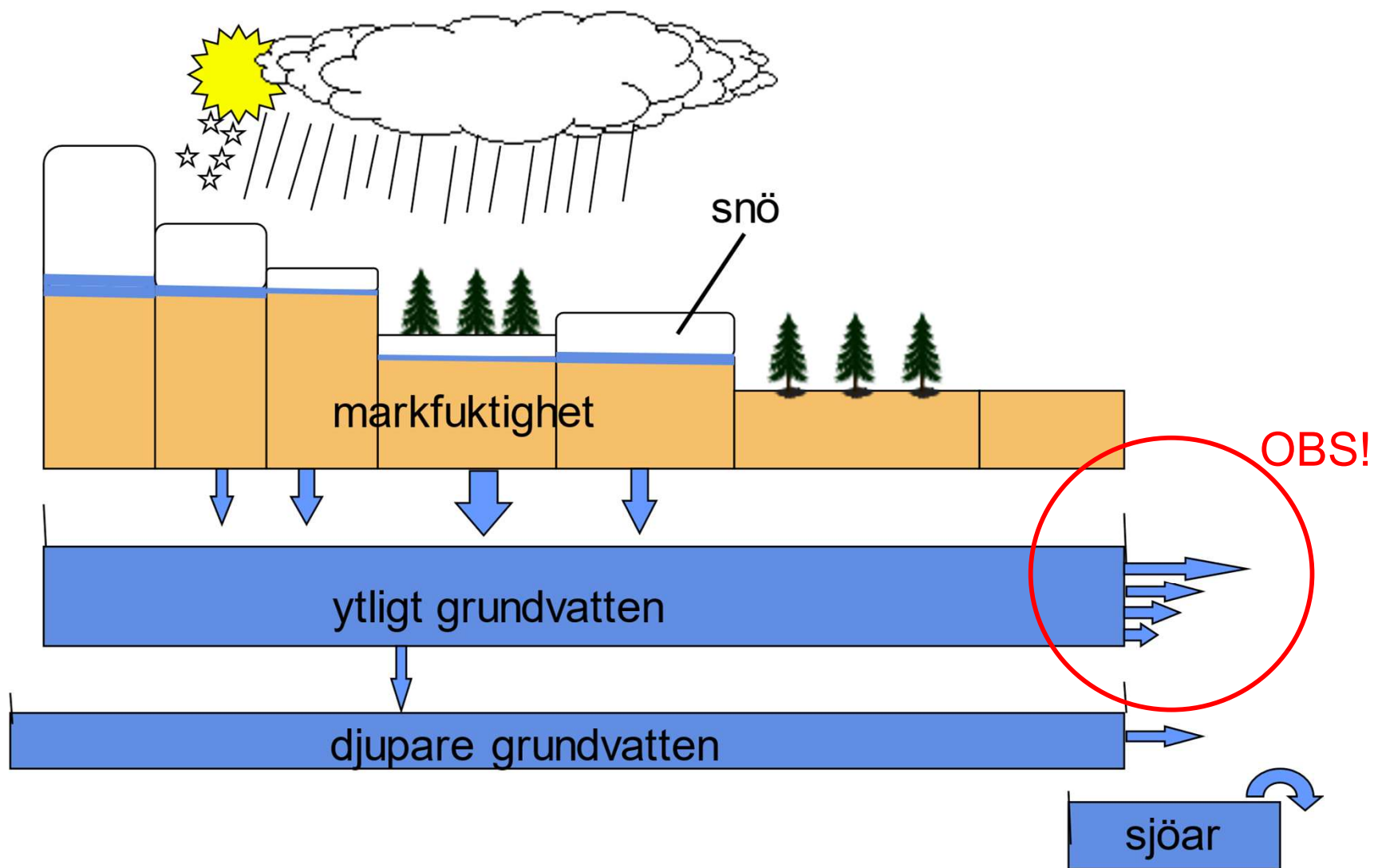
Modellen måste vara hanterbar



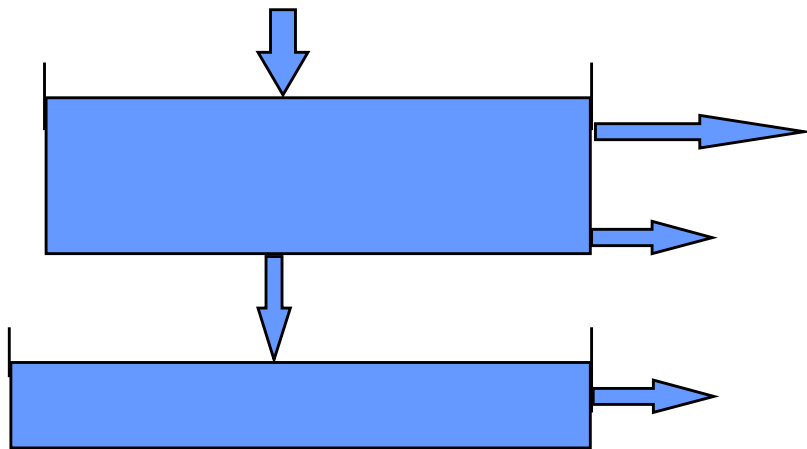
IHMS^{6.2}

Integrated Hydrological Modelling System
featuring HBV ©SMHI 2011

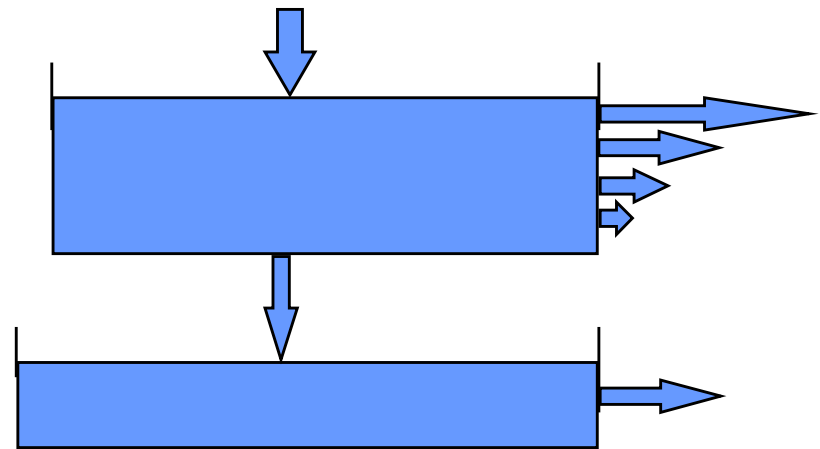
Ny modellversion HBV-96



Reduction of parameters in the response function



Older HBV
5 parameters

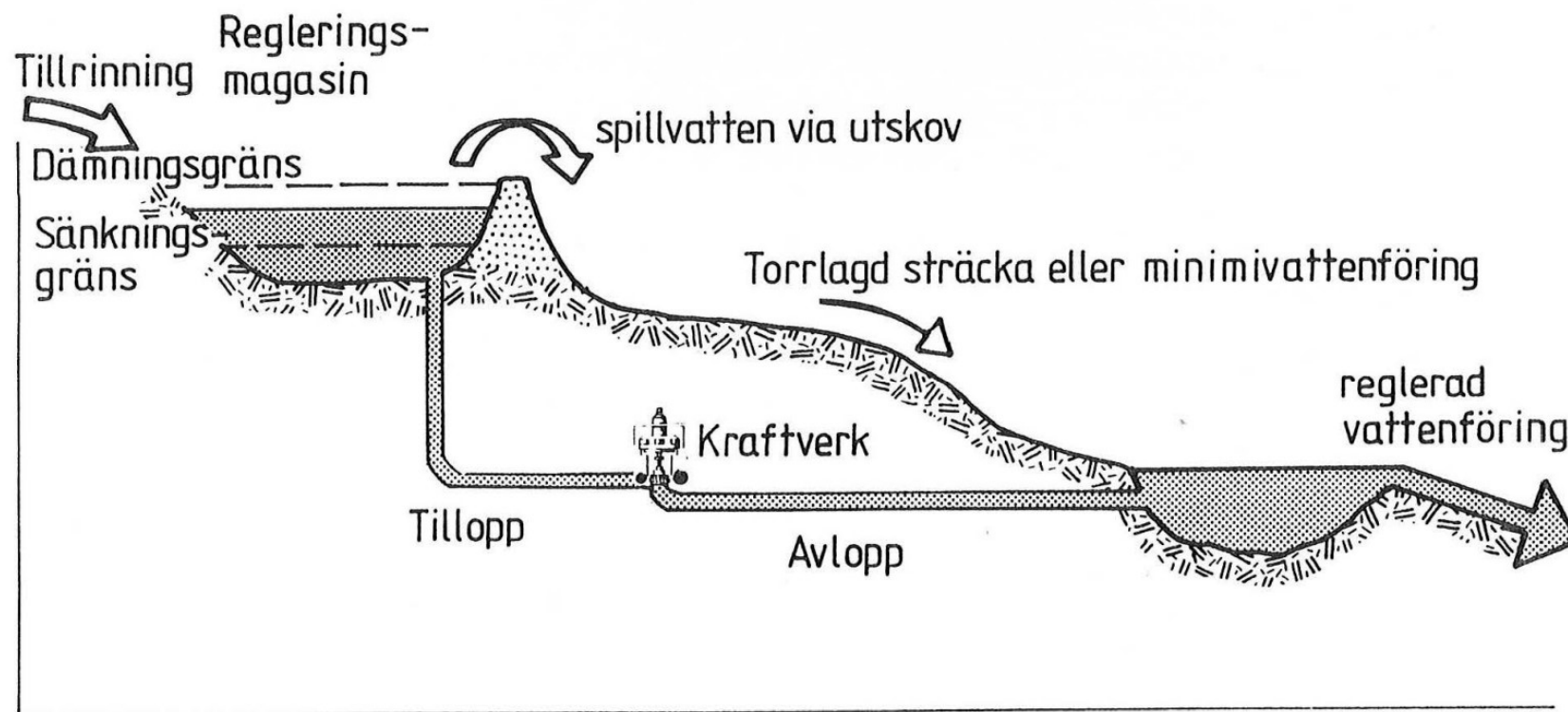


HBV 96
4 parameters

Dammsäkerhetsfrågan



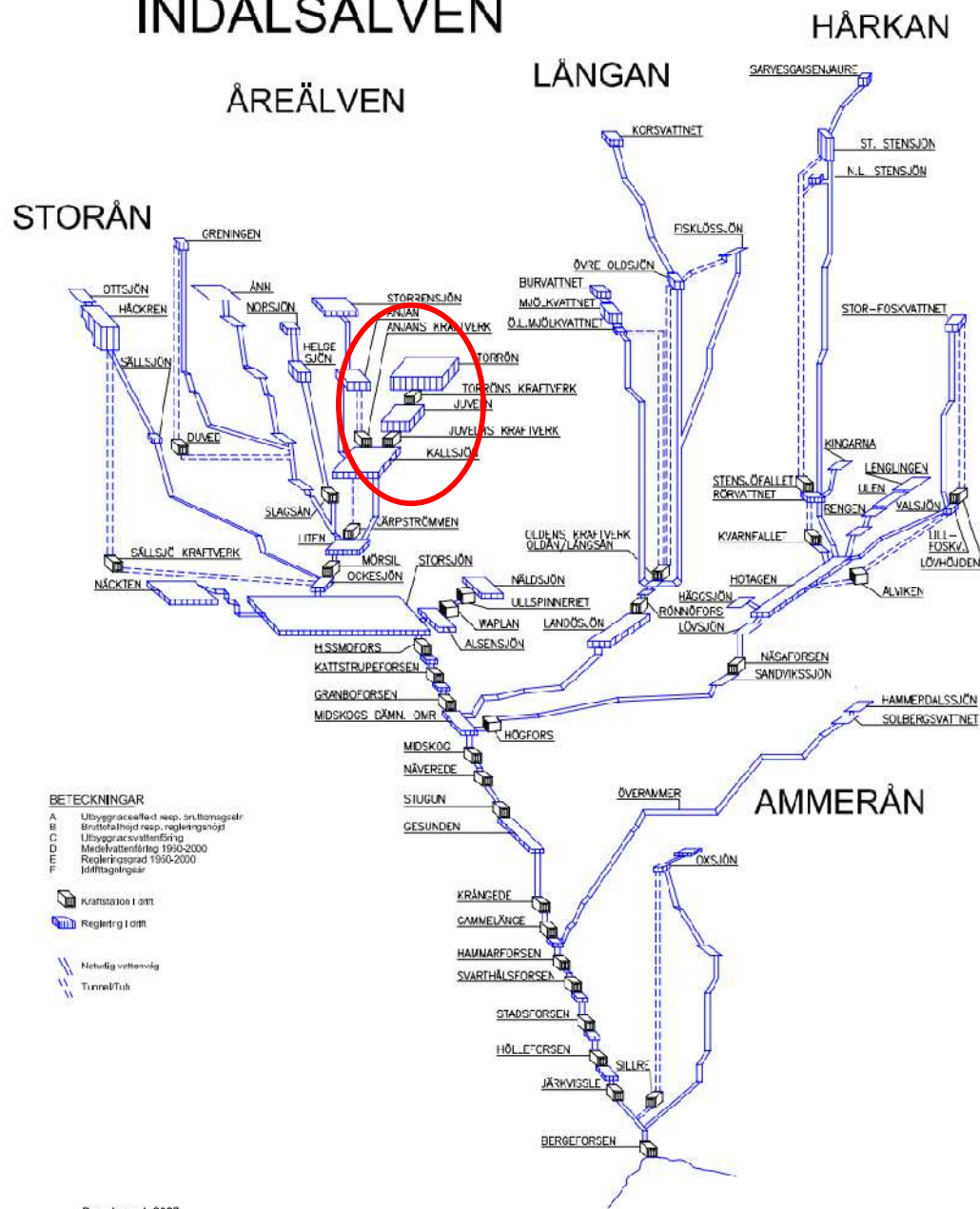
Foto Sten Bergström





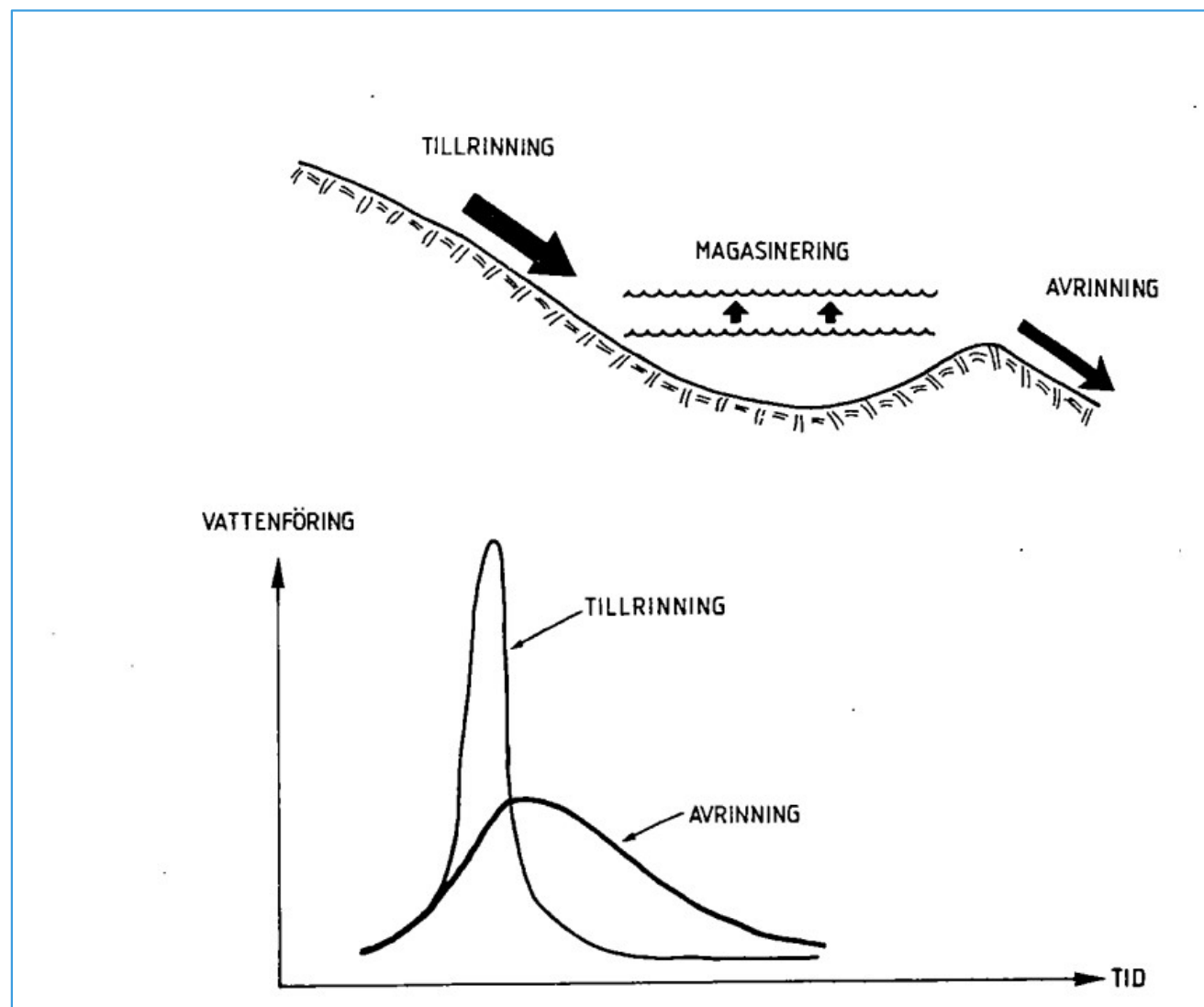
Älvkarleby
Källa: Svenska
kraftnät

SCHEMATISK BILD AV INDALSÄLVEN



Problem
med höga
flöden under
hösten 1983

Rev. januari 2007



1985 bildades Flödeskommittén med uppdraget ”att utarbeta förslag till riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden vid kraftverks- och regleringsdammar.”

Kommittén bestod av:

Lennart av Klintberg (ordförande och före detta vattenrättsdomare)

Karl-Åke Sjöborg (Vattenfall)

Per-Eric Ohlsson (Vattenregleringsföretagen)

Ulf Ehlin och Sten Bergström (SMHI)



Noppikoski,
september 1985
Källa Lantmäteriet

ny teknisk tidskrift

Nr 38 19 september 1985
118 173 ex.
Pris: 7:50

teknik

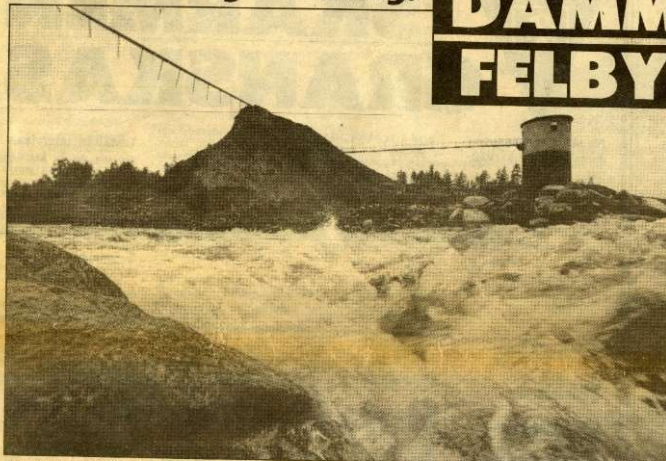
Lokomobiler en lidelse!

- Den som räddat en lokomobil har inte levat förgäves!
