

ELFORSK



DAMMSÄKERHET

Uppföljning dimensioneringsberäkningar

Rapport 06:10

Uppföljning dimensioneringsberäkningar

Elforsk rapport 06:10

Uppföljning dimensioneringsberäkningar

Elforsk rapport 06:10

Claes-Olof Brandesten, Per Larsson & Marina Uljanova



Förord

Stockholm januari 2006

Denna rapport är ett delresultat inom Elforsk ramprogram Dammsäkerhet.

Kraftindustrin har traditionellt satsat avsevärda resurser på forsknings och utvecklingsfrågor inom dammsäkerhetsområdet, vilket har varit en förutsättning för den framgångsrika utvecklingen av vattenkraften som energikälla i Sverige.

Målen för programmet är att långsiktigt stödja branschens policy, dvs att:

- Sannolikheten för dammbrott där människoliv kan vara hotade skall hållas på en så låg nivå att detta hot såvitt möjligt elimineras.
- Konsekvenserna i händelse av dammbrott skall genom god planering såvitt möjligt reduceras.
- Dammsäkerheten skall hållas på en god internationell nivå.

Prioriterade områden är Teknisk säkerhet, Operativ säkerhet och beredskap samt Riskanalys.

Ramprogrammet har en styrgrupp bestående av: Jonas Birkedahl – FORTUM, Malte Cederström - Vattenfall Vattenkraft, Anders Isander – Sydkraft Vattenkraft, Lennart Markland – Vattenregleringsföretagen, Urban Norstedt - Vattenfall Vattenkraft, Gunnar Sjödin – Vattenregleringsföretagen, Olle Mill Svenska Kraftnät samt Lars Hammar - Elforsk

Lars Hammar
Elforsk AB

Sammanfattning

Denna uppföljning av dimensioneringsberäkningar beskriver det omfattande arbete som följt efter utgivningen av "Flödeskommitténs riktlinjer" i maj 1990 och omfattar data fram till mitten av 2003.

Genom arbetet har en databas lagts upp som omfattar 680 beräkningspunkter. 629 av dessa har varit möjliga att koordinatbestämma, varav 496 hänförs till dammar och de genomförda dimensioneringsberäkningarna och 133 till andra punkter i vattendragen och den översiktliga översvämningskarteringen.

Beräkningar av klass I-flöden inleds med att en hydrologisk modell läggs upp för vattendraget, vilket följs av simuleringar varvid olika hydrologiska förutsättningar kombineras. De kalibrerings- och simuleringsperioder som ligger till grund för beräkningarna varierar mellan älvarna vilket innebär ett mått av slump som leder till att beräknade 30-årssnötäckan och dimensionerande vattenstånd skulle kunna påverkas om en annan period valts. För de beräknade 30-års snötäckena redovisas på sina håll i Lule- och Umeälven ett vatteninnehåll som överstiger 1000 mm (1m), vilket är minst 10 gånger mer än vad som redovisas i södra Sverige.

Vid inledningen av dimensioneringsberäkningarna insågs snabbt att vissa anläggningar inte skulle klara framräknade vattenstånd. Då infördes för enkelhets skull beräkningsantaganden om att dessa anläggningar var tillräckligt höga för att inte gå till brott. Sådana antaganden gjordes såväl för klass I-, som klass II-dammar. För de senare kvarligger sådana antaganden i beräkningarna vilket medför en osäkerhet i framräknade flöden nedströms om dessa. Bedömningen görs att denna frågeställning skulle förtjäna en systematisk analys.

För Lule- och Skellefteälven kommer lokalt styrd aktiv dämpning av tillämpas i samband med höga flöden. I och med detta kommer tappningen från de största magasinerna i respektive älv att strypas till förmån för nedströms liggande anläggningar. Detta innebär att nya tankar om den framtida regleringen framkommit i samband med dimensioneringsberäkningarnas genomförande. I övriga älvar baseras den i framtiden tänkta regleringen vid höga flöden på grundregeln att utnyttja all tillgänglig avbördningskapacitet då tillrinningen överstiger avbördningsförmågan vid dämpningsgränsen.

I en analys av flödesdämpningen vid olika anläggningar framkommer att avrinningen ibland understiger 20 % av den framräknade tillrinningen. Störst dämpning förekommer i utloppen av våra stora sjöar samt i randområden.

Den specifika tillrinningen uttryckt i l/s/km^2 visar att värden på över 1000 l/s/km^2 förekommer och särskilt i randområden.

Summary

This follow-up of design flood calculations in Sweden describes the extensive work that followed the release of "The Swedish Guidelines for Design Flood Calculations" in May 1990. The follow-up includes data until the mid 2003.

As a result of the work a database has been established which cover 680 calculation points. For 629 of them coordinates has been possible to assess, of which 496 have reference to dams and 133 to other points in the water courses.

The calculation of class I-floods begins with the set-up of a hydrological model for the water-course, and is followed by simulations at which various hydrological presumptions are combined. The periods of calibration and simulations used for the calculations differ between the water-courses, which implies a certain amount of chance, which means that the results would be affected, should another period been used. The calculated 30-year snow-covers in some places in the Lule and Ume river exceeds 1000 mm (1m) of water, which is more than 10 times the values presented for Southern Sweden.

At the initiation of the calculations it was soon realised that some dam facilities would not be able to handle the calculated design water levels. At that instance a simplifying assumption was made which implied that these facilities were high enough not to be overtopped. Such assumptions were made both for class I- and class II-dams. For the latter such assumptions still exist in the models, which imply an uncertainty in the resulting design floods downstream. It is judged that this issue deserves a systematic analysis.

For the Lule and Skellefte rivers an active dampening based on local information will be applied should (very) high flows occur. This implies that the release from the reservoirs with the largest area would be dampened for the benefit of facilities downstream. Here the work with design flood calculations has initiated new ideas concerning the future regulation with regard to dam safety. In the other water-courses the future regulation will be based on the basic rule that all available discharge capacity will be utilised, should the reservoir inflow exceed the spillway capacity at full supply level.

When discharge and inflow data from the calculations are analysed it shows that sometimes the discharge will be as low as 20 % of the calculated inflow. The dampening will be the largest at the mouths of the largest lakes in Sweden, and highest up in the river systems.

The specific reservoir inflow expressed in l/s/km^2 shows that values exceeding 1000 l/s/km^2 are occurring, especially highest up in the river systems.

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	UPPFÖLJNINGENS MÅL OCH SYFTE	1
2	MATERIAL OCH METODER.....	2
2.1	INSAMLING AV DATA OCH UPPRÄTTANDE AV DATABAS	2
2.2	ARBETSGÅNG VID BESTÄMNING AV KLAS I-FLÖDEN.....	2
2.3	ARBETSGÅNG VID BESTÄMNING AV KLAS II-FLÖDEN.....	4
3	RESULTAT	5
3.1	DATABASEN	5
3.2	KALIBRERINGS- OCH DIMENSIONERINGS- PERIODER.....	7
3.3	DIMENSIONERANDE 30-ÅRS SNÖTÄCKE	7
3.4	BERÄKNINGSFALL OCH DIMENSIONERANDE TILLFÄLLEN	8
3.5	REGLERINGSSTRATEGIER OCH FLÖDESDÄMPNING.....	11
3.6	FÖRHÅLLANDE MELLAN 100-ÅRS FLÖDE OCH KLAS I-AVRINNING.....	15
3.7	TILLRINNING OCH AVRINNING SOM FUNKTION AV TILLRINNINGSOMRÅDETS STORLEK.....	17
4	DISKUSSION OCH ERFARENHETER.....	20
4.1	DIMENSIONERINGSARBETETS GENOMFÖRANDE	20
4.2	DATABASEN	21
4.3	ERFARENHETER FRÅN BERÄKNINGAR AV KLAS I-FLÖDEN	21
4.4	ERFARENHETER FRÅN BERÄKNINGAR AV KLAS II-FLÖDEN	22
5	REFERENSER	23

Bilagor

- A POSTER I DATABASEN**
- B DÄMPNING VID DIMENSIONERANDE TILLFÄLLET**
- C SPECIFIK TILLRINNING**
- D SPECIFIK AVRINNING**

1 Inledning

1.1 Bakgrund

”Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar” presenterades i maj 1990 efter 5 års utvecklingsarbete av Flödeskommittén, som bestod av representanter från SMHI och kraftverksindustrin [1]. Genom ett antal olika aktiviteter ”godkändes” riktlinjerna [3] och etablerades ett samarbete mellan kraftverksindustrin och SMHI vad gäller riktlinjernas tillämpning [2][4]. I enlighet med detta gavs under de fem följande åren också ut tre tillägg till Flödeskommitténs riktlinjer omfattande riskklassificering [5], vindhastigheter för bestämmande av fribord [6], samt förtydligande avseende beräkning av klass II-flöden [7].

Arbetet med omdimensionering av landets vattenkraftdammar inleddes 1990 och har nu pågått under en 15-års period. De beräkningar som genomförts kan karakteriseras som mycket omfattande och har inneburit att relativt kompletta hydrologiska modeller lagts upp för en majoritet av de större svenska vattendragen.

Arbetet som bedrivits älvvis huvudsakligen i regleringsföretagens regi har varit föremål för en del generella sammanställningar och analyser [8][9]. Dessa arbeten utfördes dock tidigt eller var begränsade i geografi och omfattning. Under 1999-2000 lät Vattenfall AB genomföra en relativt detaljerade genomgång av dimensioneringsarbetet i de vattendrag där företaget har anläggningar [11] och med stöd från Elforsk kunde en artikel presenteras på Nordisk Hydrologisk Konferens i Uppsala år 2000 [12]. Arbetet som till en början fokuserades på de norrländska älvarna har nu även omfattat ett flertal mer sydligt belägna vattendrag. Beräkningarna som inledningsvis var inriktade på den hydrologiska säkerheten vid landets kraftverksdammar kompletteras av de beräkningar som genomförts inom ramen för den översiktliga översvämningskarteringen, vilka till stor del inarbetats i denna uppföljning [13] – [52] .

Tidpunkten har därför nu kommit för att genomföra en generell genomgång av de dimensioneringsberäkningar som genomförts till dags dato.

1.2 Uppföljningens mål och syfte

Mål och syfte med uppföljningen har varit att:

- ge en samlad redovisning av ett mycket omfattande beräkningsarbete som vattenkraftindustrin genomfört
- genomföra jämförelser och utvärderingar av olika aspekter av beräkningarna och erhållna resultat och delresultat
- förstå de geografiska och klimatologiska skillnaderna i tillämpning och resultat
- sprida kunskap och återföra erfarenheter.

2 Material och metoder

2.1 Insamling av data och upprättande av databas

En central del av arbetet har bestått i att samla in information från alla vattendrag där klass I-beräkningar genomförts. I detta arbete har regleringsföretagen och kraftägarna varit huvudsakliga informationskällor. I utredningens senare skede har också den tillgängliga dokumentationen över de översiktliga översvämningskarteringarna arbetas in i materialet [13] – [52]. Dessa karteringar redovisar förhållanden vid 100-års flödet och klass-I flödet, även om redovisningen inte varit lika omfattande som för de av vattenkraftindustrin genomförda beräkningarna.

En bärande tanke i uppföljningen har varit att kunna genomföra en geografisk analys och presentation av informationen. Därför har ett relativt omfattande arbete lagts ned på att koordinatbestämma de dammar och punkter för vilka beräkningsresultat föreligger.

Den insamlade informationen har lagts in i en databas med upp till 30 olika poster.

Data fram till mitten av 2003 har inkluderats i utredningen.

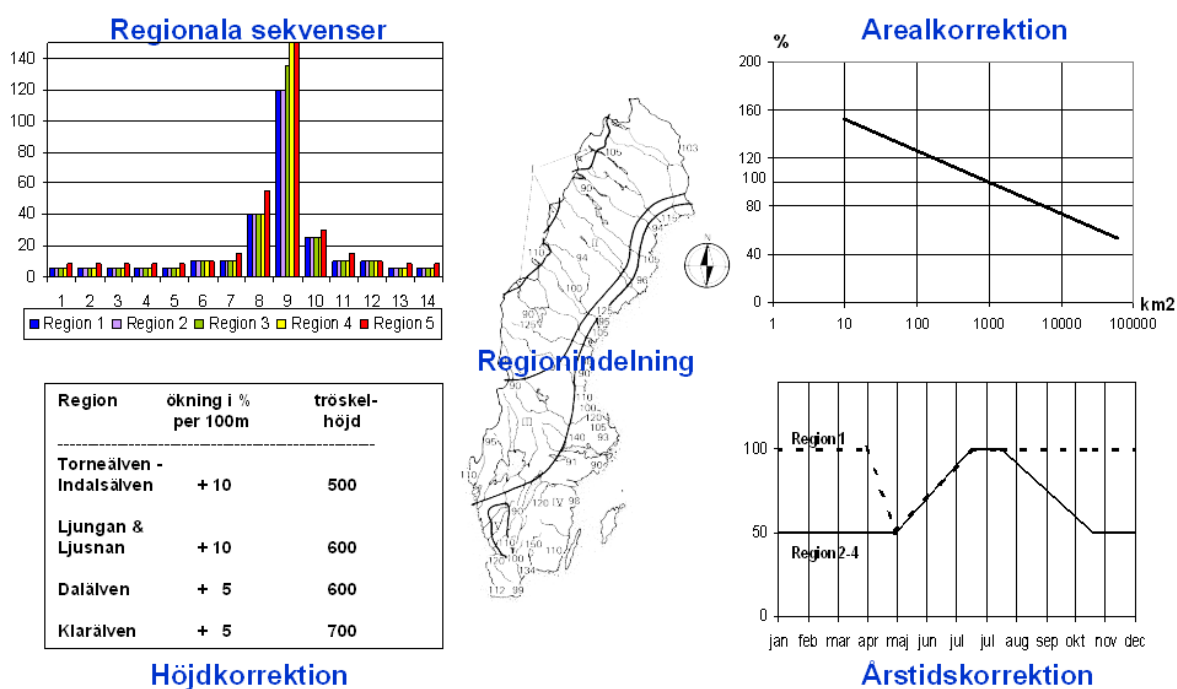
Den gemensamma databasen och den koordinatsatta informationen har gjort det möjligt att genomföra olika typer av analyser och bearbetningar omfattande tabeller, kartor och diagram. Syftet med detta har varit att få fram resultat avseende geografiska, klimatologiska fysiografiska, hydrologiska och hydrotekniska aspekter.

Arbetsgången vid bestämning av klass I – respektive klass II-flöden skiljer sig åt. I det här arbetet har huvudvikten lagts vid klass I-flöden. I databasen har både klass I- och klass II-flöden samlats. För orienteringens skull följer nedan en kort beskrivning av arbetsgången i de två olika fallen. För en mer utförlig beskrivning hänvisas till flödeskommitténs slutrapport [1].