Det menar Ruben Blom utanför Götene i Västergötland. Ruben Bloms familj drabbades tidigt av lokomobiler och i deras maskinhistoriska samlingar finns nu 66 lokomobiler. På bilden en färggrann mastodont ur samlingarna.

Sid 36



Expert i hemlig utredning:



Fler dammkatastrofer kan komma, tror SMHI.

Foto ANDERS ENGMAN

DAMMARNAS FELBYGGDA

- Många svenska dammar är feldimensionerade;
- De är byggda efter felaktiga normer.
- De klarar inte vattenflödet vid extremt regn.
- Avtappningsmöjligheterna är för små. Detta konstaterade vattenbyggaren tekn dr Sten Bergström på SMHI.

Hemligstämpele på utredningen har i dag tagits bort och berörda parter informerats.

■ Ny Teknik skildrar i dag "kampen vid dammarna" (mittupplaget) och SMHI-granskningen av beräkningsgrunderna.



Sten Bergström, SMHI

Sid 18 - 21



Detta är morgondagens flygpropeller. Många kraftigt bakåtsvepta blad ger hög fart och låg bränsleförbrukning.

Propellern är tillbaka

Propellerflygplanen kommer tillbaka på 1990-talet.

Med många, korta, tunna blad ska framtidens propellerplan flyga lika snabbt som dagens jetplan. Men förbruka mindre bränsle.

Ny Teknics Sven-Olof Carlsson rapporterar från amerikanska flygindustrins utvecklingsavdelningar.

Denna vecka inleder Ny Teknik artikelserien om 1990-talets flygteknik.

del 2

Dumpa gasbomber!



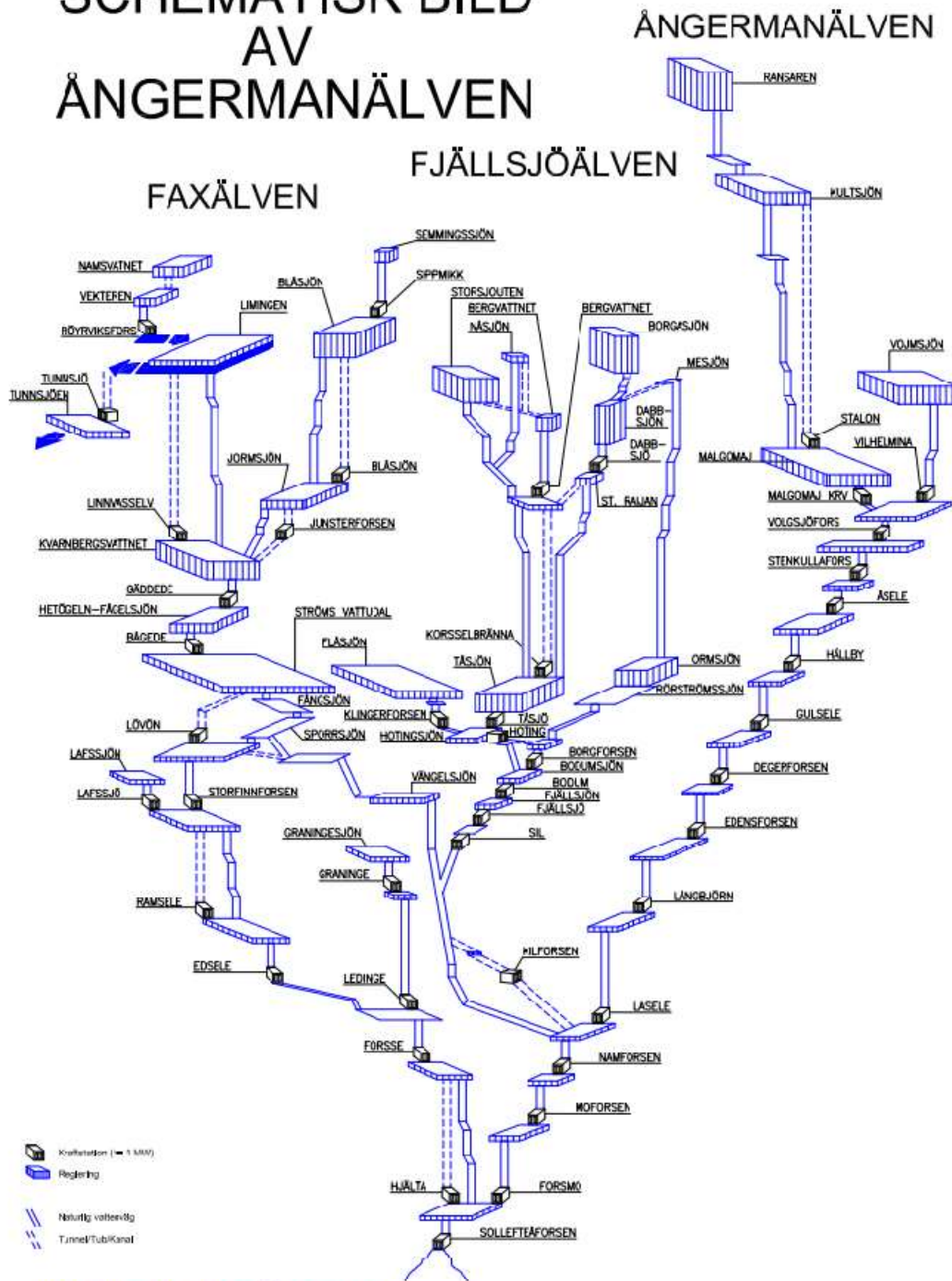
Dansk övning i händelse av senapsgasolycka.

- Släng tillbaka uppfiskade senapsgasbomber i Östersjön, uppmanar svenska myndigheter. Bryter Sverige mot Östersjökonventionen?

Sid 4

● Ledare	sid 2	● Debatt	sid 24 - 25	● Efter Jobbet	sid 36	● Miniproblem	sid 52
● Utland	sid 6 - 9	● Boknytt	sid 32	● Teknikindex	sid 43	● Kalendern	sid 55
● Teknikfrågan	sid 13	● Språkteknik	sid 33	● Produktnytt ..	sid 44 - 51	● Lediga platser	sid 57 - 80

SCHEMATISK BILD AV ÅNGERMANÄLVEN



PMP?
PMF?
Frekvensanalys?

Klassificering av dammar (senaste versionen från 2022)



Riktlinjer för bestämning av
dimensionerande flöden
för dammanläggningar

Utgåva 2022



SveMin

Dimensionerande flöde:

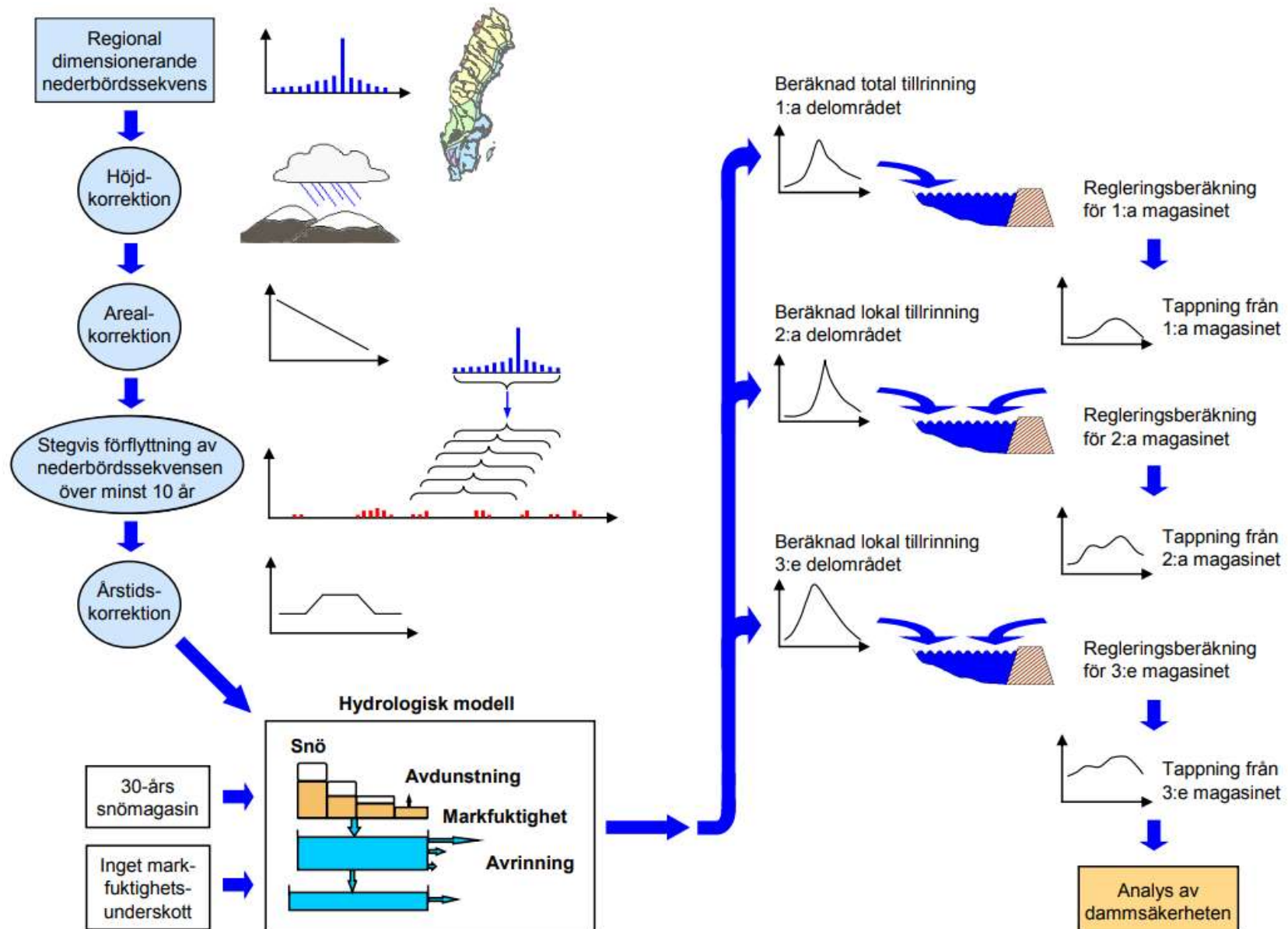
- Konsekvensernas allvarlighetsgrad styr krav för dimensionerande flöde

Konsekvensernas allvarlighetsgrad, 1–5	Dimensionerande flöde enligt	Grundkrav
Mycket stor betydelse från samhällelig synpunkt	Beräkningsmetod I - minimalt utrymme för mildare krav	1/100 vid DG
Stor betydelse från samhällelig synpunkt	Beräkningsmetod I - visst utrymme för minskade krav – dock lägst 1/500	1/100 vid DG
Måttlig betydelse från samhällelig synpunkt	Beräkningsmetod II – årlig sannolikhet 1/200 - högre flöde om kostnad rimlig mht ökade säkerhet	1/100 vid DG
Liten betydelse från samhällelig synpunkt men stor betydelse för enskilda intressen	Beräkningsmetod II – årlig sannolikhet 1/100	-
Liten betydelse från samhällelig synpunkt och liten betydelse för enskilda intressen	Krav ställs ej	-

Sammanfattning av Beräkningsmetod I

1. Komplet hydrologisk modellsimulering för helt älvsystem
2. Regleringsstrategi tillämpas
3. De meteorologiska förhållanden är föreskrivna i riktlinjerna
4. Den värsta situationen letas fram genom en systematisk kombination av extrema hydrologiska flödesskapande faktorer

Beräkningsschema enligt Flödeskommittén 1990





Hur ska man räkna?