2.2 Arbetsgång vid bestämning av klass I-flöden

Vid bestämning av klass I-flöden används en hydrologisk modell, som inledningsvis kalibreras mot befintliga tillrinningsserier varvid ca 10 års data krävs. Vikt skall läggas vid att serien innehåller såväl höga vårflöden och höga regnflöden samt att vid att modellen återger dessa på ett riktigt sätt. När modellen är kalibrerad, görs frekvensanalys av snömagasinets årliga maximivärden, och värdet med en återkomsttid av 30 år tas fram. Detta värde läggs in i den hydrologiska modellen på det senaste datum vid vilket snötäcket kulminerat under något av de analyserade åren. Uppgifter om magasinsvolymer, avbördningsförmåga, och tappningsstrategi läggs in i modellen.

För att slutligen få fram det dimensionerande flödet simuleras kritiska flödesförlopp under minst 10 år, baserade på senaste tillgängliga års klimatförhållanden, med den antagna tappningsstrategin. Under denna simulering byts den verkliga uppmätta

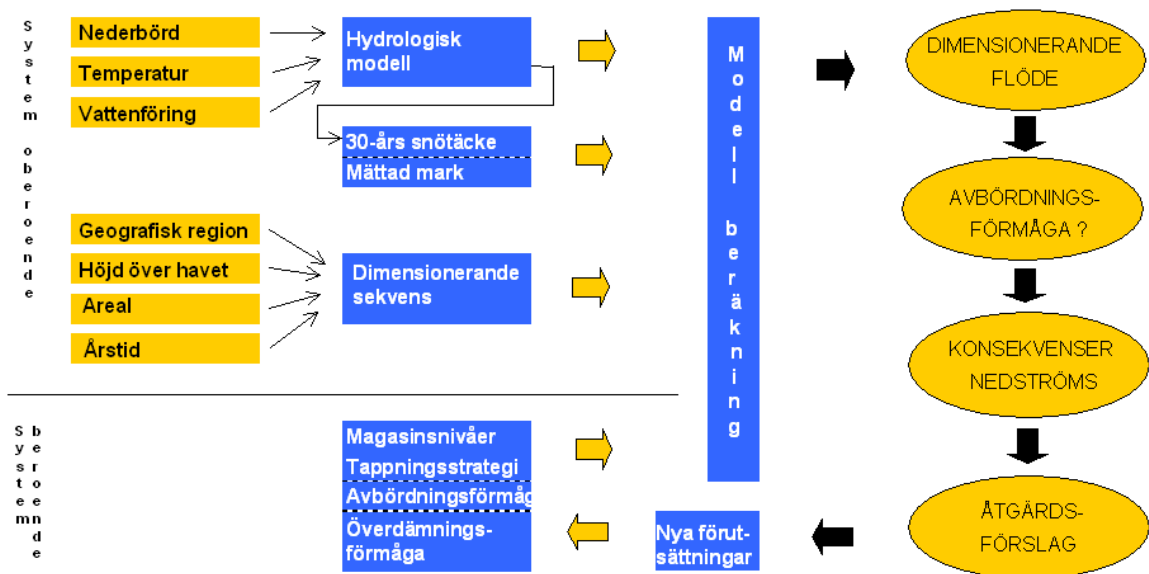


Figur 1. Dimensionerande nederbördssekvenser med regionindelning, höjd-, areal- och årstidskorrektion

nederbörden ut mot en dimensionerande nederbördsserie för aktuell region som korrigerats för höjd över havet, avrinningsområdets storlek och årstid, se **Figur 1**.

Nederbördsserien förskjuts därefter med en dag i taget. Det flöde som genom simulering på detta sätt ger upphov till den mest kritiska magasinsutveckling blir det dimensionerande. I det fall som åtgärder krävs vid någon anläggning för att klara de dimensionerande flödena behöver modellen uppdateras för dessa förhållanden. Det kan t ex röra sig om ökad avbördningsförmåga eller ökad överdämningsförmåga till följd av dammhöjning. Arbetsgången för beräkning av dimensionerande klass I-flöden sammanfattas i **Figur 2**.

Vid beräkning av klass I-flöden används alltså en hydrologisk modell med vilken ogynnsamma meteorologiska och hydrologiska förhållanden kombineras. Generellt gäller att dessa har utvecklats av SMHI. Den första dimensioneringsmodellen utvecklades efterhand som riktlinjerna togs fram. Det var en DOS-version som kallades HBV-DIM. Härefter utvecklades en Windows-version (IHMS-DIM). Genom avtal mellan SMHI och kraftindustrin fick ett antal beräkningsgrupper tillgång till dessa modeller. Den därefter framtagna dimensioneringsmodellen som ingår i HBV-96 har inte fått samma spridning. Två ytterligare modeller har utnyttjats i arbetet med dimensioneringsberäkningar, nämligen QS och DYNPRO. QS är en regleringsmodell utvecklad av Vattenfall Utveckling AB och Vattenfall Hydropower AB för att kunna simulera aktiv dämpning, och den sistnämnda är en endimensionell hydraulisk modell som bygger på den internationellt spridda DAMBRK [11].



Figur 2. Arbetsgång vid beräkning av dimensionerande klass I-flöden

2.3 Arbetsgång vid bestämning av klass II-flöden

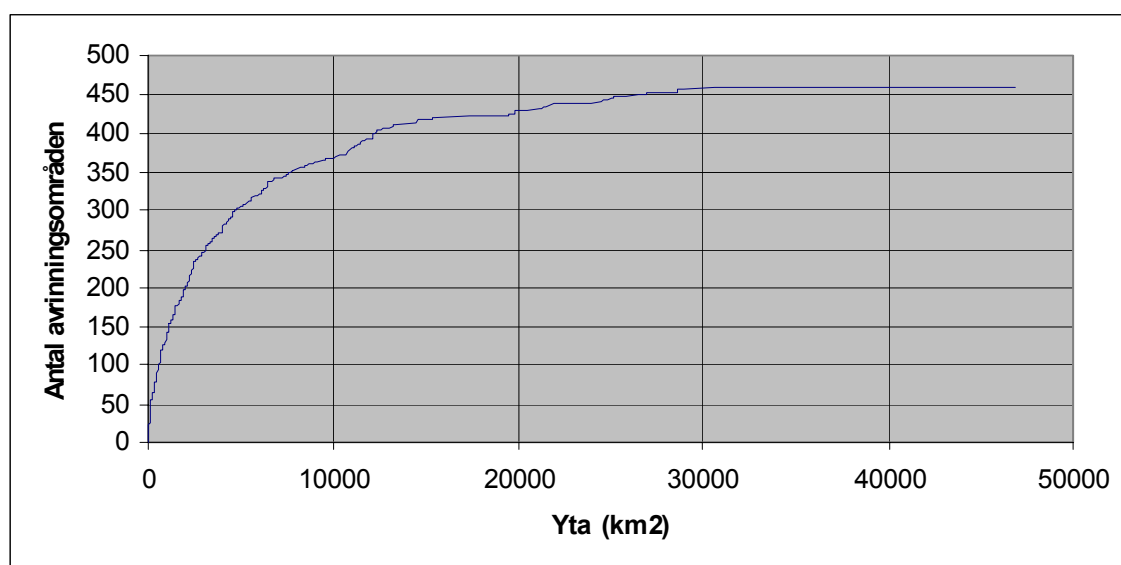
Som nämnts ovan gjordes 1995 ett tillägg till Flödeskommitténs riktlinjer avseende klass II-flödesberäkningar [7]. Detta tillägg innebar att det endast är frekvensanalys som tillåts för bestämning av klass II-flödet, och tidigare tillåtna alternativa metoder ströks. Det föreskrivs dock inte i detalj hur beräkningarna skall genomföras och formuleringen är öppen inför valet av data som beräkningarna baseras på. Generellt sätt kan sägas att dammbyggnader både i klass I och II skall kunna släppa fram ett tillrinnande flöde med en återkomsttid av minst 100 år vid dämmningsgränsen. Dimensioneringsberäkningar får utföras på grundval av vattenföringsobservationer på platsen eller, i brist på tillräckliga sådana observationer, med ledning av tillförlitliga uppgifter om vattenföringen i annat avsnitt av det aktuella vattendraget eller i något närbeläget vattendrag.

3 Resultat

3.1 Databasen

Den upprättade databasen omfattar 680 beräkningspunkter belägna i 30 olika vattendrag. Beräkning av klass-I flöden har genomförts för dimensionering av vattenkraftdammar, några gruvdammar samt för den översiktliga översvämningskarteringen. I de fall som beräkningar i en punkt funnits för fler än ett av nämnda syften har beräkningsresultaten för dimensioneringen av vattenkraftdammar inkluderats i databasen. 629 av beräkningspunkterna har varit möjliga att koordinatbestämma. Varje beräkningspunkt omfattar information för maximalt 30 olika poster, som beskrivs i **Bilaga A**. Vissa objekt saknar uppgifter för en del av de angivna posterna, vilket beror på att all information inte funnits att tillgå eller att alla poster inte är tillämpliga för vissa objekt. Av de 629 koordinatsatta beräkningspunkterna omfattar 496 dammar och 133 andra punkter i vattendragen, där de senare hämtats från de översiktliga översvämningskarteringarna. I **Figur 4** nedan redovisas de koordinatsatta punkternas belägenhet.

I **Figur 3** redovisas fördelningen av 459 av beräkningspunkternas avrinningsområden. Det minsta området om 4 km² avser Holmsjön, Mångsälven i Göta älv, som är ett randområde med en redovisad klass I-tillrinning om 2 m³/s. För Vänern, i andra änden av skalan, med sina 46 886 km² redovisas en klass I-tillrinning om 5 300 m³/s.



Figur 3. Fördelning av avrinningsområdenas storlek



Figur 4. Sverigebild med aktuella vattendrag och koordinatsatta dammar och beräkningspunkter i databasen.

3.2 Kalibrerings- och dimensioneringsperioder

Av **Tabell 1** framgår information om utförda beräkningars omfattning avseende (ungefärliga) kalibrerings- och simuleringsperioder för 14 av de 30 vattendragen. I dessa har vattenkraftindustrin genomfört beräkningar av klass I-flöden för 413 dammar. Tabellen visar också antalet dimensionerande tillfällen som respektive år har gett upphov till. Siffran anger hur många av respektive älvs anläggningar för vilka det aktuella året lett till den mest kritiska magasinutvecklingen under hela simuleringsperioden. För Gideälven, Ångermanälven och Motala ström har utredningen inte haft tillgång till fullständig information vad gäller kalibrerings- respektive simuleringsperiodernas omfattning.

Tabell 1. Översikt över genomförda dimensioneringsberäkningar

Älv	År	-71	-72	-73	-74	-75	-76	-77	-78	-79	-80	-81	-82	-83	-84	-85	-86	-87	-88	-89	-90	-91	-92	-93	-94	-95
Lule											12	1					3									
Pite													1													
Skellefte				1		3					3				7		3									
Ume											9	3			1	5		1								
Gide																									1	
Ångermanälven												3			14	9	1	12				14	1	1		
Indalsälven											4	2	3		6	5		8		2		11	3			
Ljungan / Gimån													1		11			4				3				
Ljusnan												4	2		29	7		3		6						
Dalälven								8	1		1	20											2			
Motala ström																	3	1				1	1			
Mörrumsån																		4								
Lagan																		8								
Göta							1		28		25	1				26		50	1			1	2	3	1	1
Summa		0	0	0	0	1	0	4	8	29	5	75	14	0	69	52	4	97	1	8	0	30	9	4	1	2

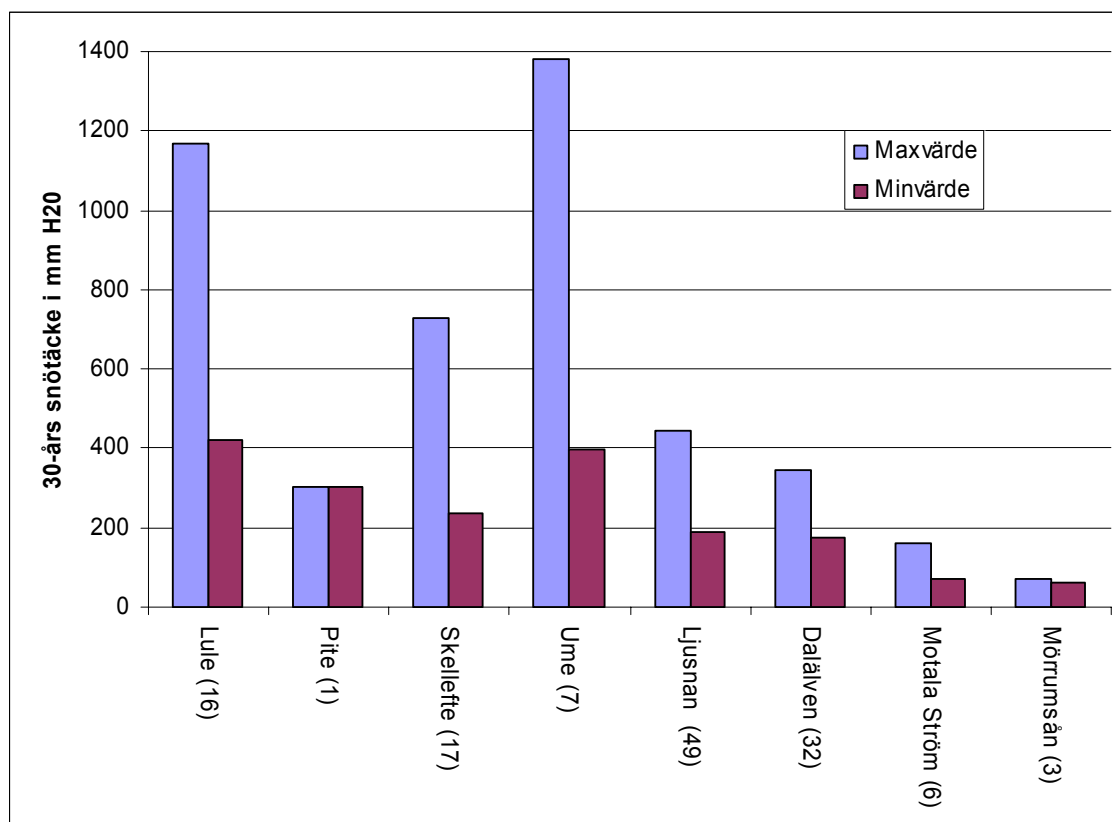
Kalibreringsperiod
Simuleringsperiod
 "siffror" = Antal dimensionerande tillfällen visst år

Det faktum att olika tids- och klimatperioder ligger till grund för dimensioneringen innebär att resultaten kan variera mellan älvarna. Det skulle kunna vara så att en kombination av ogynnsamma klimatfaktorer ligger till grund för resultaten i en älv men inte i en annan. I sammanhanget kan detta betraktas som ett slumpmoment. Sett över alla älvarna (för vilka det finns data) har åren 1987, 1981 och 1984 lett till flest dimensionerande tillfällen. Därefter kommer 1985, 1991 och 1979.