**Riktlinjer
för bestämning av dimensionerande
flöden för dammanläggningar**



Slutrapport från Flödeskommittén

Statens Vattenfallsverk
Svenska Kraftverksföreningen
Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut

Riktlinjerna
antogs 1990

Ombyggnad av Håckrendammen i Indalsälven 2006

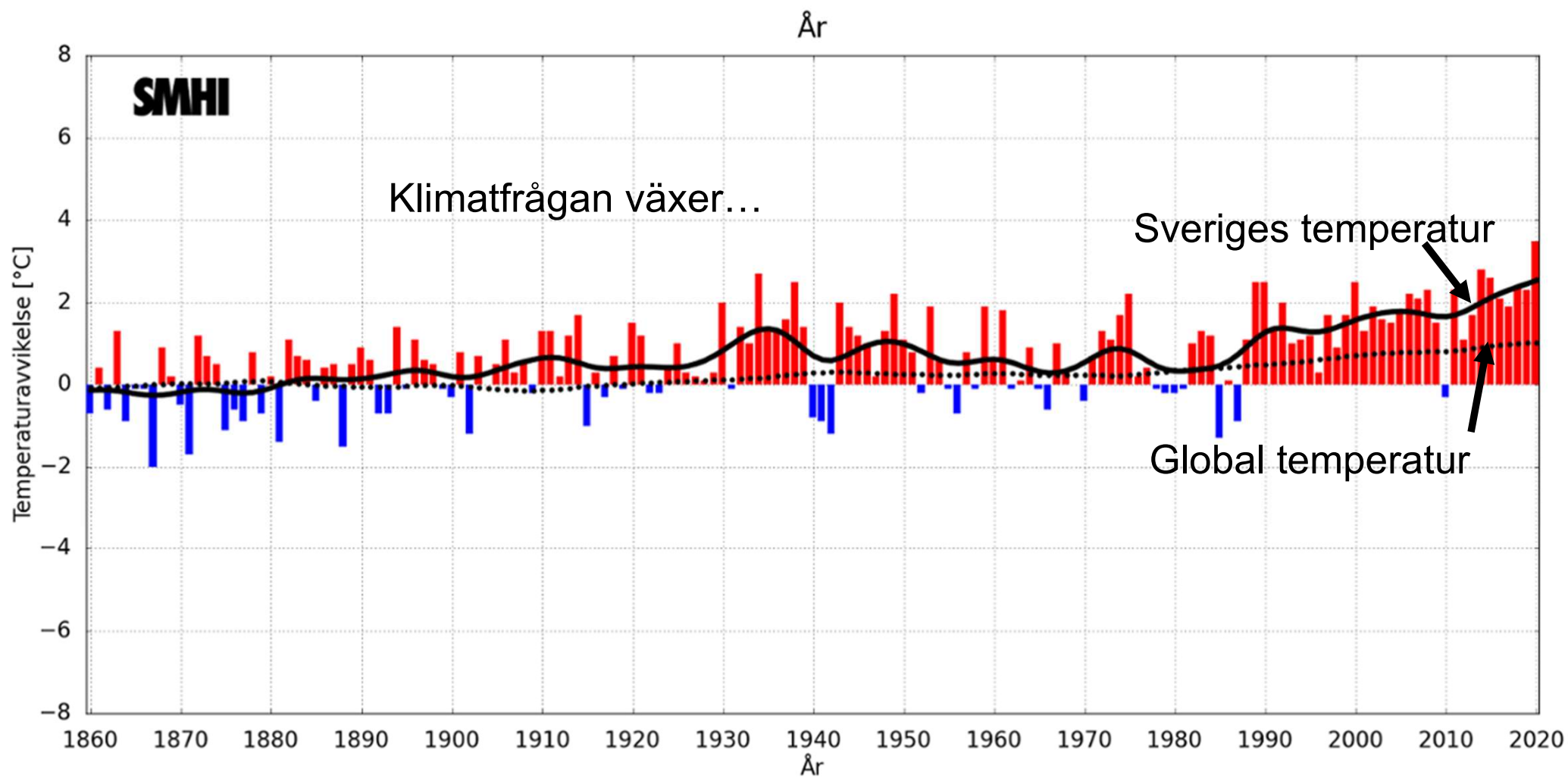




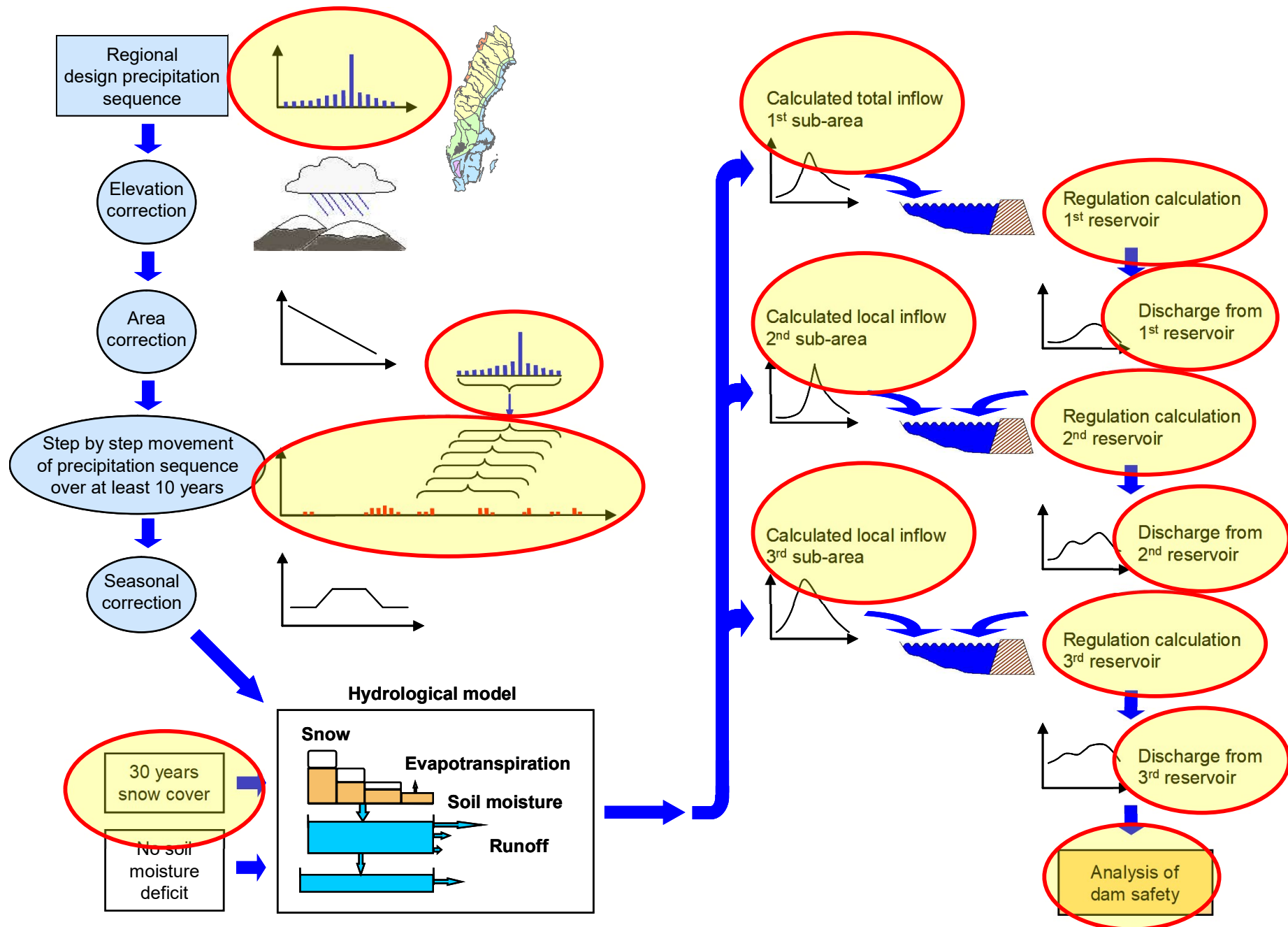
Olle Mill

Maria Bartsch

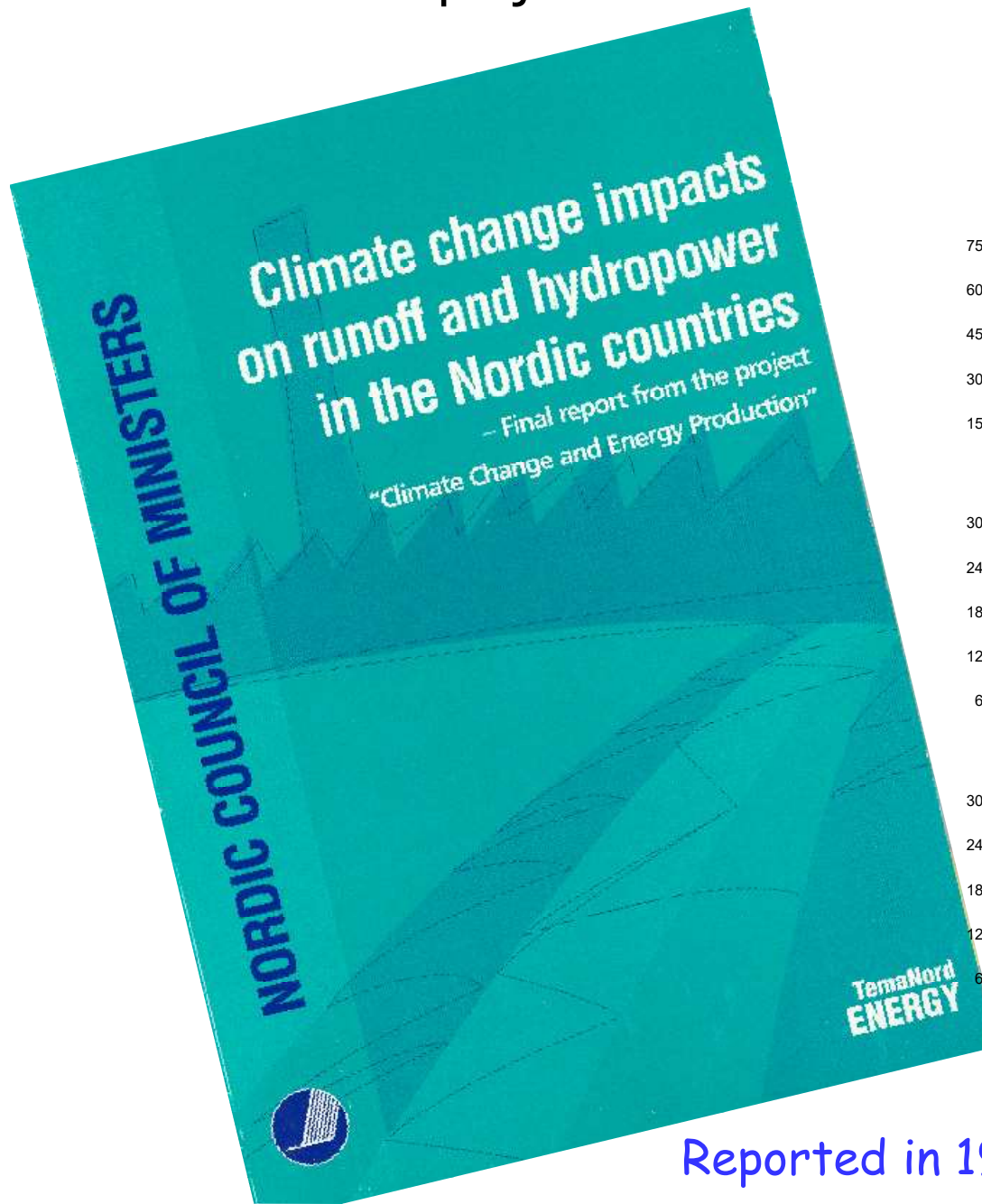
1998 fick Svenska kraftnät
över ett övergripande
ansvar för svensk dammsäkerhet
(bild från 2007).



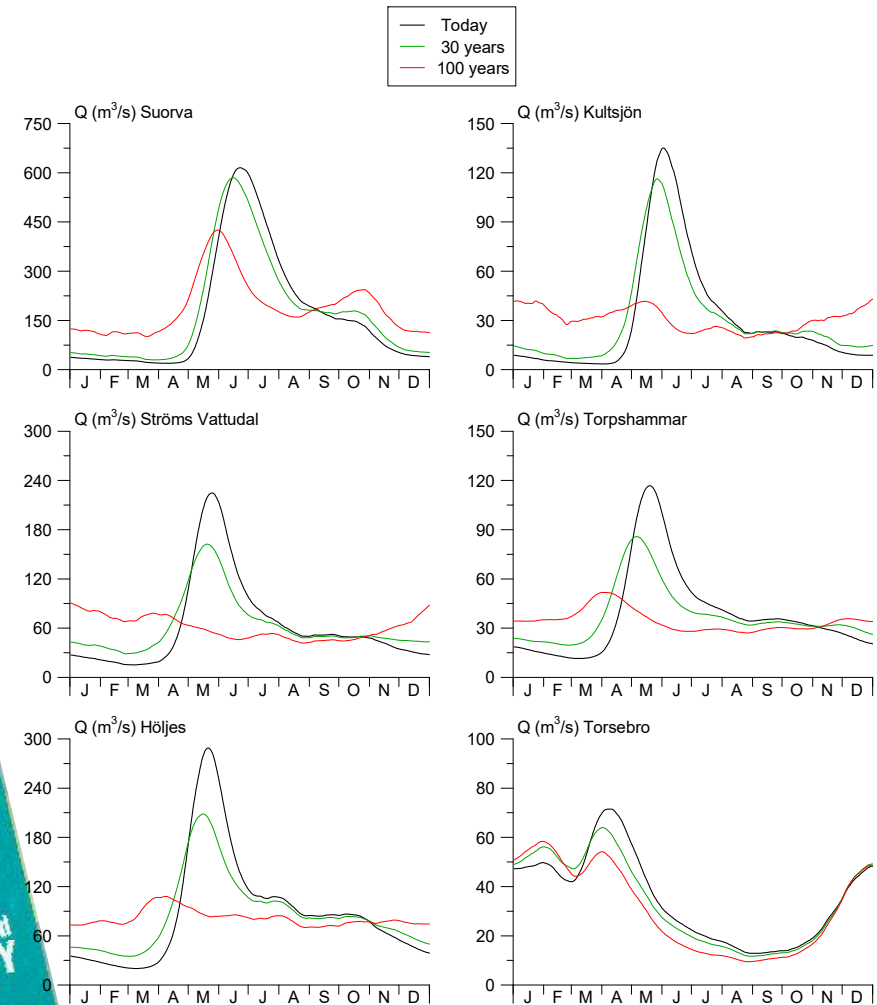
Klimatfrågan spelar en roll



Första nordiska projektet 1991-1996



0, 30 and 100 years from today



Reported in 1998

Nordic-Baltic projects on the impact of climate change on renewable energy

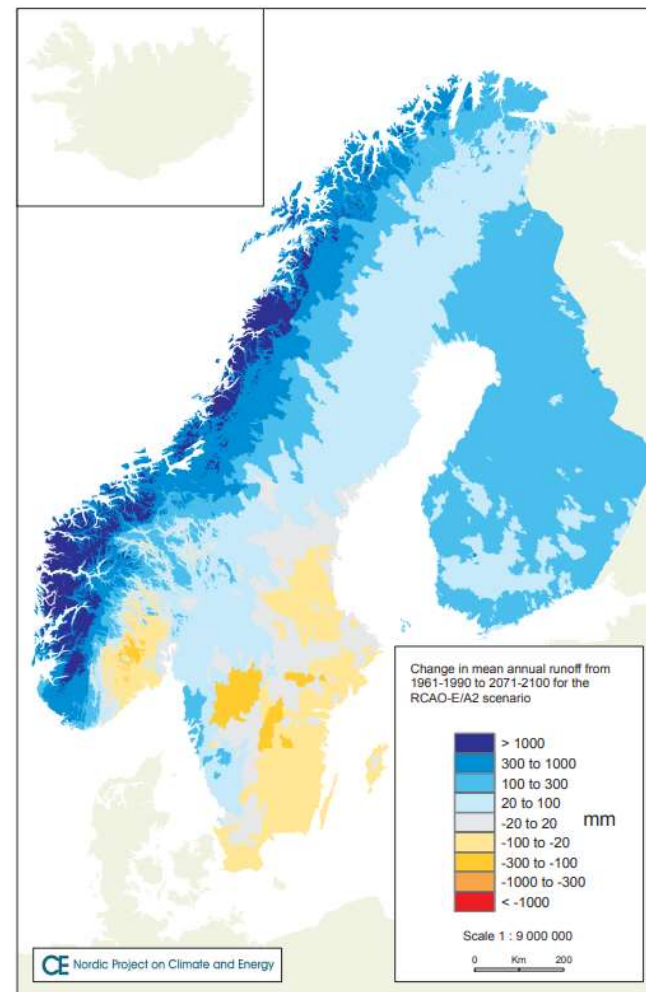
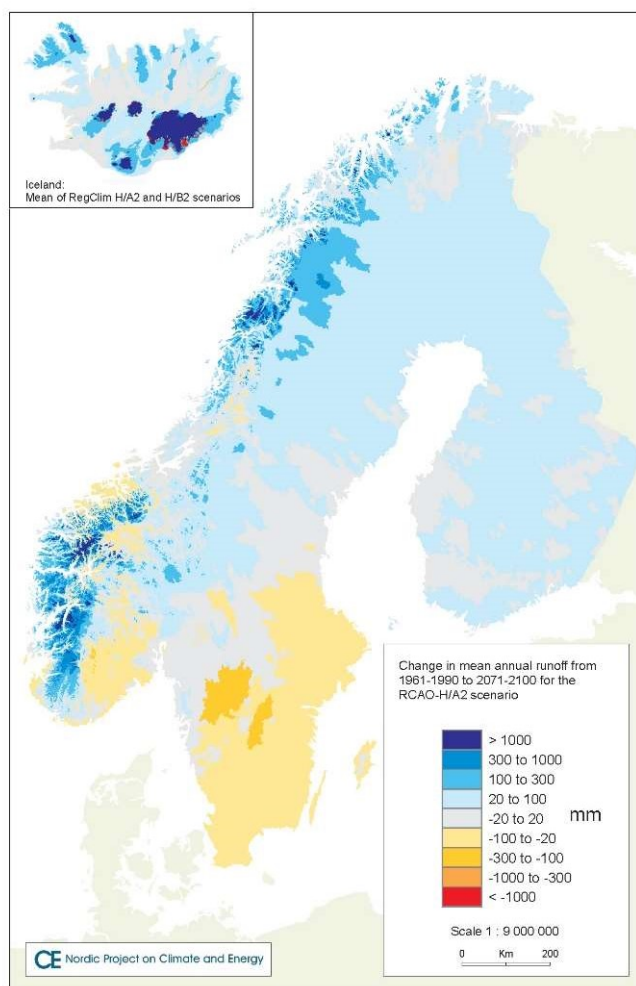
Climate Water and
Energy 2001-2002



Climate and Energy
2003-2006



Climate and Energy
Systems 2007-2010



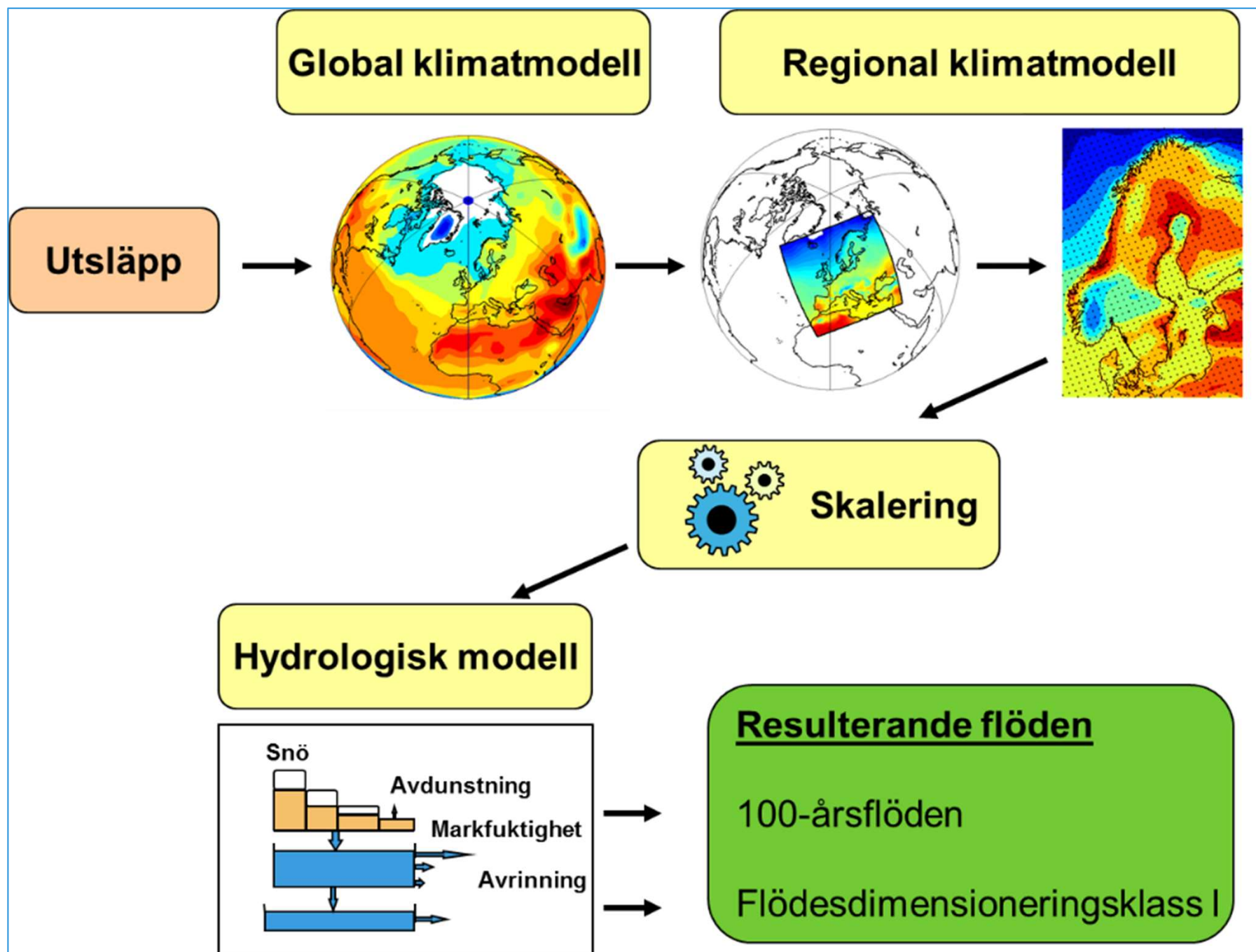
De första kartorna över hur vattentillgången beräknas förändras i de nordiska länderna togs fram inom det nordisk-baltiska projektet Climate and Energy. I figuren till vänster utgick man från den globala klimatmodellen HadAM3H från Hadley Centre i England och i den högra figuren från ECHAM4/OPYC3-modellen från Max Planck institutet för meteorologi i Hamburg. I båda fallen har man räknat med en kraftig ökning av växthusgaserna enligt det så kallade SRES-scenariet med benämningen A2. Den regionala klimatmodellen från Rossby Centre (RCAO) har använts för det nordiska området. Jämförelsen gäller mellan perioderna 1961–1990 och 2071–2100. Källa: Beldring et al., (2006).