3.3 Dimensionerande 30-års snötäcke

För några av vattendragen föreligger uppgifter om beräknade 30-års snötäcken, vilka redovisas i mm vatteninnehåll. Tillgängliga uppgifter sammanfattas i **Figur 5**. Trots att värden endast föreligger för åtta vattendrag framkommer inte oväntat en tydlig nord – sydlig gradient med successivt lägre värden söderut. Umeälven och Luleälven utmärker sig med mycket höga 30-årssnötäcken för Överuman och Sitasjaure med 1379 respektive 1169 mm.

Här kan återknytas till föregående avsnitt avseende de olika simuleringsperioder som kommit till användning i respektive vattendrag, vilka bedöms kunna påverka 30-årssnötäckena relativt kraftigt.



Figur 5. Dimensionerande 30-års snötäcke i mm vatten. Max- och minvärde i respektive vattendrag samt antalet redovisade värden inom parentes.

3.4 Beräkningsfall och dimensionerande tillfällen

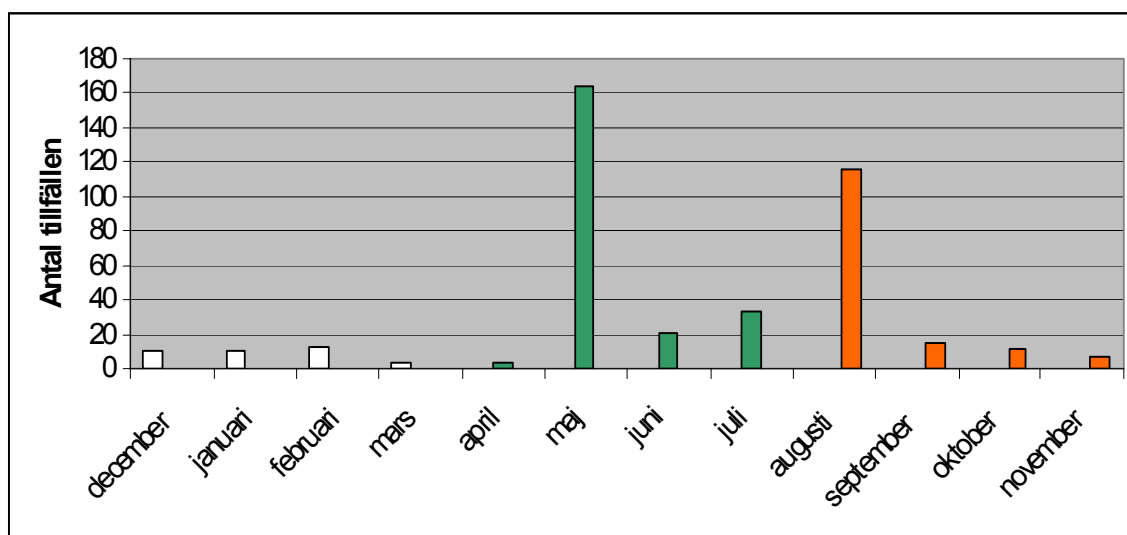
I dimensioneringssammanhang kan skiljas på beräkningsfallen total och lokal dimensionering. Med total dimensionering avses de fall när dammens hela (totala) avrinningsområde mottar den dimensionerande nederbördssekvensen. Med lokal dimensionering avses då endast en (lokal) del av avrinningsområdet mottar den dimensionerande nederbördssekvensen. I **Tabell 2** redovisas fördelningen mellan dessa där uppgifter föreläggat. Total dimensionering blir normalt dimensionerande men lokala fall är vanliga i Luleälven, Skellefteälven och Ljusnan. För de två förstnämnda älvarna är huvudförklaringen till det stora antalet lokala fall att en betydande dämpning byggs in i systemet i och med utnyttjande av lokalt styrd aktiv dämpning i de stora magasinerna. Denna dämpning kan principiellt ökas ända tills ett lokalt tillfälle blir dimensionerande.

I **Tabell 2** nedan redovisas även antalet dimensionerande vår- och hösttillfällen, där 1:a augusti utgör gränsen dem emellan. I **Figur 6** nedan redovisas uppdelningen per månad och i **Figur 7** redovisas den geografiska spridningen av de dimensionerande tillfällena uppdelat på december – mars, april – juli, och augusti – november.

Det kan konstateras att vårtillfällena i flertalet fall är dimensionerande. Stapeldiagrammet visar att maj är den dominerande månaden med drygt 160 av de ca 260 vårtillfällena. Härfter kommer augusti med knappt 120 av de ca 150 höstfallen.

Tabell 2. Dimensionerande beräkningsfall och dimensionerande tillfälle

Älv	Antal anläggningar	Antal totala fall	Antal lokala fall	Antal vårtillfällen	Antal hösttillfällen
Luleälven	16	9	7	3	13
Piteälven	1	1	0	1	0
Skellefteälven	17	10	7	10	7
Umeälven	19	18	1	7	12
Gideälven	1	1	0	1	0
Ångermanälven	55	-	-	42	13
Indalsälven	43	-	-	37	6
Ljungan-Gimån	19	18	1	15	4
Ljusnan	52	43	9	39	13
Dalälven	32	32	0	31	1
Motala Ström	6	5	1	6	0
Mörrumsån	4	4	0	0	4
Lagan	8	8	0	0	8
Götaälven	140	-	-	70	70
Summa	413	149	26	262	151

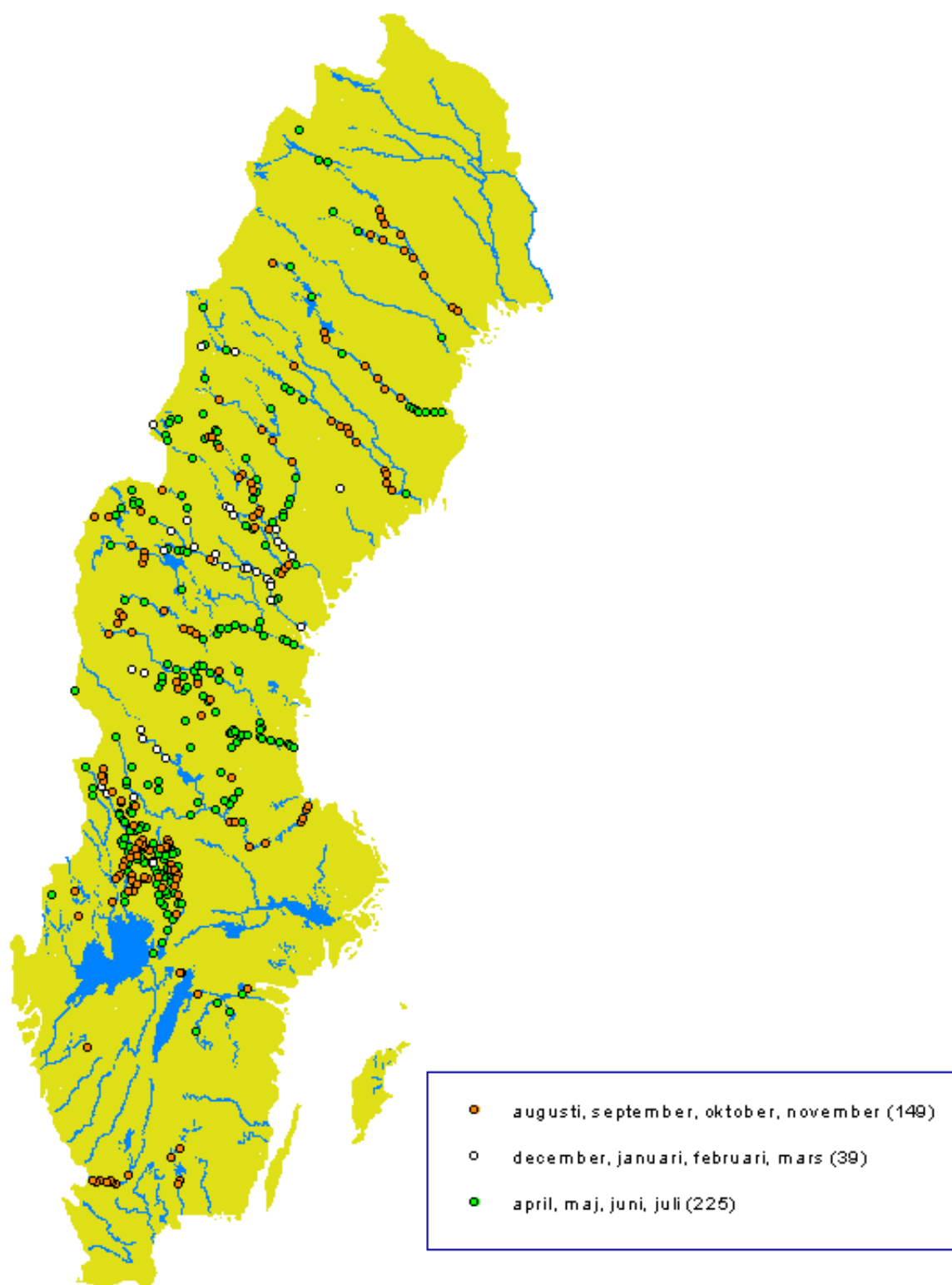


Figur 6. Antal dimensionerande tillfällen per månad

Det är svårt att dra några generella slutsatser med avseende på den geografiska fördelningen av de dimensionerande tillfällena. Många faktorer spelar in som

- de klimatologiska skillnaderna med senare snösmältning och vårflood i norr och de ofta "avbrutna" vintrarna i söder
- den högre regleringsgraden i de nordliga älvarna
- den valda regleringsstrategin i Luleälven och Skellefteälven
- samt att varje älv är unik med avseende på de fysiografiska förhållandena i övrigt.

I söder ser man dock att det dimensionerande tillfället infaller under sensommar eller höst. I övriga landet, från Svealand och norrut, står perioden april-juli för den största andelen dimensionerande tillfällen.



Figur 7. Sverigebild med de dimensionerande tillfällenas fördelning över 3 4-månaders perioder

3.5 Regleringsstrategier och flödesdämpning

Från de genomförda beräkningarna framgår att en tämligen standardiserad regleringsbeskrivning har gjorts i de flesta fall. Denna omfattar avsänkning ner till sänkningsgränsen eller strax däröver inför vårfloden, viss produktionstappning under fyllnadsfasen (eventuellt stegvis upp till full produktion närmare dämningensgränsen) och spilltappning initierad vid eller en bit under dämningensgränsen.

Den generella bedömningen är att erfarenhet om hur älven praktiskt reglerats har varit den viktigaste källan i formuleringen av den reglering som tillämpats i beräkningarna. För Lule- och Skellefteälven introduceras dock nya tankar avseende den aktiva dämpningen som kommer att tillämpas framöver. Här är det av största vikt att tydliga driftinstruktioner tas fram som speglar den tänkta regleringen som dimensioneringsberäkningarna bygger på. Möjligen kan de genomförda beräkningarna ha gett upphov till nya tankar om den framtida regleringen även i andra älvar. I detta sammanhang kan även nämnas Vängelälvsbifurkationen i Ångermanälven där det ju – åtminstone i någon mån – är möjligt att påverka vattnets väg genom älvsystemet.

Det valda startvattenståndet inför vårfloden har endast betydelse i de fall som vårflöden blir dimensionerande, eftersom magasinerna enligt riktlinjerna skall anses vara fyllda inför höstflöden (1:a augustiregeln). Startvattenståndets betydelse befanns dock i den känslighetsanalys, som tidigt genomfördes, ha en begränsad betydelse för det slutliga dimensioneringsresultatet [8]. Denna slutsats står sig än idag.

Förtappning i betydelsen att sänka av magasinsvattenstånd inför ett kommande högt flöde är en del av vattenhushållningsbestämmelserna som gäller för t ex Rusfors i Umeälven. Bedömningen är dock att denna och eventuellt liknande regler på andra håll blir ”överspelade” vid flöden uppemot de beräknade klass I-flödena.

Enligt tillgänglig information är det bara för Suorva som 1:a augustiregeln kommit att tillämpas i dimensioneringsberäkningen. Regeln innebär att vattenytan i magasinet lyfts upp till dämningensgränsen den första augusti, även om den tillrinnande volymen fysiskt inte räcker till för detta. Det skall i sammanhanget noteras att Suorva har ett flerårsmagasin vars volym överstiger den normala tillrinningen under ett år.

Enligt tillgänglig information har produktionstappning under magasinetsfyllnaden tillämpats i samtliga älvar. I en del av älvarna har denna ökat vid vattenstånd nära dämningensgränsen. Det är inte känt om tappning högre än den maximala produktionsförmågan tillämpats vid vattenstånd under dämningensgränsen vid någon damm. Detta skulle innebära att utskovsluckor öppnats och att förtappning tillgripits.

Riktlinjerna tillåter att maximal produktionstappning utnyttjas som avbördningsförmåga fram till dag 9 av den dimensionerande nederbördssekvensen. Denna möjlighet har utnyttjats för samtliga älvar utom för Luleälven. Eventuellt bortfall av produktionstappningen har på initiativ av VASO Dammkommitté analyserats för nedanförliggande anläggningars dimensioneringsresultat. För Luleälven genomfördes motsatta beräkningar, dvs att införande av produktionstappning undersöktes.

Som har framgått av de utförda känslighetsanalyserna är dock i allmänhet regleringen upp till dämpningsgränsen av mindre betydelse för dimensioneringsresultatet, det som har mest betydelse är den maximala avbördningsförmågan.

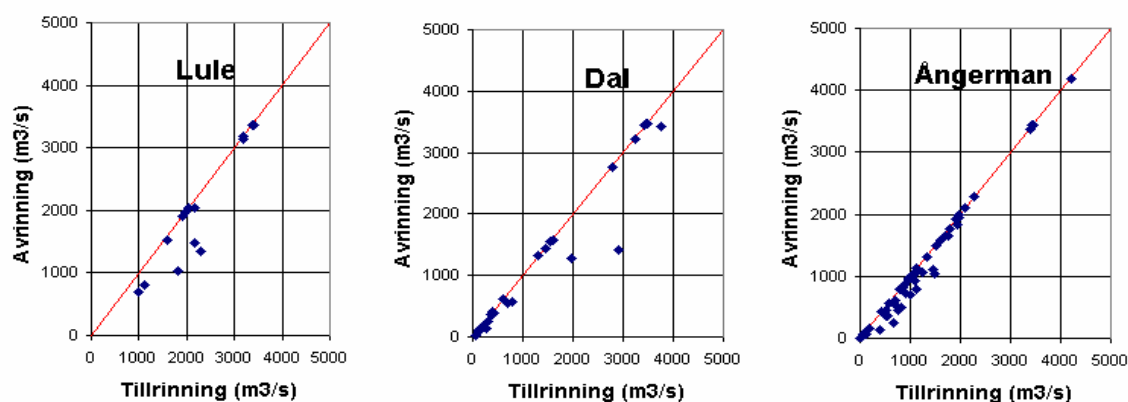
I arbetet med flödesdimensionering har kommit att särskiljas de två huvudmetoderna passiv och aktiv flödesdämpning. Med **passiv dämpning** menas i generella termer den dämpning som erhålls med fullt öppna utskov. En sådan dämpning inträffar således när tillrinningen överstiger avbördningsförmågan och utan att särskilda beslut om dämpning måste tas i den akuta situationen. Termen passiv tar sålunda fasta på att ingen aktiv åtgärd under flödet genomförs och dämpningen inträffar vare sig man vill eller ej.

Passiv dämpning kan ses som grundmodellen för reglering vid höga flöden i älvsystemen då dammsäkerhetsaspekter styr. Aktiv dämpning kan däremot ses som grundmodellen för reglering vid normala flöden då produktionsoptimering är styrande. Drifttillståndet i älven eller dämpningsgränsen utgör den magiska skiljelinjen för de två tillämpningarna.

Med **aktiv dämpning** menas den dämpning som erhålls efter beslut om att inte utnyttja den fulla avbördningskapaciteten vid anläggningen och därmed låta magasinet stiga. Åtgärden är således till förmån för nedströms liggande anläggningar. Med **lokalt styrd aktiv dämpning** menas situationen då grunden för beslut endast utgörs av vattenståndet eller flödet i dammens eget magasin, och med **systemstyrd aktiv dämpning** avses situationen då grunden för beslut utgörs av information från andra delar av älvsystemet.

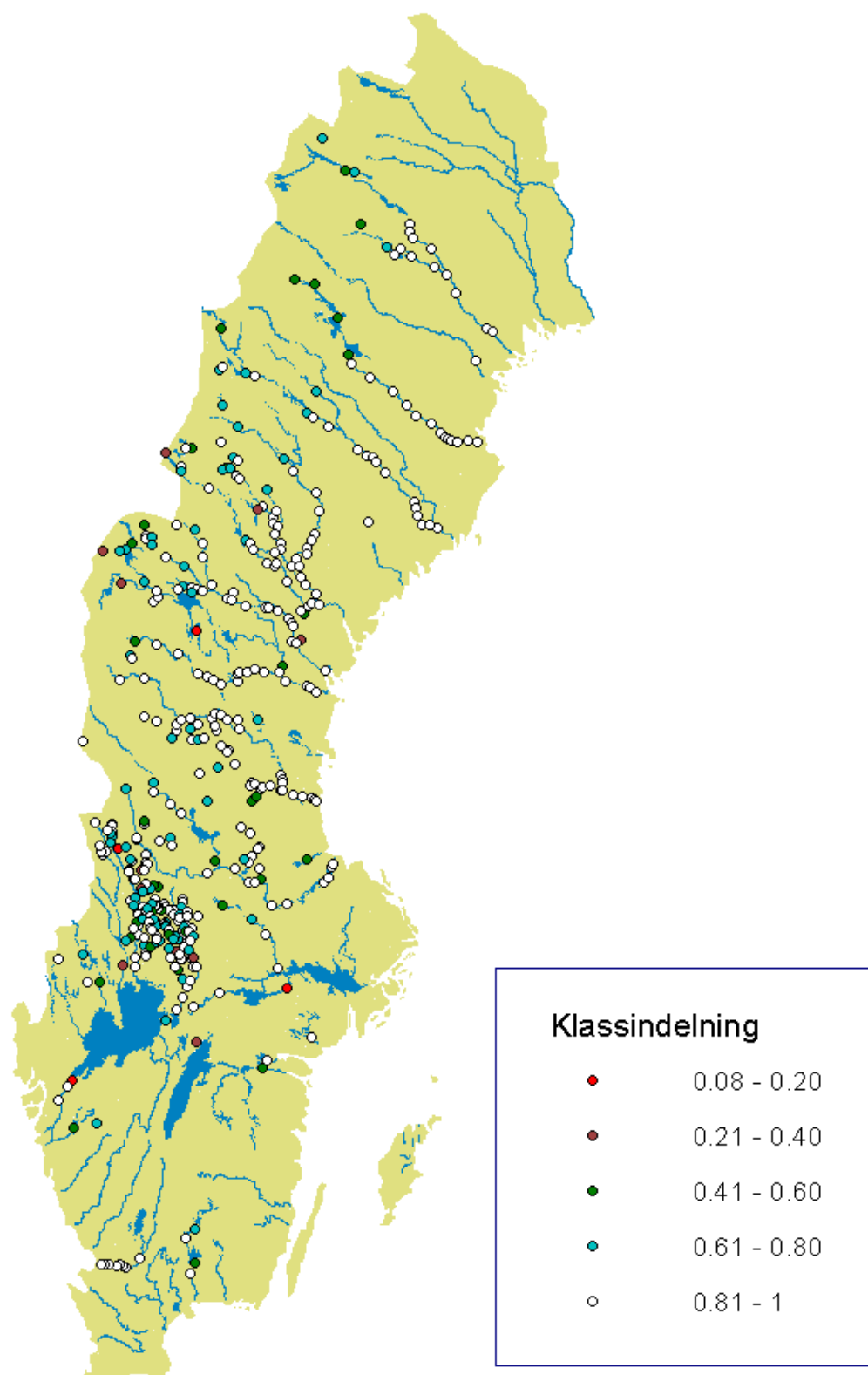
Lokalt styrd aktiv dämpning skall enligt ovan tillämpas i Luleälven och Skellefteälven medan passiv dämpning utnyttjas i alla andra älvar. Systemstyrd aktiv dämpning tillämpas inte i någon älv.

I **Figur 8** redovisas dämpning vid det dimensionerande tillfället för tre av de älvar som ingår i databasen. I **Bilaga B** redovisas motsvarande grafer för samtliga älvar i databasen. Den rätta linjen representerar gränsen för var dämpning sker. Desto längre nedom linjen en punkt befinner sig desto större är dämpningen.



Figur 8. Dämpning vid det dimensionerande tillfället

För att ge en uppfattning om hur dämpningen är fördelad i respektive älv redovisas **Figur 9** dämpningen för samtliga av de punkter i databasen som har information om riskklass I-tillrinning och avrinning. Totalt finns data för 432 objekt. I några fall – klarröd markering – redovisas att den maximala avrinningen understiger 20 % av den maximala tillrinningen. Bland dessa kan nämnas Vänern / Vargön i Göta älv där den maximala tillrinningen uppgår till 5 300 m³/s och den maximala avrinningen till 1 030 m³/s, samt Kvarnsjön, Kvarnälven i Klarälven med 8 resp 1 m³/s. Generellt framgår att dämpningen är som störst i de övre delarna av älvarna och att den minskar successivt ju längre nedströms i älven man kommer. Orsaken till detta är att flertalet av de största magasinerna befinner sig långt upp i älvarna.

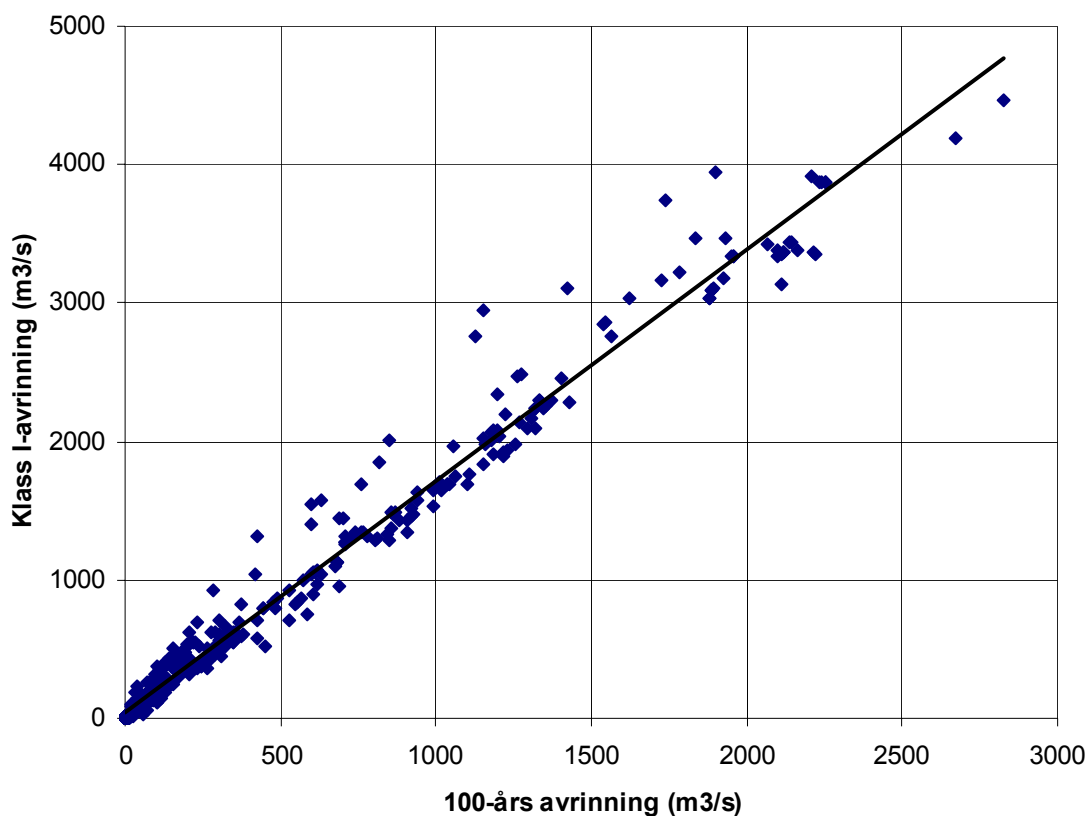


Figur 9. Sverigebild som visar dämpningen uttryckt som kvoten mellan maximal avrinning och maximal tillrinning för klass I-flödet

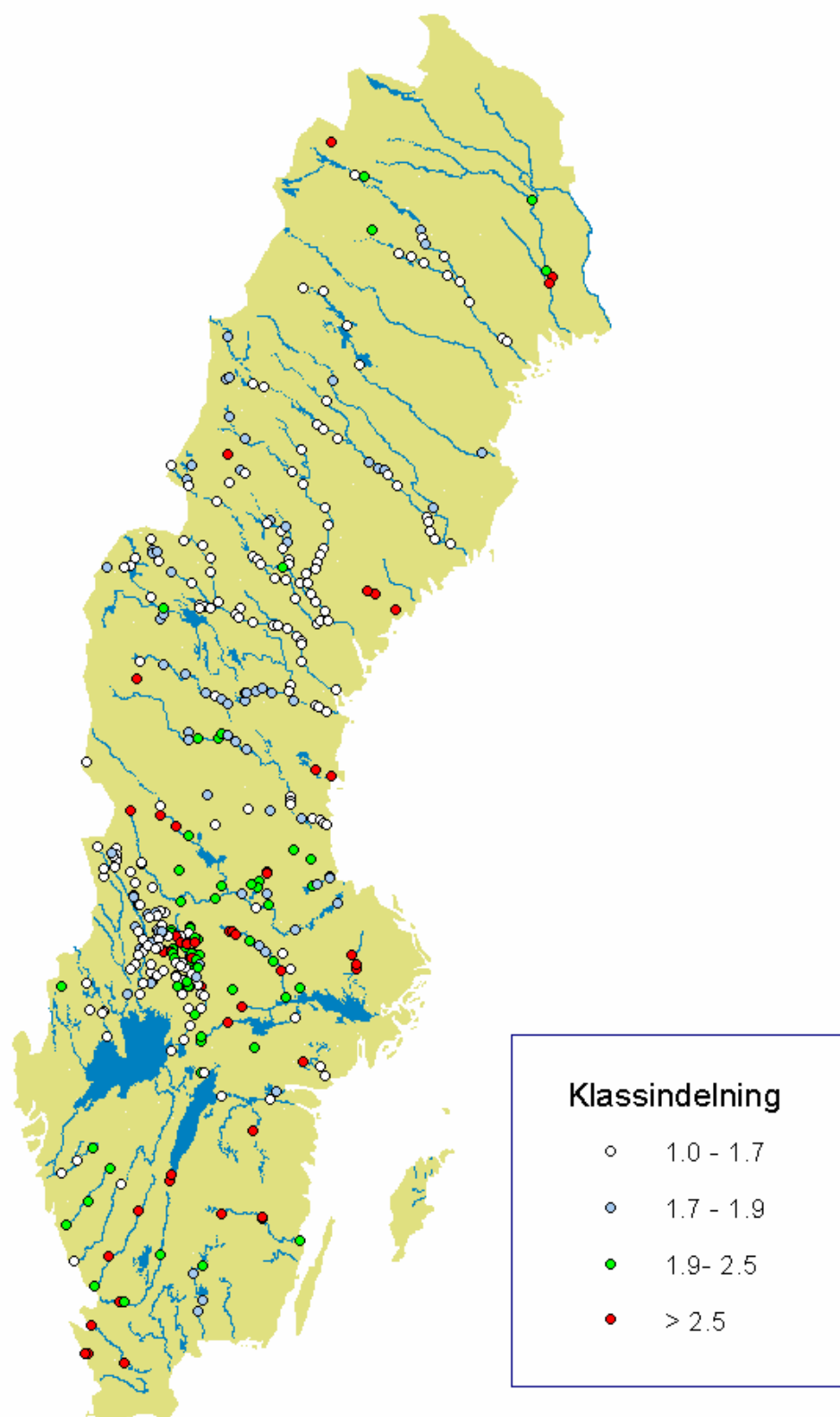
3.6 Förhållande mellan 100-års flöde och klass I-avrinning

För 391 beräkningspunkter finns uppgift både om 100-års flöde och klass I-avrinning, vilka redovisas i **Figur 10** nedan. I diagrammet har även lagts in den linje som bäst ansluter till punkterna. Enligt denna är i medeltal klass I-avrinningen 1,7 gånger högre än 100-års flödet.

I **Figur 11** på nästa sida redovisas den geografiska spridningen av dessa kvoter. Det framgår att även i detta avseende uppvisar randområden hög kvoter.