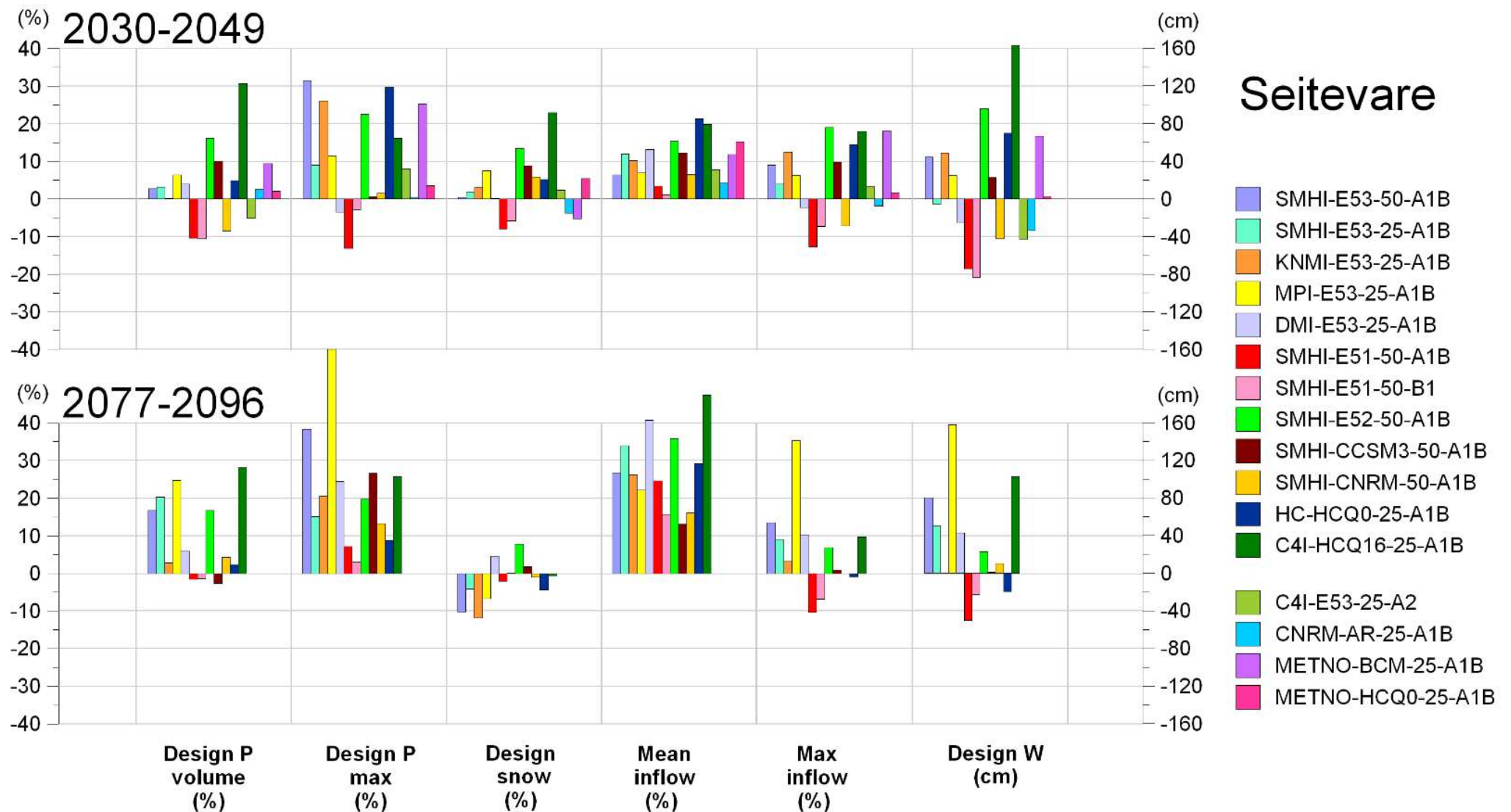
Klimatkommittén bildades 2009

Sten Bergström, SMHI
Gun Åhrling Rundström, Svensk Energi
Maria Bartsch, Svenska kraftnät
Claes-Olof Brandesten, Vattenfall
Jan Liif, Statkraft
Björn Norell, VRF

Agne Lärke, Fortum
Olle Mill, Svenska kraftnät
Sigrid Eliasson, E.ON
Lars-Åke Lindahl, SveMin
Gunnar Sjödin, VRF
Johan Andréasson, SMHI







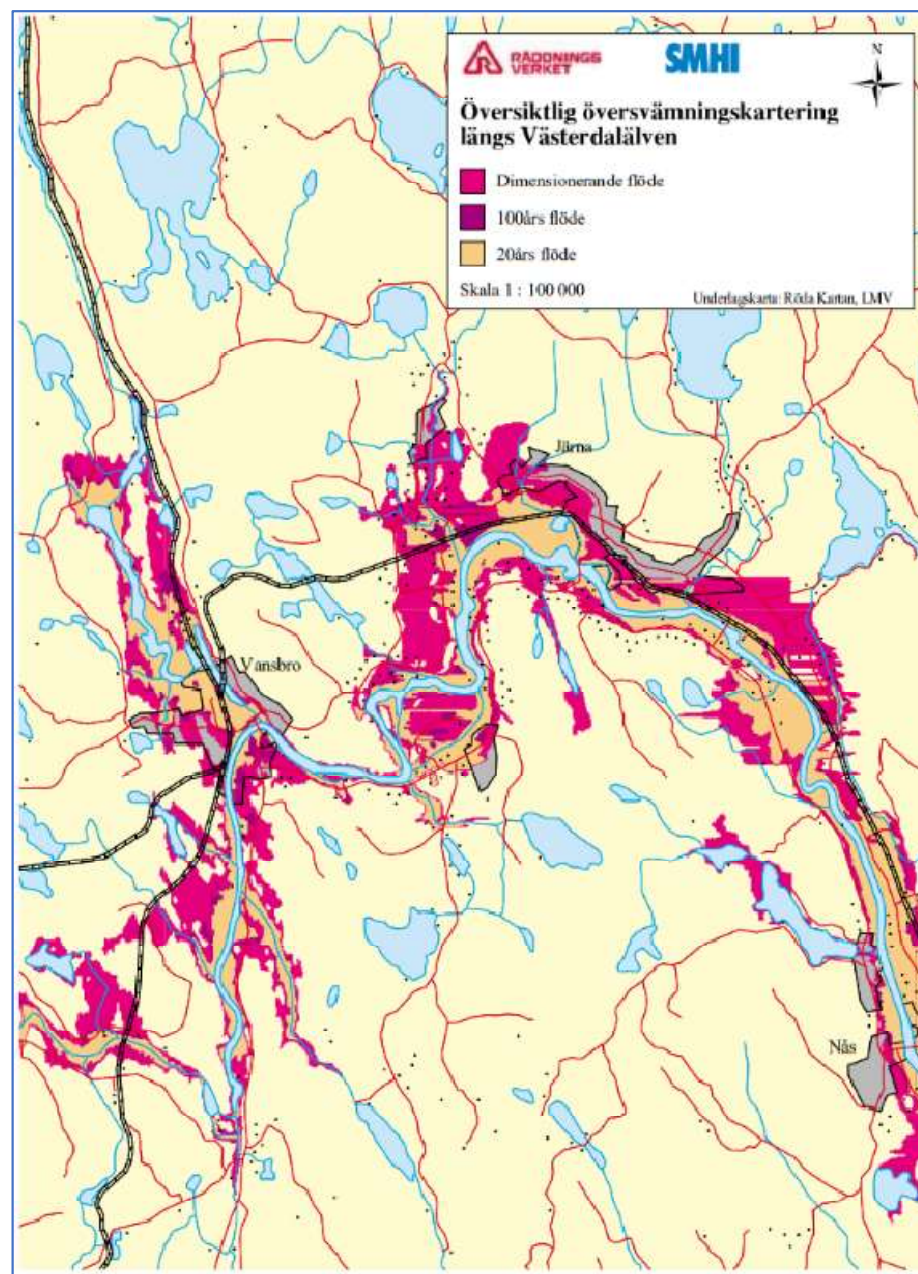


**Riktlinjer för bestämning av
dimensionerande flöden
för dammanläggningar**

Utgåva 2022



SveMin



Källa: Räddningsverket (1998)