Figur 10. Förhållandet mellan 100-års flödet och klass I-avrinningen



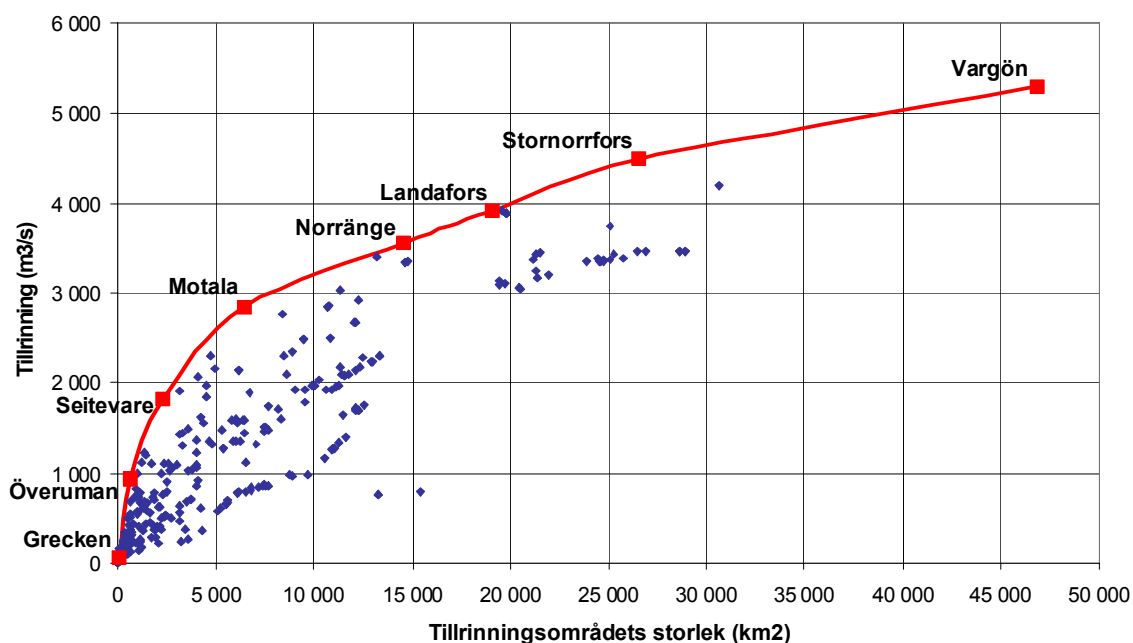
Figur 11. Sverigebild som förhållandet mellan 100-års flödet och klass I-avrinningen

3.7 Tillrinning och avrinning som funktion av tillrinningsområdets storlek

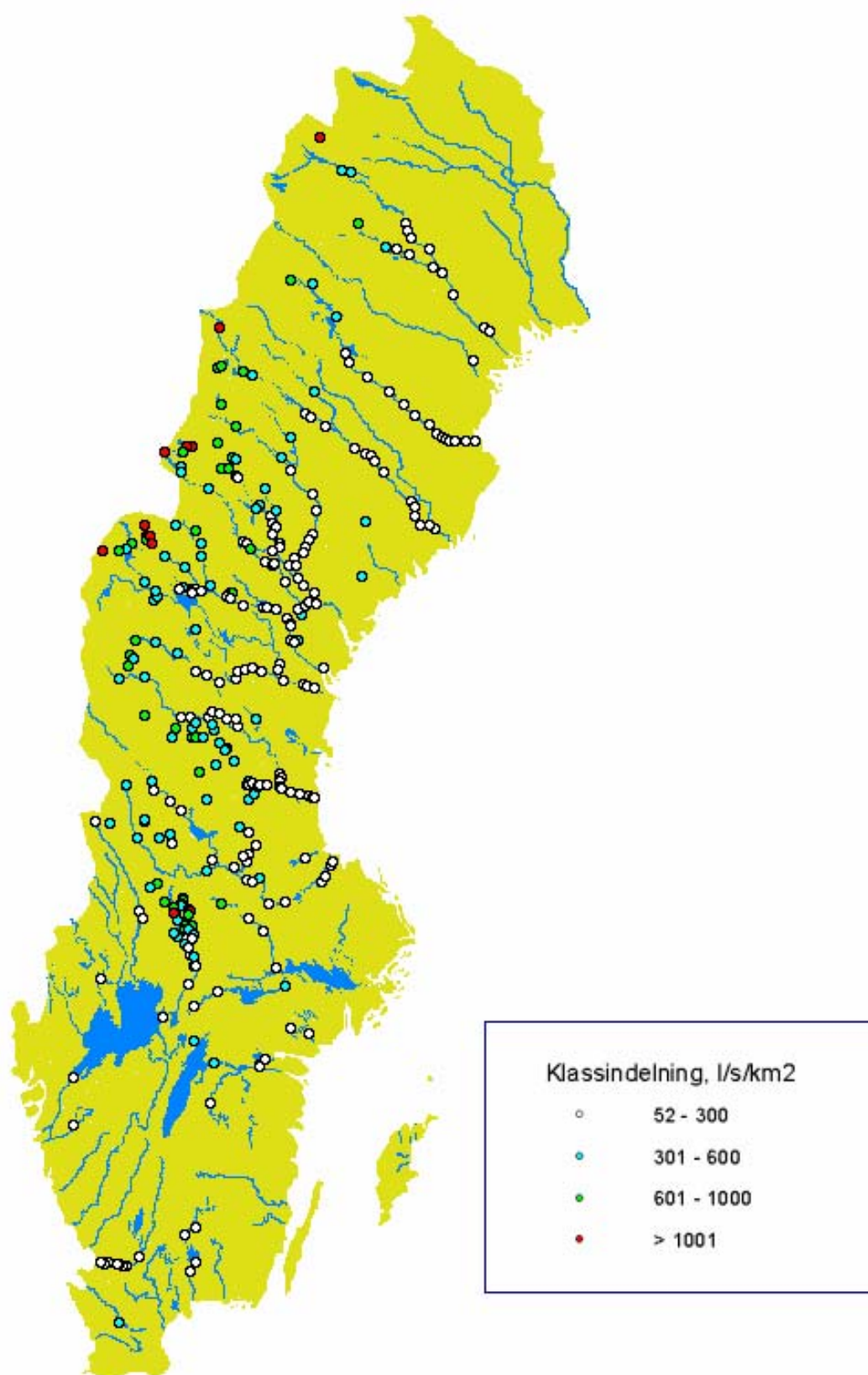
I **Figur 12** har klass I-tillrinningen plottats mot avrinningsområdets storlek. Som förväntat ökar tillrinningen generellt med ökande storlek på tillrinningsområdet. En envelopp, som spänns upp av de beräkningspunkterna med högst tillrinning i aktuellt storleksintervall, redovisas i diagrammet. Här kan noteras att Grecken, Överuman och Seitevare har naturliga tillrinningar opåverkade av uppströms reglering, Stornorrfors mottar naturliga tillrinningar från Vindelälven, samt att Vargön och Motala är utloppspunkterna ur Väneren respektive Vättern.

Den specifika till- respektive avrinningen anger hur stor till- och avrinningen är per ytenhet. Medan tillrinningen i randområdena bara är en funktion av områdets beskaffenhet är avrinningen även en funktion av naturlig dämpning och regleringsmöjligheter. Om det finns möjlighet att magasinera stora mängder vatten sjunker avrinningen jämfört med tillrinningen. I **Figur 14** redovisas för Ångermanälven den specifika till- och avrinningen som funktion av avrinningsområdets storlek. I **Bilaga C och D** redovisas motsvarande grafer för samtliga älvar i databasen. Generellt gäller att den specifika till- och avrinningen avtar exponentiellt med ökande storlek på området. Detta innebär att den specifika tillrinningen är som störst längst upp i älven vilket också framgår av kartpresentationen i **Figur 13**.

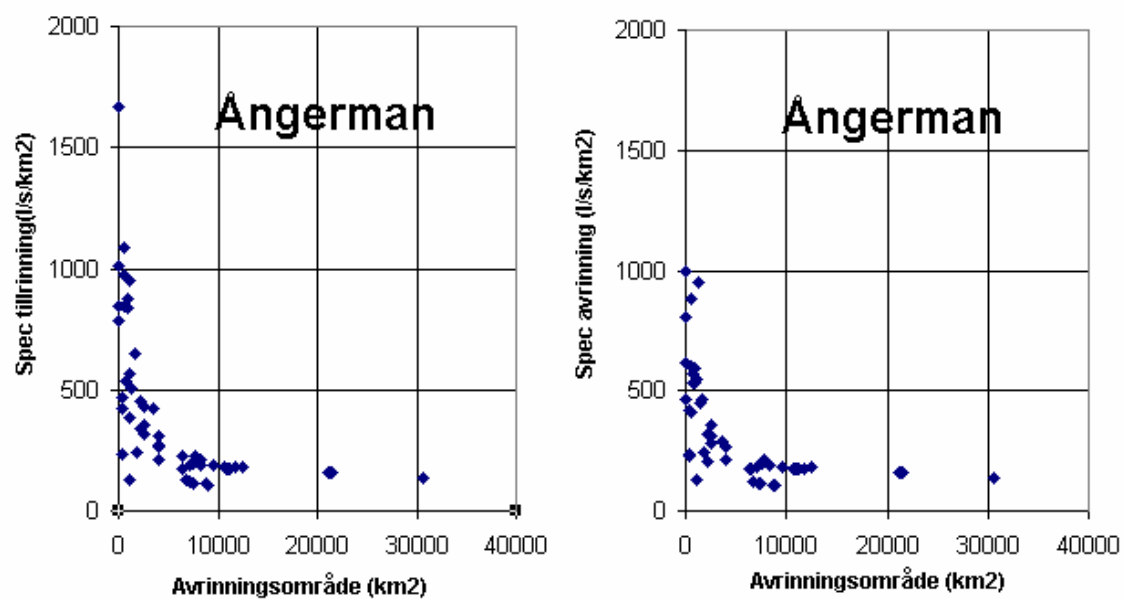
Det kan noteras att den specifika tillrinningen överstiger $1\,000\text{ l/s/km}^2$, vilket är lika med m^3/s per km^2 , för ett antal randområden.



Figur 12. Klass I-tillrinningar som funktion av tillrinningsområdets area



Figur 13. Specifik riskklass I-tillrinning



Figur 14. Maximal specifik till- och avrinning som funktion av avrinningsområdets storlek

4 Diskussion och erfarenheter

4.1 Dimensioneringsarbetets genomförande

Redovisningen av de genomförda dimensioneringsberäkningarna varierar kraftigt avseende omfattning och ambitionsnivå mellan olika älvar. I flera fall saknas en sammanhållen teknisk redovisning av det genomförda arbetet. Detta faktum har påverkat möjligheten till att uppnå en fullödig och komplett databas. Avsaknad av sammanhållen rapportering ställer höga krav på förvaltningen av de modeller som utnyttjats vid beräkningarna.

Tillgång till rapporterna för den översiktliga översvämningskarteringen har möjliggjort en komplettering av databasen som ursprungligen syftade att omfatta endast dimensioneringsberäkningar för vattenkraftanläggningar.

Till skillnad från den översiktliga översvämningskarteringen har inte resultat från dimensioneringsarbetet publicerats utanför vattenkraftindustrin med några få undantag. Mängden dokument som tagits fram inom ramen för detta arbete är dock mycket stort och uppgår schablonmässigt till minst 20 i vardera av de större vattenkraftälvarna. Typiskt omfattar dessa följande:

1. kalibrering och uppläggning av HBV-modellen
2. en inledande dimensioneringsberäkning för anläggningarna i älven
3. ett antal följande beräkningar för att analysera effekterna av olika åtgärdsförslag
4. beräkning av vattenstånd längs älven med hydraulisk modell och kontroll av effekterna av trånga sektioner och i någon mån även av de hydrologiska beräkningarna
5. dammbrottsberäkningar för flertalet anläggningar i älven för att få underlag för risk- och konsekvensklassificering.

SMHI har varit den dominerande konsulten vad avser de två första punkterna. I några få fall – Piteälven och delar av Dalälven – har Vattenfall Hydropower (SwedPower) genomfört kalibreringen av dimensioneringsmodellen. I några fler fall har annan än SMHI genomfört dimensioneringsberäkningarna. Främst Vattenfall Hydropower, men även Skellefteälvens vattenregleringsföretag som genomförde sina beräkningar i egen regi.

Vad gäller punkt 3 har en större del av beräkningarna genomförts i egen regi, t ex genom Vattenregleringsföretagen i Östersund. För punkterna 4 och 5 har flera aktörer medverkat som Vattenfall Utveckling, Vattenfall Hydropower / SwedPower, VBB / Sweco, och SMHI.

SMHI har genomfört samtliga refererade översiktliga översvämningskarteringarna.

4.2 Databasen

I databasen har samlats hydrologisk data för 680 beräkningspunkter i 30 vattendrag. För 629 av punkterna har koordinater varit möjliga att bestämma, varav 496 är dammar och 133 avser andra punkter i vattendragen.

Det är rimligt att förvänta att några anläggningar kan ha missats i uppläggningsdatabasen och att ett något större antal har tillkommit sedan mitten av 2003. Därför kan slutsatsen dras att över 500 dammanläggningar hittills omfattats av dimensioneringsberäkningar, varav åtminstone 413 avsett beräkningar av klass I-flöden.

I och med avslutningen av rapporten har vissa fel i databasen upptäckts och justerats i denna. Figurerna i rapporten har dock inte varit möjliga att uppdatera i några av fallen. Kvaliteten i informationen får trots allt bedömas som god.

För oss som antingen arbetat med dimensioneringsberäkningar sedan starten, eller har fått möjlighet att tränga in i arbetet efterhand, är förhoppningen av denna databas kan fortsätta att uppdateras när ny information kommer fram. Sådan kan avse nya vattendrag med dammar som beräknas, när åtgärder genomförs som påverkar beräkningarna, samt när den översiktliga översvämningskarteringen fortsätter (sedan mitten 2003 är det väl en handfull ytterligare vattendrag som omfattats).

4.3 Erfarenheter från beräkningar av klass I-flöden

Arbetet i de olika älvarna har satts igång vid olika tillfällen från 1990 och åtminstone fram till 1995. Detta faktum och tillgången till hydrometeorologiska data bakåt i tiden har inneburit att olika tidsperioder ligger till grund för dimensioneringen i olika älvar. Enligt *avsnitt 3.2* är det 6 år som utmärker sig som mer kritiska vad avser dimensionerande tillfällen. 3 av dessa, 1984, -85 och -87, synes omfattas av samtliga beräkningar, medan 1979, -81 och -91 inte gör det. Det är rimligt att anta att något av dessa år skulle kunna ha gett upphov till en något skärpt dimensionering vid någon anläggning, men då skillnaderna mellan olika år i många fall har visat sig vara små bedöms detta inte ha någon större betydelse.

Ett praktiskt problem som uppstod vid de inledande dimensioneringsberäkningarna var att vid vissa av dammarna blev resulterande flöden och vattenstånd så höga att dammarna i verkligheten skulle ha överströmmats vid motsvarande situationer. För att inte fastna i överväganden om dammbrott genomfördes beräkningarna under antagandet att dammarna förutsattes klara de beräknade vattenstånden, som följde av extrapolering av utskovskapaciteter och magasinstabeller. Tanken var att när åtgärder föreslås och beräkningarna revideras med hänsyn till dessa, kommer efter hand de dimensionerande vattenstånden att korrespondera mot dammarnas blivande höjder. Att så blir fallet gäller dock endast om de i systemet ingående dammarna är klass I-dammar och således åtgärder krävs. När klass II-dammar ingår i systemet och de beräknade vattenstånden överskrider vad dammarna kan förväntas klara mister dimensioneringsberäkningarna i noggrannhet. Speciellt vid sådana situationer då flera sådana anläggningar följer på varandra. Bedömningen görs att denna frågeställning skulle förtjäna en systematisk analys.

4.4 Erfarenheter från beräkningar av klass II-flöden

Som tidigare anförts föreskriver inte riktlinjerna i detalj hur beräkningarna av klass II-flöden skall genomföras. Det synes dock som att den oftast valda frekvensfunktionen är Gumbel. I övrigt synes det som olika skolor utvecklats i tillämpningen.

SMHI har i en utredning [10] dragit slutsatsen att 100-års värden av reglerade och oreglerade flöden tenderar att bli lika, samt rekommenderar att den anpassade frekvensfunktionen skall styras genom det framräknade riskklass I-flödet. Resultat från Luleälven och Skellefteälven visar dock att den av SMHI dragna slutsatsen att 100-årsvärden för reglerade och oreglerade flöden blir lika inte gäller generellt. Vidare måste ifrågasättas den teoretiska grunden för att styra den anpassade frekvensfunktionen genom det framräknade riskklass I-flödet. Det känns också som att ”det är att gå över ån efter vatten” då en bestämning av en 10 000-års händelse används för att bestämma en 100-års händelse.

Rekommendationen är att det är bättre att utnyttja fler av de analysmetoder som är tillgängliga och sedan välja den grund för dimensioneringen som bedöms vara lämplig, istället för att försöka kombinera olika analysmetoder för att erhålla ett resultat.

En annan skillnad i tillämpningen avser underlaget för beräkningarna. I valet av data står det mellan tillrinning / avrinning, flöden för reglerad / oreglerad period (till de senare kan även rekonstruerade naturliga flöden hänföras), uppdelning av flöden för olika årstider avseende årshögsta vår / årshögsta höst, eller ej.

Endast ett fåtal fall är kända där tillrinningsdata ligger till grund för analyserna (Suorva, Seitevare och Ajaure). Bedömningen är att analyser på tillrinning bör genomföras åtminstone för randmagasin. Det skall dock ha i åtanke att de största tillrinningarna normalt inträffar i samband med vårflod när magasinerna är i stort sett tomma och kan magasinera dessa. För randmagasin med liten regleringsgrad kan dock sådana analyser vara av intresse.

Det synes som att generellt har flöden för reglerat stadium utnyttjats som underlag för frekvensanalysen. Bedömningen är att detta är lämpligt då det reglerade stadiet är det som vi lever i och att vi nu på flertalet håll har minst 50-åriga mätserier i nuvarande regleringsstadium.

Den sista frågan avseende tillämpningen rör huruvida flöden för olika årstider har särskiljts i beräkningarna. I många fall synes någon uppdelning inte ha gjorts. Det är utan tvivel olika fysikaliska processer som styr bildandet av vårflöden respektive höstflöden, och ur statistisk synvinkel kan ifrågasättas om det är korrekt att blanda flöden med olika fysikalisk grund i en och samma analys. Rekommendationen är att dessa flöden skall särskiljas i analysen.

5 Referenser

- [1] Flödeskommittén, ”Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Slutrapport från Flödeskommittén” Statens Vattenfallsverk, Svenska Kraftverksföreningen, Sveriges Meteorologiska och Hydrologiska Institut, Stockholm och Norrköping, 103 sid, 1990.
- [2] Protokoll VASO 22 maj 1990 om tillsättande av VASO-dammkommitté. Vattenregleringsföretagens samarbets organ.
- [3] Ang Flödeskommitténs slutrapport. Brev 1990-10-29 till Hans Sandebring SMHI från Vattenfall / Kraftverksföreningen om riktlinjernas ”godkännande”
- [4] VASO dammkommitté får i samråd med SMHI befogenhet att göra förtydliganden och mindre ändringar i riktlinjerna. Brev 1993-02-02 från C-E Nyquist Vattenfall AB och Göran Ahlström Svenska Kraftverksföreningen.
- [5] Dammars riskklassificering med avseende på konsekvenserna av höga flöden. Tillägg nr 1 till Flödeskommitténs riktlinjer. 1993-10-12. VASO-dammkommitté och SMHI.
- [6] Ändring i flödeskommitténs riktlinjer beträffande vindhastighet vid bestämmande av erforderligt fribord. Tillägg nr 2 till Flödeskommitténs riktlinjer. 1994-02-08. VASO-dammkommitté och SMHI.
- [7] Förtydligande av Flödeskommitténs riktlinjer vad avser dammar i riskklass II. Tillägg nr 3 till Flödeskommitténs riktlinjer. 1995-05-15. VASO-dammkommitté och SMHI.
- [8] ”Känslighetsanalys av Flödeskommitténs riktlinjer för flödesdimensionering av hel älv”, SMHI Hydrologi Nr 38 1992.
- [9] ”Uppföljning av Flödeskommitténs riktlinjer”, SMHI Hydrologi Nr 46 1993. Beställare: VASO/HUVA.
- [10] Riskklass II-flöden. SMHI 1996-10-25. Beställare: VASO ?
- [11] Brandesten C-O, Sundby M; ”Kvalitetsgranskning flödesdimensionering” Vattenfall AB / SwedPower AB, rapportnummer 0591700-001, 75 sid, 2000.
- [12] Brandesten C-O, Sundby M; ”Design Flood Calculations For Dams In Eight Swedish Rivers”, XXI Nordic Hydrological Conference, Uppsala 2000, NHP Report No 46, Volume 3, pp 323-331. Bidragsgivare: ELFORSK.
- [13] Översiktlig översvämningskartering längs Arbogaån. Sträckan Ställdalen till Mälaren. Mars 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [14] Översiktlig översvämningskartering längs Byälven - sträckan från Glafs fjorden till utloppet i Väneren. Rapport 25, 2002-02-24. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [15] Översiktlig översvämningskartering längs Dalälven - biflödet Lillälven samt Faluån - sträckan Åsendammen till mynningen i Dalälven, sträckan nedströms

Amungen i Dalälven t o m Runn i Lillälven, sträckan varpan t o m Runn i Faluån. Rapport nr 11, december 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.

- [16] Översiktlig översvämningskartering längs Delångersån - sträckan Dellensjöarna till utloppet i Bottenhavet. Rapport 35, 2002-11-18. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [17] Översiktlig översvämningskartering längs Emån - Sträckan från Grumlan till Östersjön samt biflödet Silverån från Silverdalen. Rapport 37, 2003-01-30. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [18] Översiktlig översvämningskartering längs Faxälven - sträckan från Ströms vattudal till utloppet i Ångermanälven. Rapport 38, 2003-02-06. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [19] Översiktlig översvämningskartering längs Fyrisån - sträckan från Vattholma till utloppet i Mälaren. Rapport 40, 2003-02-12. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [20] Översiktlig översvämningskartering längs Gavleån - inkluderande Storsjön, Jädraån från Kungsfors samt Hoån från Hofors. Rapport 28, 2002-03-25. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [21] Översiktlig översvämningskartering längs Gullspångsälven - sträckan Nordmarksälven från Nordmark till Knappforsen samt Prästbäckens gren till Storforsälven, sträckan Timsälven, Letälven och Gullspångsälven till Vätern. Sträckan Svartälven genom Karlskoga. Rapport 39, 2003-02-28. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [22] Översiktlig översvämningskartering längs Hedströmmen - sträckan Uttersberg till mynningen i Mälaren. Rapport 44, 2004-04-30. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [23] Översiktlig översvämningskartering längs Kalixälven - sträckan Männikönsaari till mynningen. Rapport nr. 10, december 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [24] Översiktlig översvämningskartering längs Klarälven - sträckan från Höljes till Karlstad. Rapport nr. 2, version 2, 2001-03-21. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [25] Översiktlig översvämningskartering längs Kolbäcksån - sträckan från Bysjön till utloppet i Mälaren. Rapport 24, 2001-11-28. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [26] Översiktlig översvämningskartering längs Lagan - sträckan Karlsfors till mynningen. Maj 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [27] Översiktlig översvämningskartering längs Lidan och Flían - Lidan, sträckan Hellestad till Vätern och Flían, sträckan Hornborgasjön till mynningen i Lidan. Rapport 42, 2003-12-18. Statens Räddningsverk / SMHI mars.
- [28] Översiktlig översvämningskartering längs Ljungan - sträckan från Rätanssjön till utloppet i Bottenhavet. Rapport 19, 2001-08-28. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [29] Översiktlig översvämningskartering längs Ljusnan - sträckan Svegsjön till mynningen. April 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.

-
- [30] Översiktlig översvämningskartering längs Motala ström - sträckan Vättern till Bråviken. Rapport 17, 2001-03-27. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [31] Översiktlig översvämningskartering längs Moälven - sträckan Grannlåten i Norra Anundsjöån till Bottenhavet samt biflödet Södra Anundsjöån från Långsele. Rapport 33, 2002-09-05. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [32] Översiktlig översvämningskartering längs Mälaren. Rapport 22, 2001-10-23. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [33] Översiktlig översvämningskartering längs Mörrumsån - sträckan Helgasjön till Granö kraftverk NY. Rapport 20, 2001-08-31. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [34] Översiktlig översvämningskartering längs Mörrumsån del 2 - sträckan Hönshyltefjorden till mynningen i Östersjön. Rapport 43, 2004-01-09. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [35] Översiktlig översvämningskartering längs Nissan - från utloppet av Vikaresjön till havet samt biflödet Kilan från Kinnared. Rapport 34, 2002-06-19. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [36] Översiktlig översvämningskartering längs Nyköpingsån - sträckan från Högsjö till mynningen. Rapport 31, 2002-11-29. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [37] Översiktlig översvämningskartering längs Rönne å - sträckan från och med Västra Ringsjön till Kattegatt. Rapport 29, 2002-03-21, Statens Räddningsverk / SMHI.
- [38] Översiktlig översvämningskartering längs Stångån - sträckan från Brokind till utloppet i Roxen. Rapport 23, 2001-12-12. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [39] Översiktlig översvämningskartering längs Svartån - Hjälmarens - Eskilstunaån - sträckan från sjön Toften till Mälaren. Rapport 18, 2001-10-23. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [40] Översiktlig översvämningskartering längs Svartån (Västerås) - sträckan Hörendesjön till Mälaren. Rapport nr 14, september 2000, reviderad 2001-01-15. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [41] Översiktlig översvämningskartering längs Svartån, biflöde till Motala ström sträckan från Öringe till utloppet i Roxen. Rapport 32, 2002-11-28. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [42] Översiktlig översvämningskartering längs Säreån - sträckan Alingsås till mynningen. Rapport nr. 9, november 2000. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [43] Översiktlig översvämningskartering längs Tabergsån - sträckan från Vederydssjön till utloppet i Vättern. Rapport 21, 2001-10-23. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [44] Översiktlig översvämningskartering längs Umeälven - sträckan Ajaure till mynningen. Mars 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [45] Översiktlig översvämningskartering längs Umeälven - sträckan Överuman till Storuman. Rapport 26, 2002-03-22. Statens Räddningsverk / SMHI.

- [46] Översiktlig översvämningskartering längs Vindelälven - sträckan Sorsele till Spöland. Mars 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [47] Översiktlig översvämningskartering längs Viskan - från sjön Mogden till mynningen. Rapport 27, 2002-03-20. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [48] Översiktlig översvämningskartering längs Voxnan - sträckan från Gryckåns inflöde till sammanflödet med Ljusnan. Mars 1999. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [49] Översiktlig översvämningskartering längs Vänern. Rapport nr. 16, december 2000. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [50] Översiktlig översvämningskartering längs Västerdalälven - sträckan Malung till sammanflödet med Österdalälven. Rapport nr. 1, januari 1998. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [51] Översiktlig översvämningskartering längs Ångermanälven (Åselegrenen) - sträckan Volgsjön till Bottenhavet. Rapport nr. 13, september 2000. Statens Räddningsverk / SMHI.
- [52] Översiktlig översvämningskartering längs Ätran - sträckan Vist till Kattegatt. Rapport nr. 12, september 2000. Statens Räddningsverk / SMHI.