Karlstad vid Vänern



Foto Sten Bergström

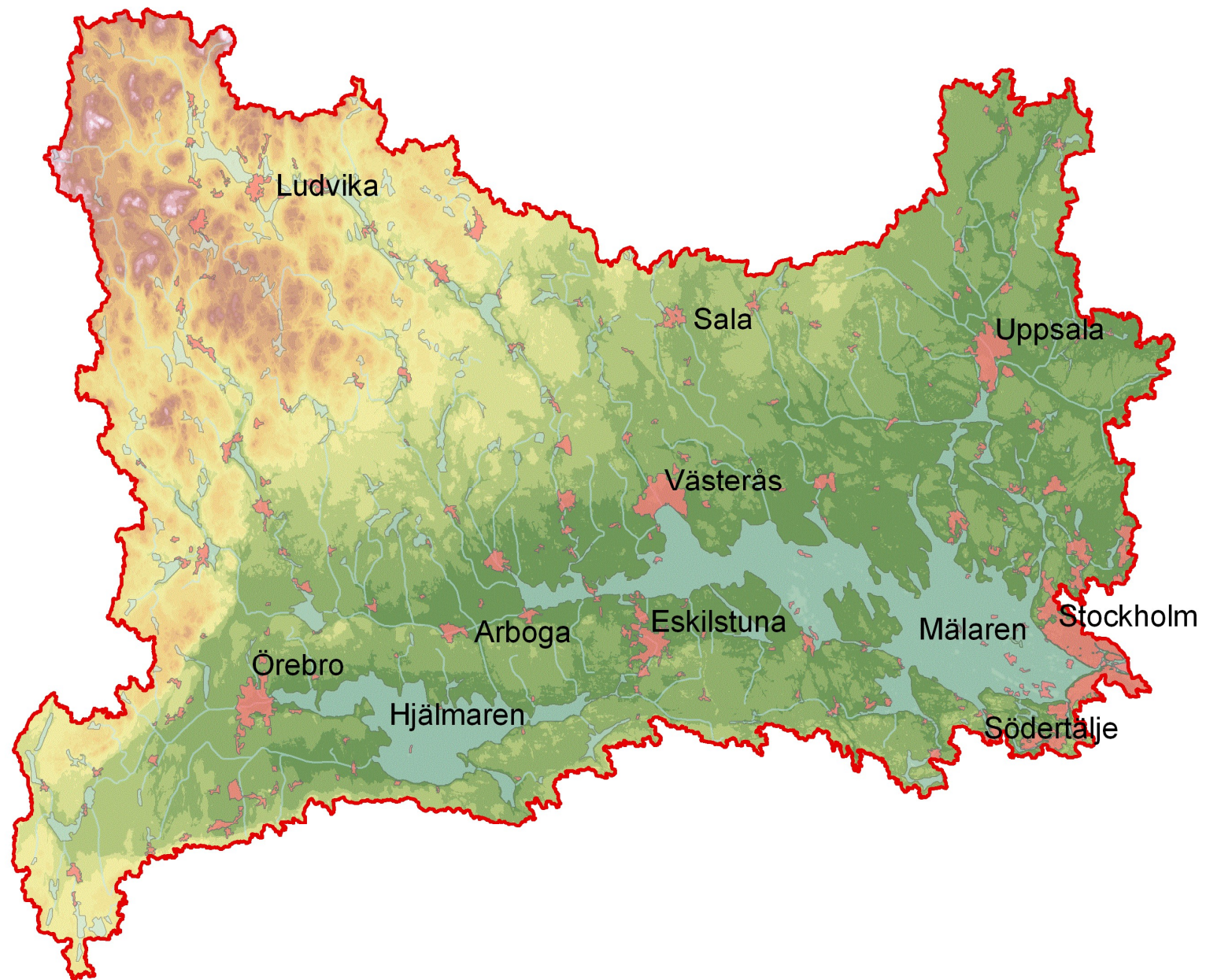


Finjasjön 2002

Foto Gunn Persson



Nya Slussen och ny reglering av Mälaren



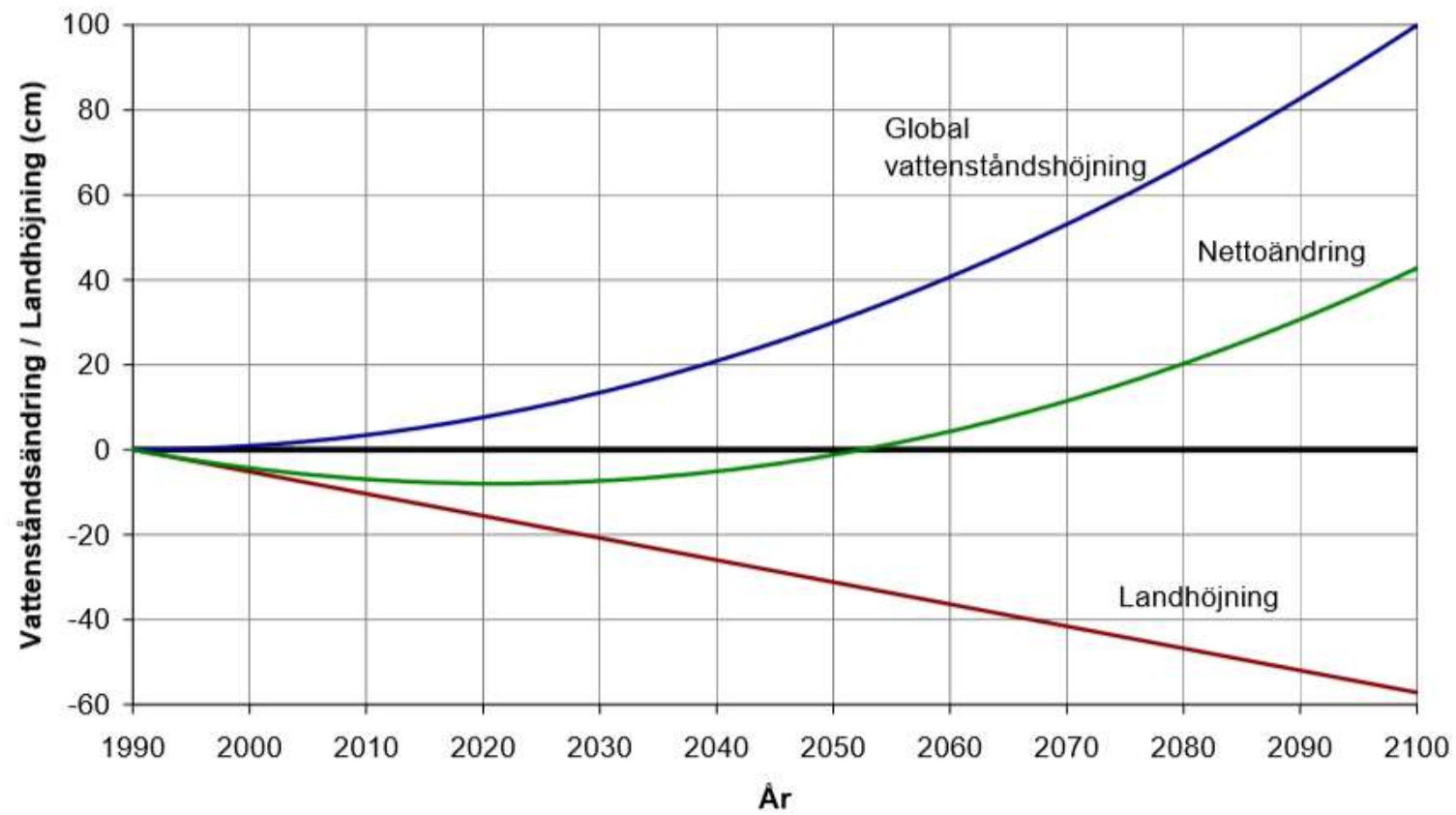




Foto Sten Bergström

Från Noppikoski till Slussen

Om beräkning av extrema vattenflöden för
dammsäkerhet och klimatanpassning

STEN BERGSTRÖM



NOVEMBER 2021

中-瑞水文预报模型(HBV)研讨会



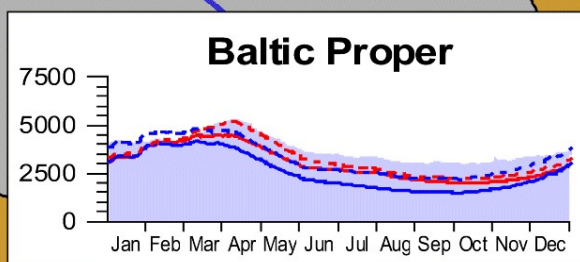
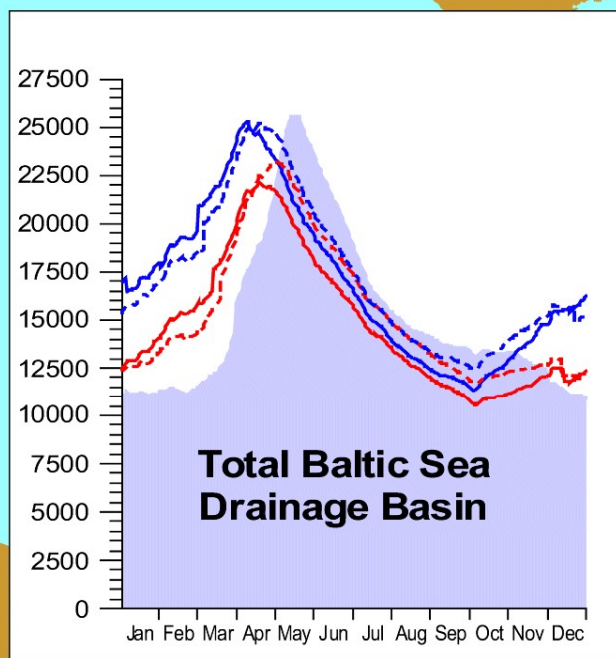
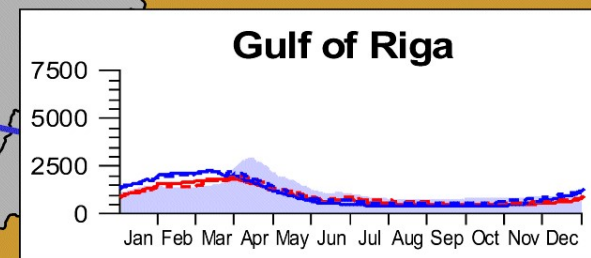
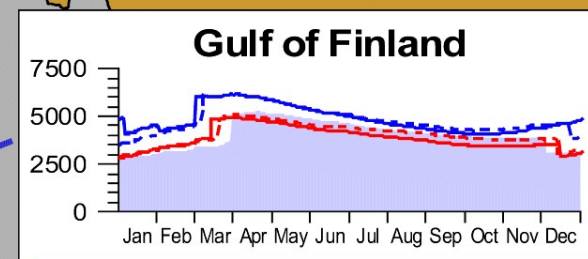
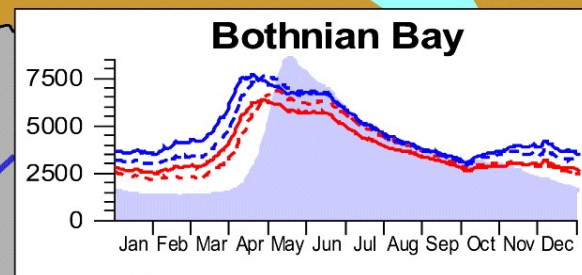
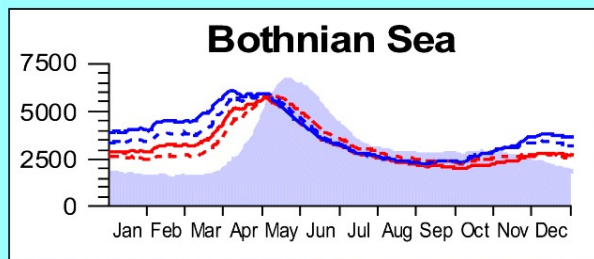
HBV har testats i åtminstone 95 länder



Minst 1500 referenser

Minst 50 doktorsavhandlingar





Total Discharge (m³/s)

- Today
- RCAO - HadCM3/AM3 - A2
- RCAO - ECHAM4/OPYC3 - A2
- - - RCAO - HadCM3/AM3 - B2
- - - RCAO - ECHAM4/OPYC3 - B2



A retrospective on hydrological catchment modelling based on half a century with the HBV model

Jan Seibert^{1,2} and Sten Bergström^{a,☆}

¹Department of Geography, University of Zurich, 8057 Zurich, Switzerland

²Department of Aquatic Sciences and Assessment, Swedish University of Agricultural Sciences, 75007 Uppsala, Sweden

^aformerly at: Hydrological Research, Swedish Meteorological and Hydrological Institute, 60176 Norrköping, Sweden

☆retired

Correspondence: Jan Seibert (jan.seibert@geo.uzh.ch)