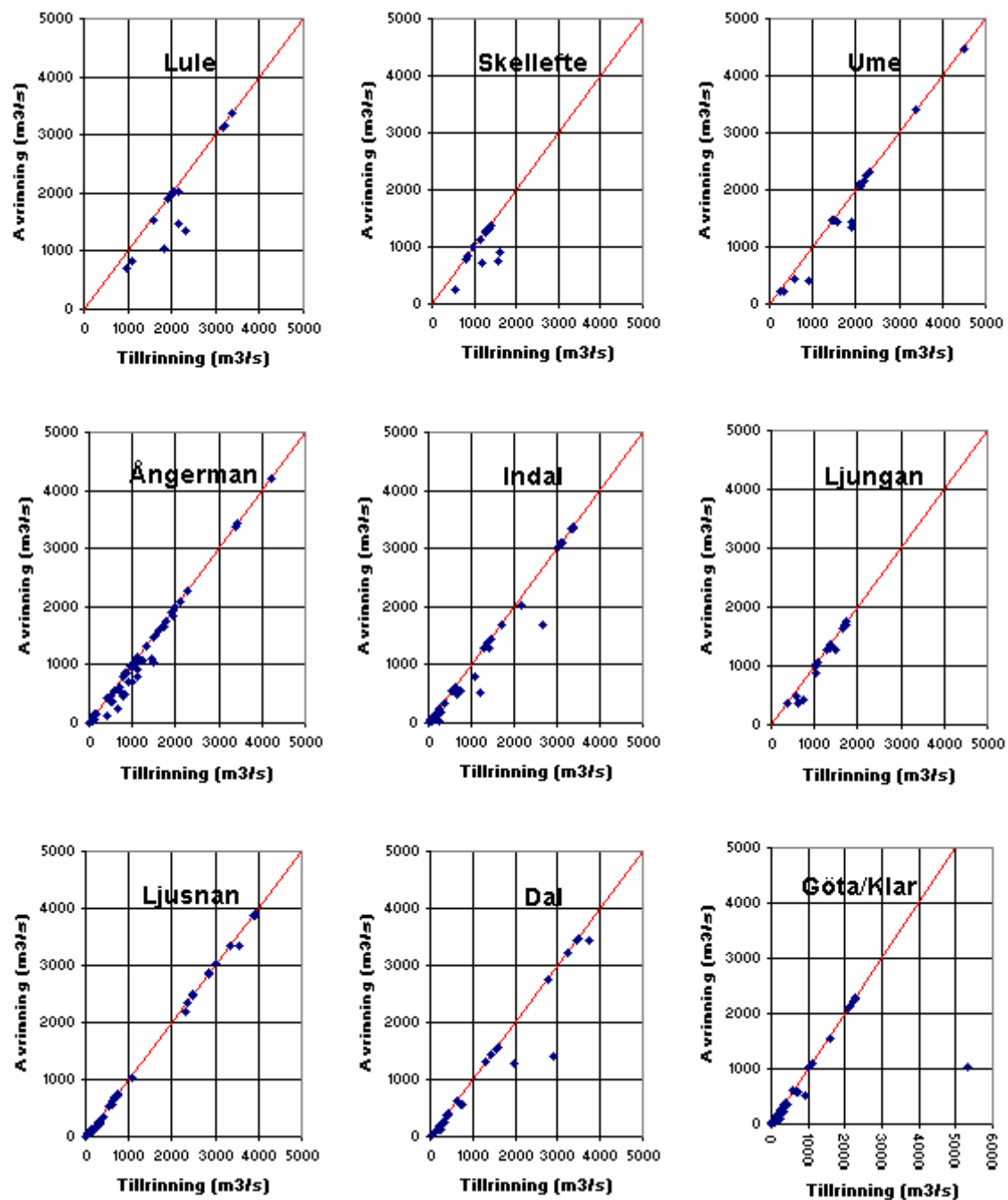
Bilagor

A Poster i databasen

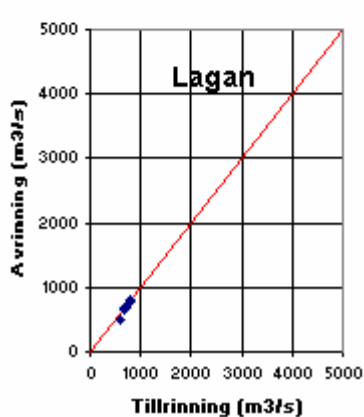
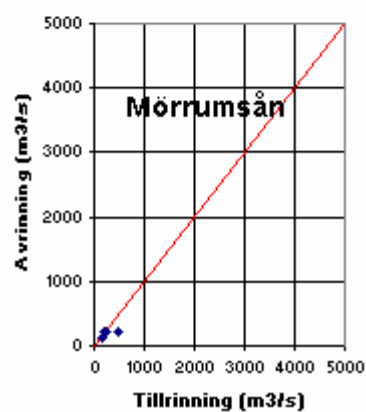
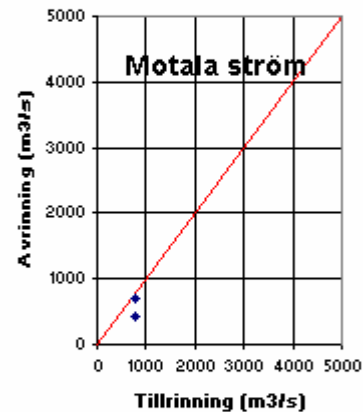
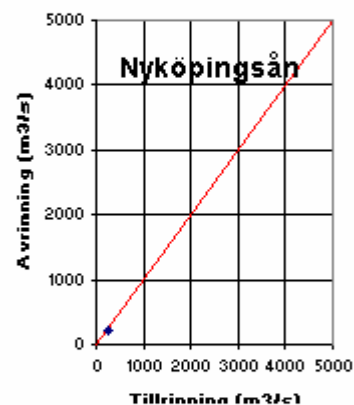
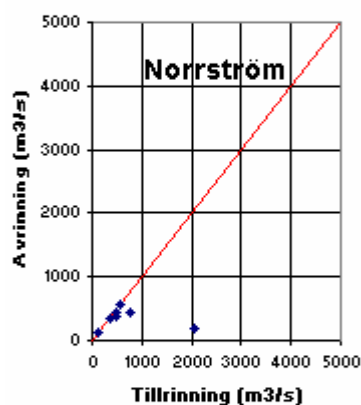
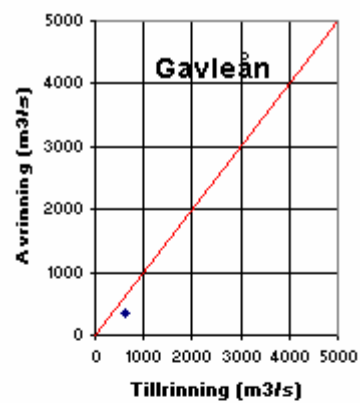
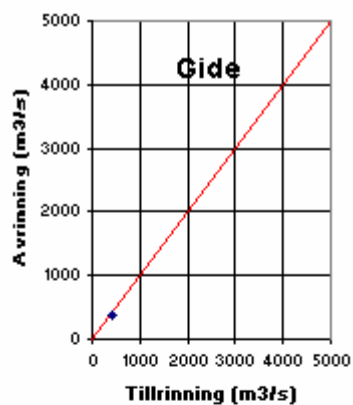
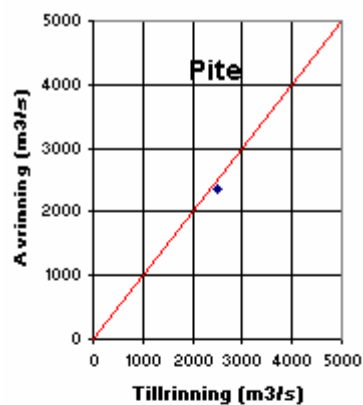
Post i databas	Beskrivning
ID	Radnummer
Nr	Numrering enligt huvudvattendragen norrifrån
Huvudflöde	Namn på huvudvattendraget
Biflöde	Biflödets namn
Objekt	Namn / geografisk beskrivning
Objekt beskrivning	Anger datakälla samt om DB är magasin - mag - eller kraftverk - krv
Riskklass	Riskklass enligt Flödeskommittén
Kons. klass	Konskevensklass enligt Ridås
Icold klass	Large / small enligt ICOLDs definition
X-koord	X-koordinat RT 90
Y-koord	Y-koordinat RT 90
Area (km ²)	Avrinningsområdets storlek
Sjö %	Andel sjö i avrinningsområdet
Regl. uppströms	Ja = reglering / damm finns uppströms Nej = reglering / damm finns ej uppströms
Regl. grad (%)	Regleringsgraden uppströms inklusive eget magasin
Mag. vol (1*10 ⁶ m ³)	Magasinets volym
Mag. area (km ²)	Magasinets area
MQ (m ³ /s)	Medelvattenföring
MHQ (m ³ /s)	Medelhögvattenföring
HHQ (m ³ /s)	Högsta högvattenföring
Tillrinning 100 år (m ³ /s)	Med frekvensanalys beräknad 100-års tillrinning
Avrinning 100 år (m ³ /s)	Med frekvensanalys beräknad 100-års avrinning
Tillrinning klass-I (m ³ /s)	Klass-I tillrinning beräknad med hydrologisk modell
Avbördning klass-I (m ³ /s)	Klass-I avrinning beräknad med hydrologisk modell
Specifik tillr. klass-I (dm ³ /s km ²)	Specifik tillrinning
Specifik avr. klass-I (dm ³ /s km ²)	Specifik avrinning
30-års snö	30-års snö beräknad med frekvensanalys på årsmax snö från hydrologisk modell
Datum max snö	Datum för den senaste snökulminationen enligt hydrologisk modell
Datum dim vst	Datum för det dimensionerande vattenståndet
Dim vst klass-I	Dimensionerande vattenstånd klass I
Krönhöjd	Dammens krönhöjd enligt dim-sammanställningar
VST DK	Skillnaden mellan dimensionerande vst och dammens krönhöjd

B Dämpning vid dimensionerande tillfället

B.1 De större vattenkraftälvarna

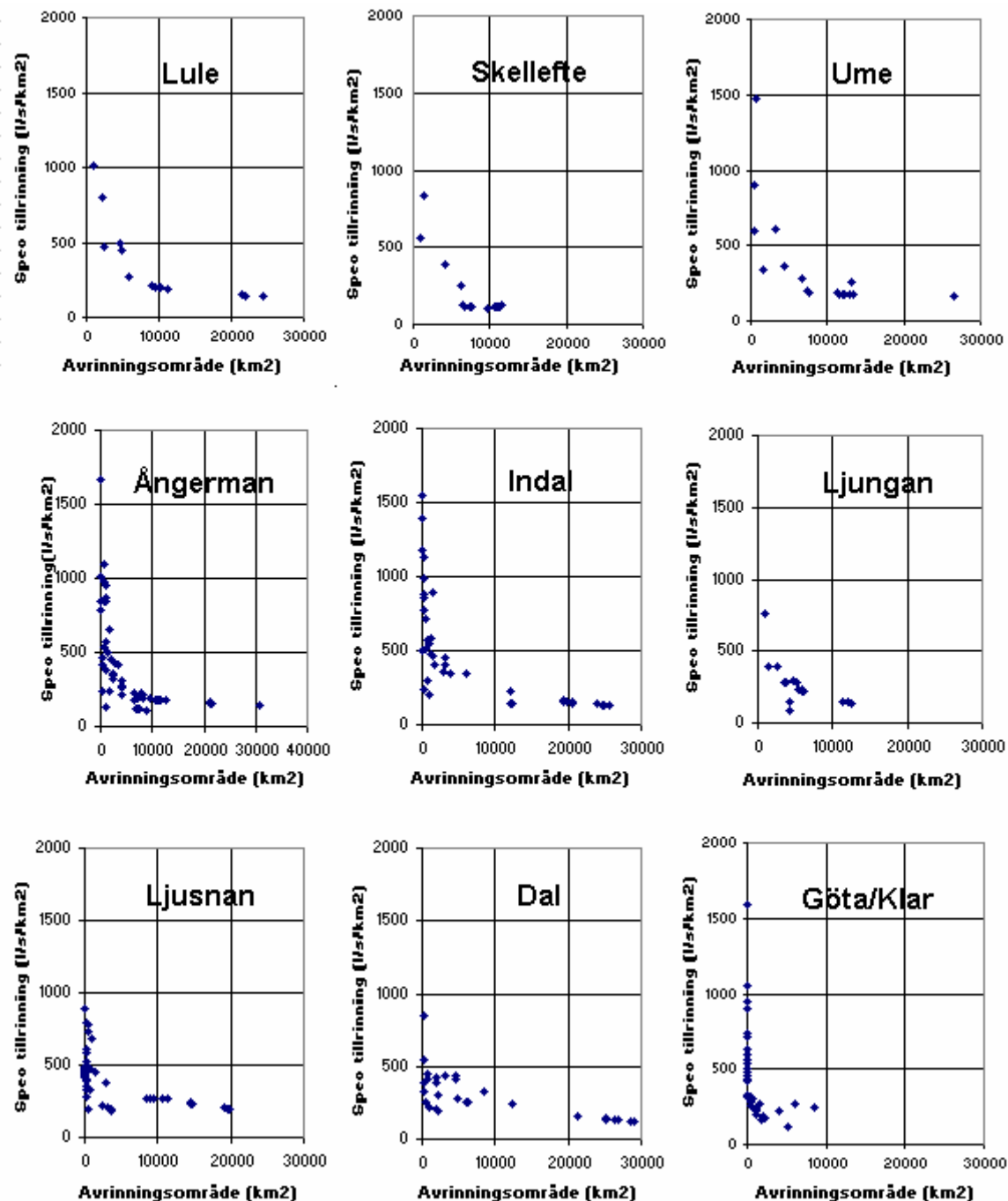


B.2 Övriga vattendrag

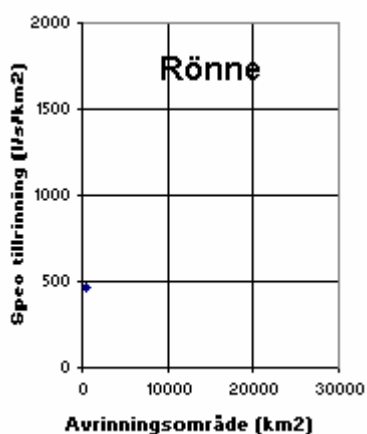
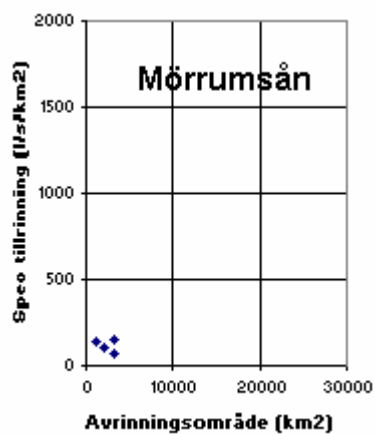
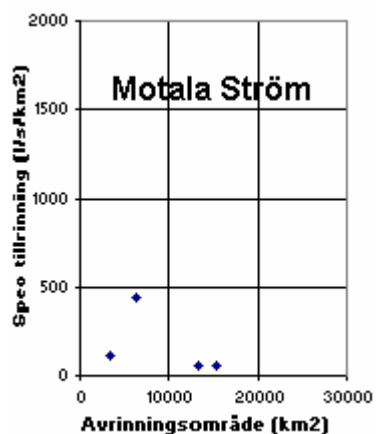
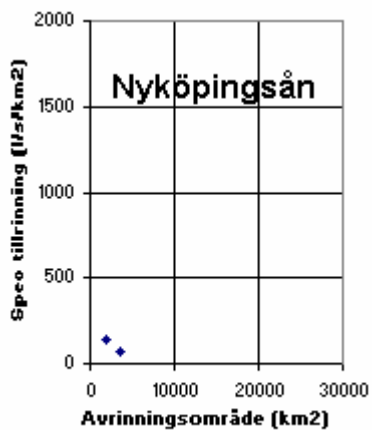
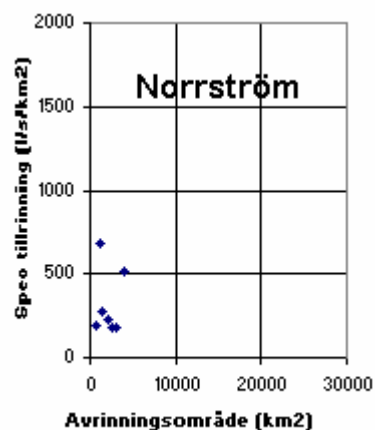
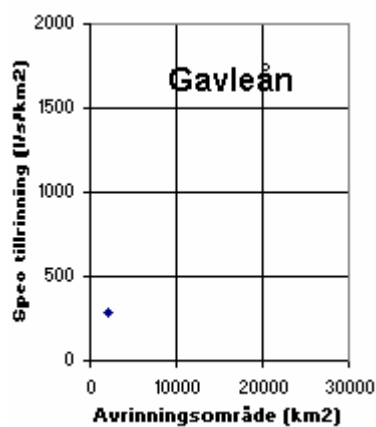
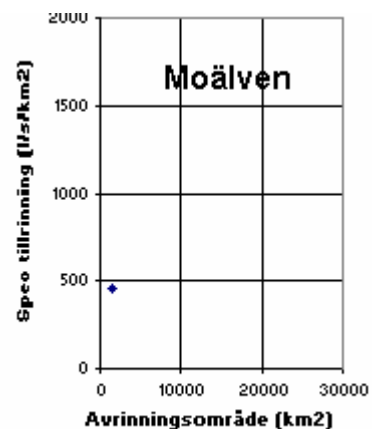
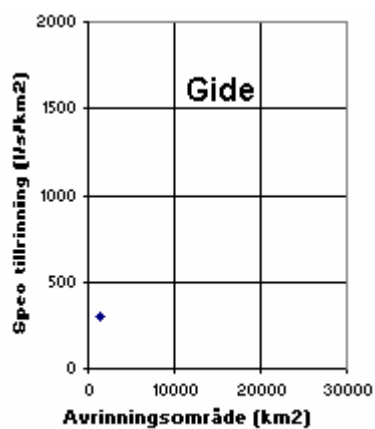
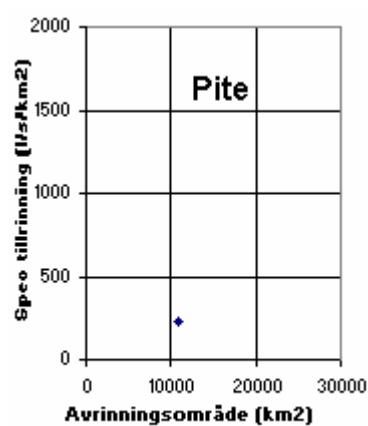


C Specifik tillrinning

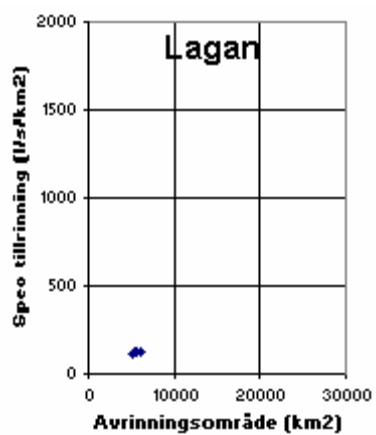
C.1 De större vattenkraftälvarna



C.2 Övriga vattendrag

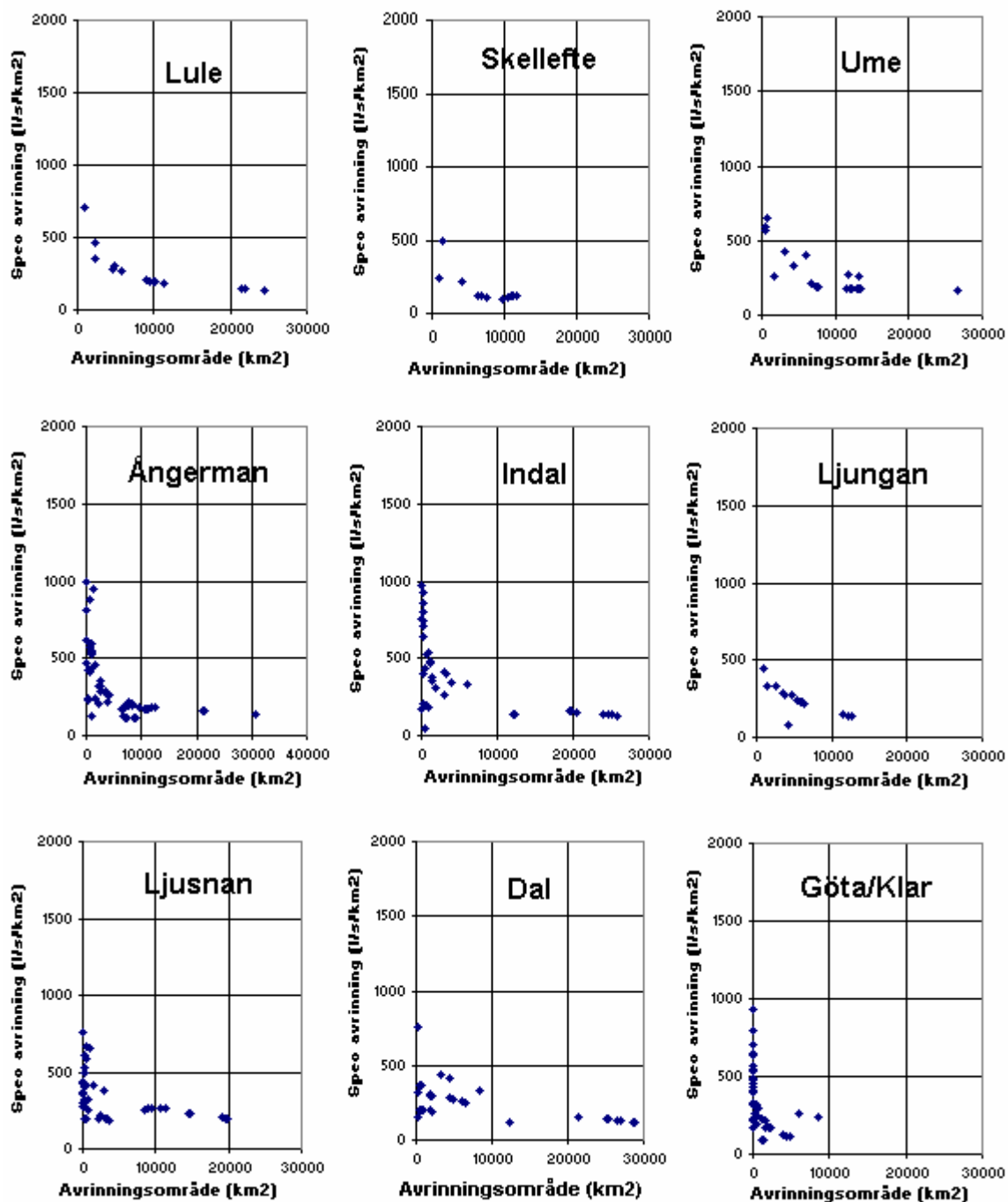


Övriga vattendrag forts.

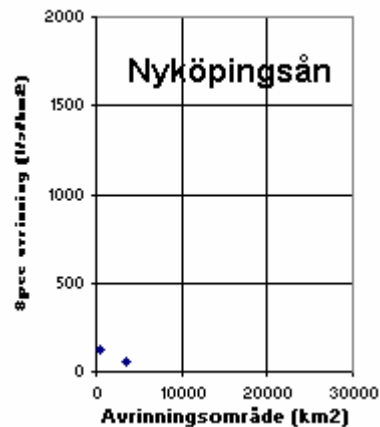
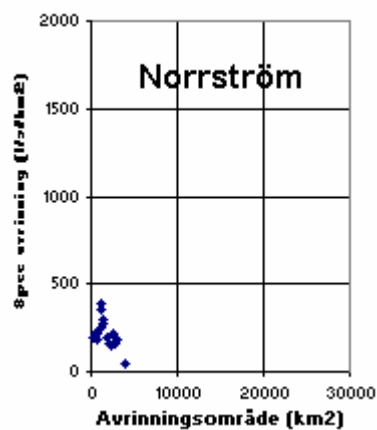
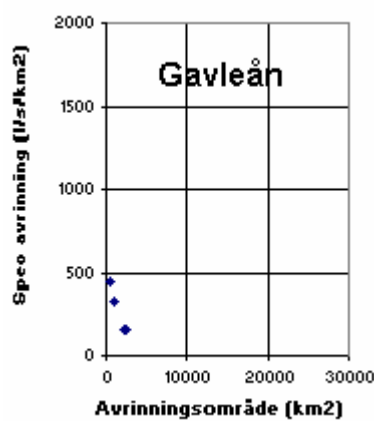
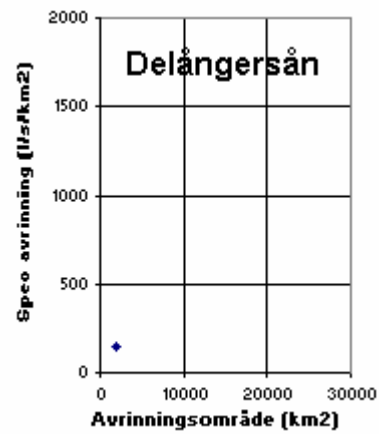
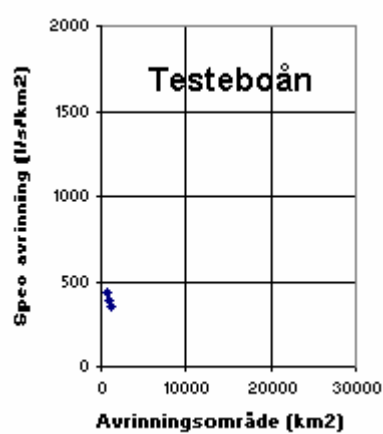
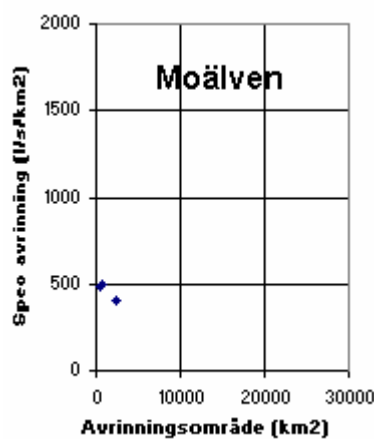
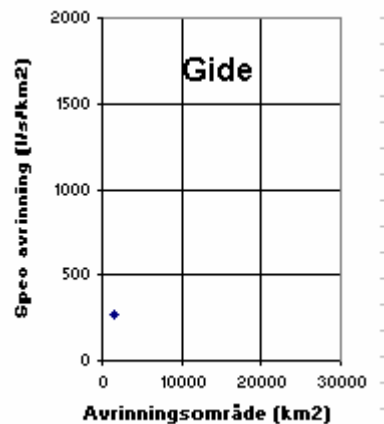
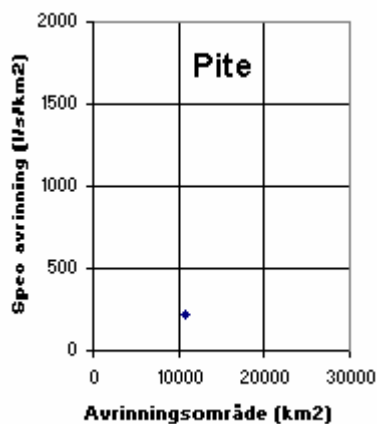
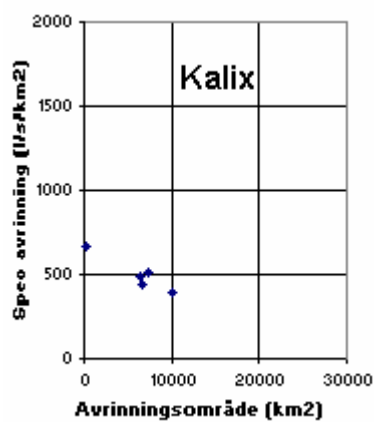


D Specifik avrinning

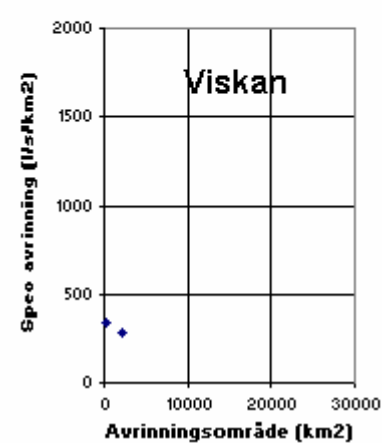
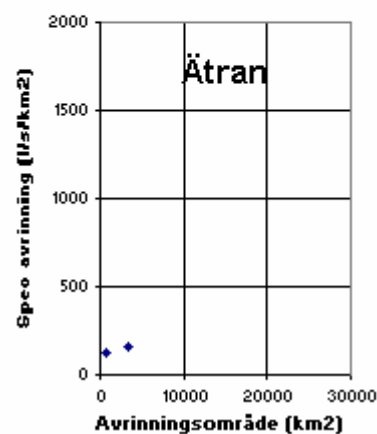
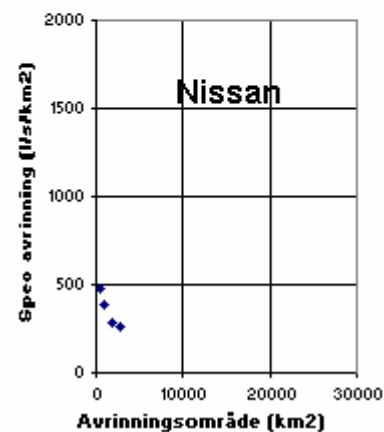
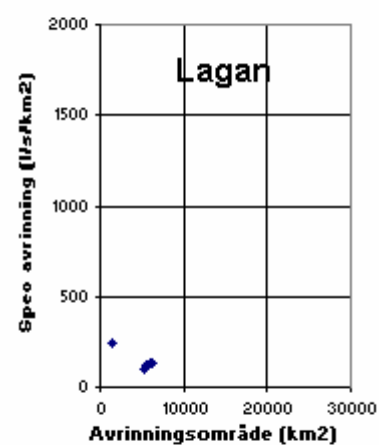
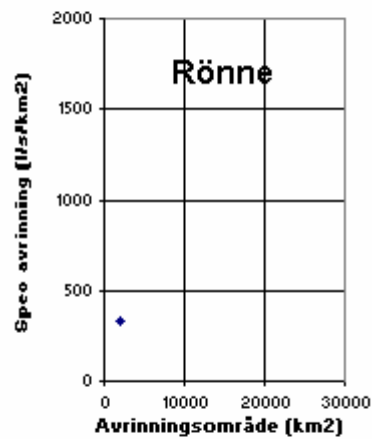
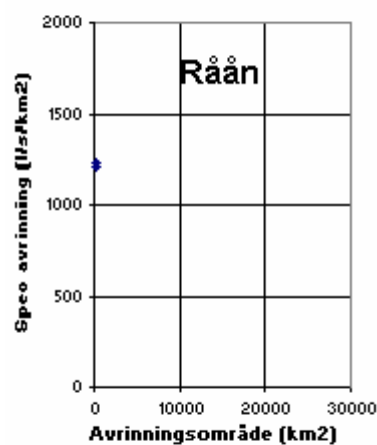
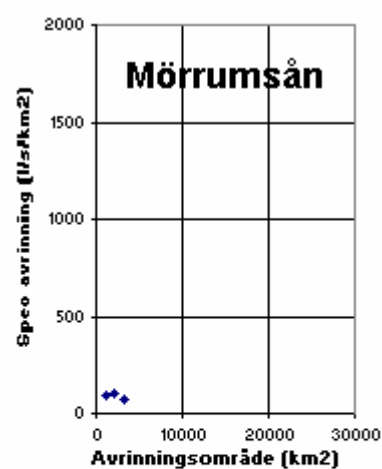
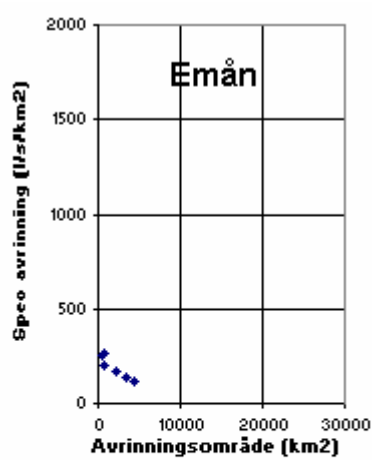
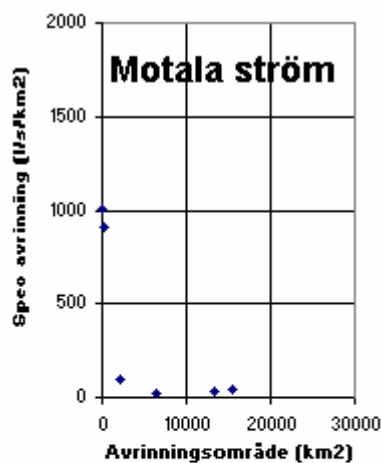
D.1 De större vattenkraftälvarna



D.2 Övriga vattendrag



Övriga vattendrag forts.





ELFORSK

SVENSKA ELFÖRETAGENS FORSKNINGS- OCH UTVECKLINGS – ELFORSK – AB
Elforsk AB, 101 53 Stockholm. Besöksadress: Olof Palmes Gata 31
Telefon: 08-677 2530. Telefax 08-677 2535
www.elforsk.se