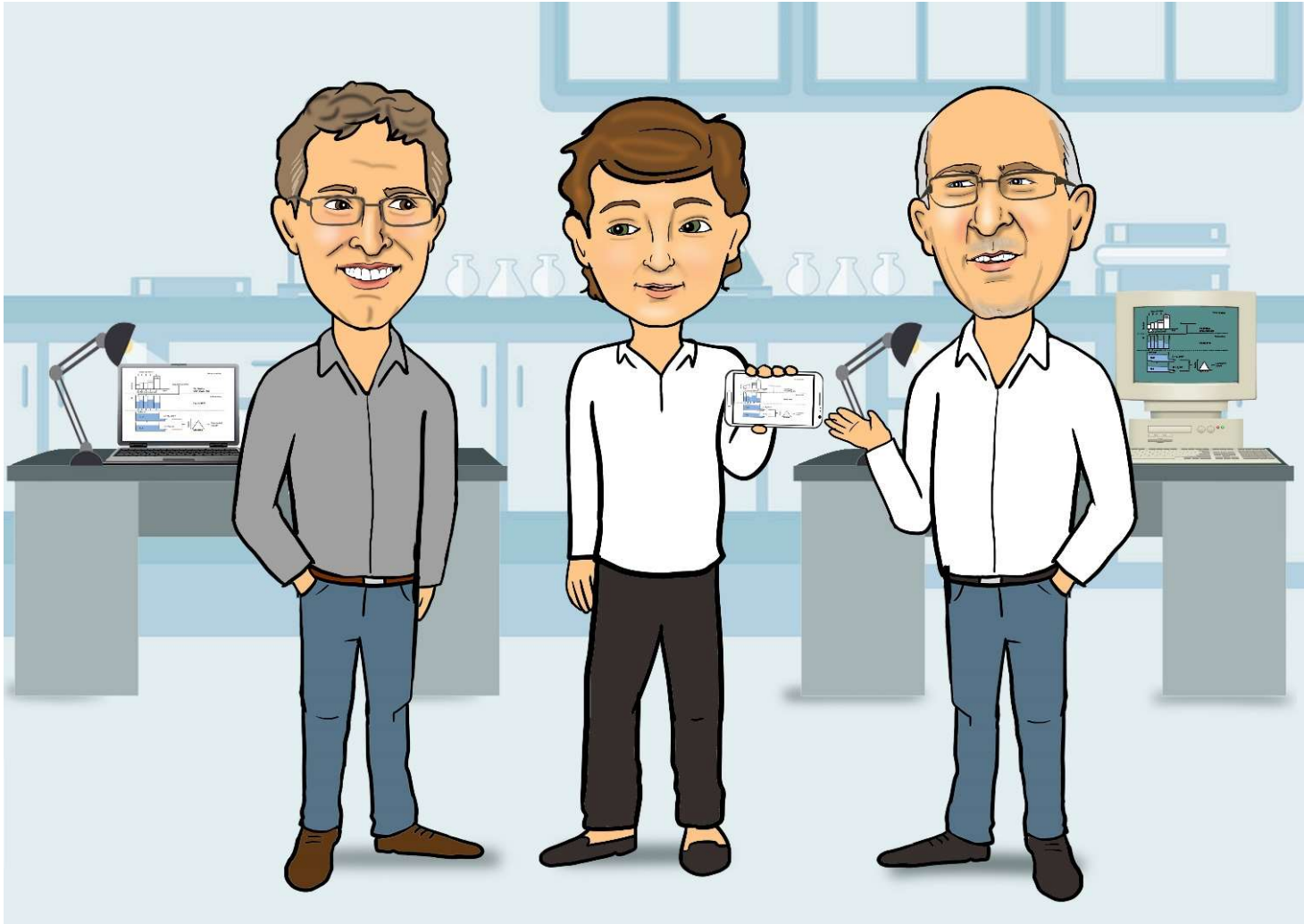
Received: 29 October 2021 – Discussion started: 19 November 2021

Revised: 29 January 2022 – Accepted: 3 February 2022 – Published: 14 March 2022

Abstract. Hydrological catchment models are important tools that are commonly used as the basis for water resource management planning. In the 1960s and 1970s, the development of several relatively simple models to simulate catchment runoff started, and a number of so-called conceptual (or bucket-type) models were suggested. In these models, the complex and heterogeneous hydrological processes in catchments are represented by a limited number of stor-

1 Introduction

The fundamental questions to hydrologists have remained similar over the past decades. How much water is available today and will be in the future? How much discharge is there on average, at minimum and maximum flow? How extreme can it get? How does discharge vary between catchments? How do vegetation and climate influence discharge? What is



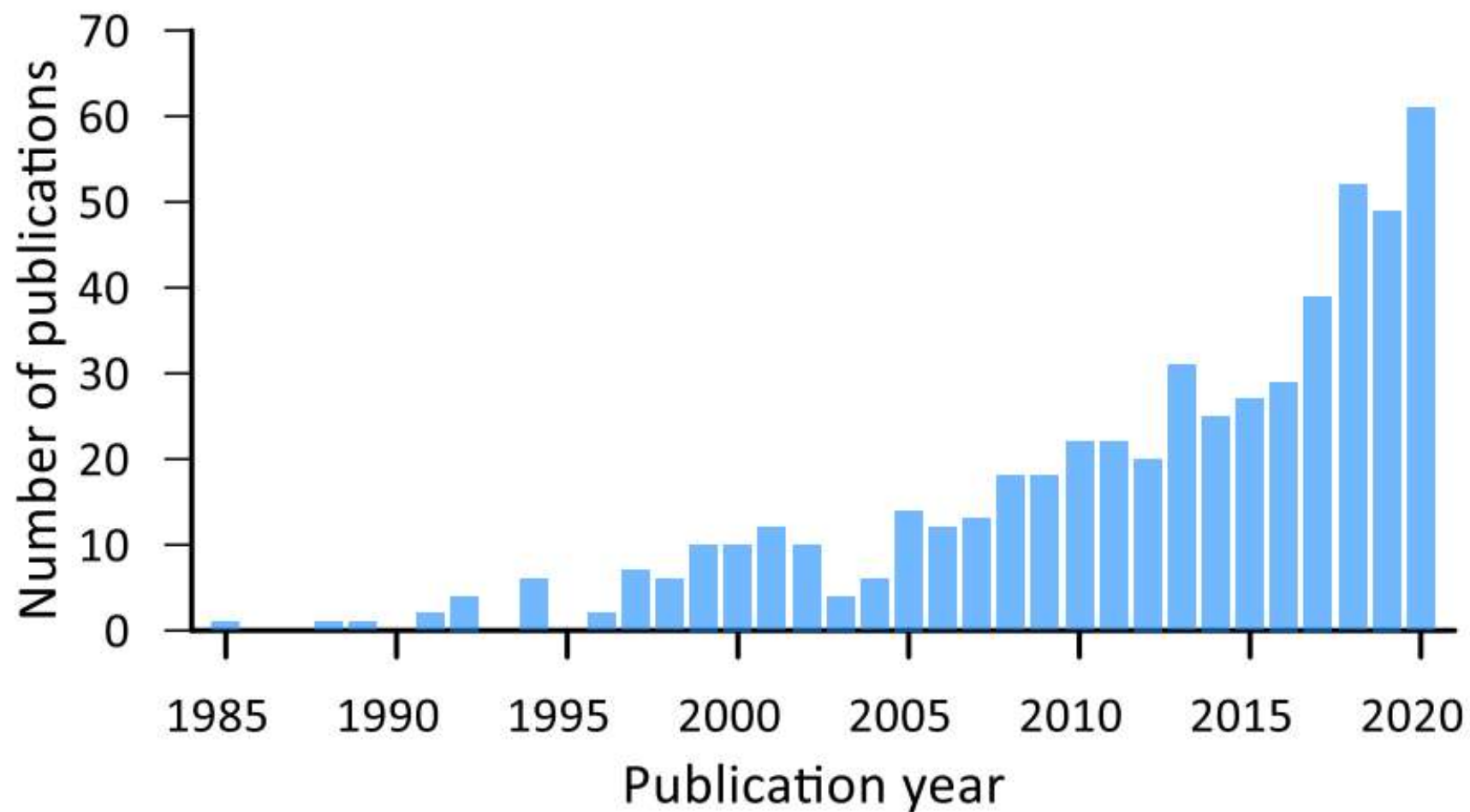


Figure 5. Number of publications found in the 'Web of Science' using the search query "HBV AND (runoff OR hydrology)" (performed on 2.10.2021)

Water Resources Research

RESEARCH ARTICLE

10.1029/2020WR029143

Key Points:

- The concept of model mimicry is evaluated by comparing models that bear the same name
- A step-wise comparison of model components against the benchmark model revealed a simulated outflow difference of up to 0.15 point in the Kling-Gupta efficiency metric for numerical differences
- Model structures are often difficult to access and need a systematic model naming framework to advance model development

Mimicry of a Conceptual Hydrological Model (HBV): What's in a Name?

Koen F. Jansen¹ , Adriaan J. Teuling¹ , James R. Craig² , Marco Dal Molin^{3,4,5} ,
Wouter J. M. Knoben⁶ , Juraj Parajka⁷ , Marc Vis⁸ , and Lieke A. Melsen¹ 

¹Hydrology and Quantitative Water Management, Wageningen University, Wageningen, The Netherlands, ²Civil and Environmental Engineering Department, University of Waterloo, Waterloo, Ontario, Canada, ³Department Systems Analysis, Integrated Assessment and Modelling, Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland, ⁴The Centre of Hydrogeology and Geothermics, University of Neuchâtel, Neuchâtel, Switzerland, ⁵Department of Water Resources and Drinking Water, Eawag, Swiss Federal Institute of Aquatic Science and Technology, Dübendorf, Switzerland, ⁶Centre for Hydrology, University of Saskatchewan, Canmore, Alberta, Canada, ⁷Institute of Hydraulic Engineering and Water Resources Management, Technische Universität Wien, Vienna, Austria, ⁸Department of Geography, University of Zurich, Zürich, Switzerland

Table 1

HBV Model-Variants Employed in This Study

Name	Developer	Language	Citations ^a	Type	Lump/Dis	E/I	Seq/Sim
HBV-light	Seibert and Vis (2012)	VB.NET (.exe)	276	Singular	Dis	E/Adaptive ^b	Seq
TUW	Parajka et al. (2007)	R ^c	131	Singular	Dis	E/A ^d	Seq
MAC	Samuel et al. (2011)	Matlab (.exe)	139	Singular	Lump	E? ^e	Seq
EDU1	AghaKouchak and Habib (2010)	Matlab	86	Singular	Lump	E	Seq
EDU2	~	~	~	~	~	~ ~	~
SuperflexPy	Dal Molin et al. (2020)	Python	0 ^f	MMF	Dis	I	Seq/Sim
Raven1	Craig et al. (2020)	C++ (.exe)	1	MMF	Dis	E ^g	Seq
Raven2	~	~	~	~	~	~	~
MARRMoT1	Knoben, Freer, Fowler, et al. (2019)	Matlab	7	MMF	Lump	I/E ^h	Sim
MARRMoT2	~	~	~	~	~	~	~

Tack!