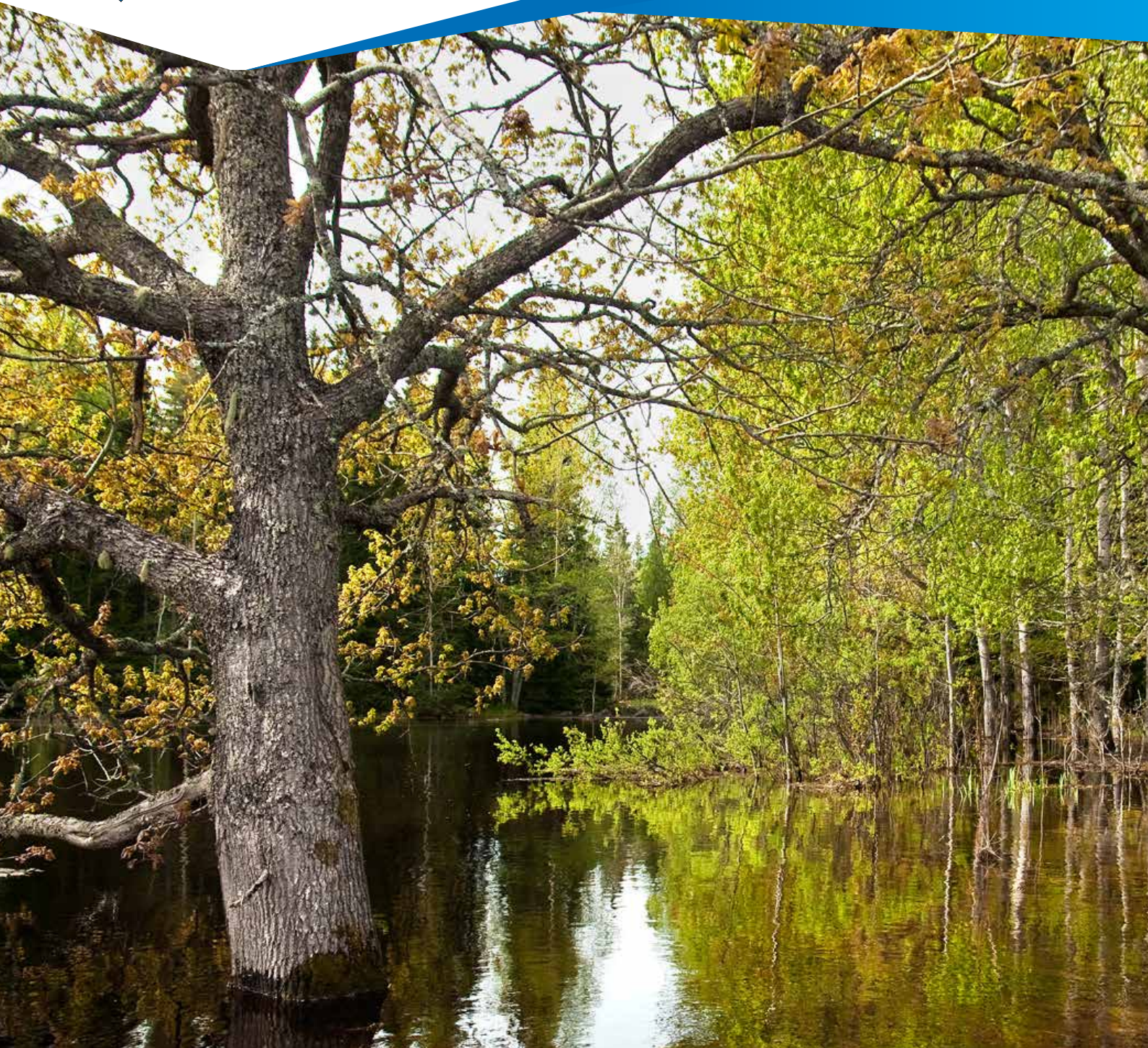




Rapport: 2017-09

Ekologiskt anpassad årsreglering för Dalälven

Omslagsbild: Svämlövskog vid Harön i Båtfors naturreservat vid högvatten i maj 2010. Foto: Gillis Aronsson Upplandsstiftelsen

Rapporten kan laddas ner från Länsstyrelsen Dalarnas webbplats:
www.lansstyrelsen.se/dalarna/publikationer

Ingår i serien Rapporter från Länsstyrelsen i Dalarnas län, ISSN: 1654-7691.

Rapport: 2017:09

Ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven

Anna Hedström-Ringvall Dalälvens Vattenregleringsföretagen, Claes Kjörk och Kent Pettersson
Fortum, Magnus Engström och Dag Wisæus ÅF/Vattenfall, Niclas Hjerdt SMHI, Joel Berglund
Länsstyrelsen i Uppsala län samt Per-Erik Sandberg Länsstyrelsen i Dalarnas län



Förord

Vattenkraften svarar för 40-50 % av Sveriges årliga elproduktion.

Vattenkraften är, särskilt på grund av sin reglerförmåga, en viktig del av dagens och framtidens förnybara energisystem. Ett kraftverks reglerförmåga är dess förmåga att öka eller minska produktionen beroende på variationen i efterfrågan. Vilket förutsätter tillgång på vatten från uppströms liggande magasin. Genom att anpassa tappningarna ur vattenreglermagasinen, kan vattenkraften varje sekund förse elsystemet med rätt mängd energi i förhållande till samhällets varierande elbehov och övriga kraftslags aktuella produktionsförmåga. Behovet av reglerkraft bedöms öka i framtiden - i takt med ökad elproduktion från sol- och vindkraft.

Kraftverksdammar och vattenreglering förändrar förutsättningarna för djur och växter i och kring våra vatten. Dammar hindrar fiskar och andra arter att ta sig mellan sina lek- och uppväxtområden. Förändrade vattenflöden och vattennivåer utarmar strandmiljöer. Många vatten klarar inte samhällets miljömål. Vattenkraften behöver anpassas för att klara aktuella miljökrav och bidra till Sveriges mål för både vattenmiljö- och energiområdet. Men bägge målen kan inte uppnås i alla vatten - det behövs en väl avvägd prioritering.

2014 utarbetade Havs- och vattenmyndigheten tillsammans med Energimyndigheten en nationell strategi för åtgärder i vattenkraften (Havs och vattenmyndighetens rapport 2014:14). I strategin tydliggörs att behovet av miljöåtgärder i vattenkraften behöver avvägas i förhållande till energinyttan och att de åtgärder som ur ett nationellt perspektiv ger störst miljönytta i förhållande till påverkan på energisystemet ska prioriteras. Strategins planeringsmål innebär att miljöåtgärder får ta i anspråk högst 2,3 % av vattenkraftens nuvarande elproduktion på nationell nivå (motsvarande 1,5 TWh). Samtidigt som åtgärdernas samlade effekt inte får ge väsentlig påverkan på vattenkraftens balans- och reglerförmåga.

Sveriges vattendrag har i strategin delats in i sex grupper - med utgångspunkt från en övergripande avvägning mellan miljö- och energivärden. Dalälven hör till grupp tre, vilket innebär att det behövs fördjupade regionala analyser för att identifiera vilka åtgärder i vattenkraften som ger störst miljönytta i förhållande till påverkan på energisystemet.

Länsstyrelsen i Dalarnas län har fått i uppdrag av Havs- och vattenmyndigheten att, i samverkan med övriga länsstyrelser i Nedre Dalälven och vattenkraftsbranschen, planera för ”Hållbar vattenkraft i Dalälven”. Målsättningen för arbetet är att:

- Etablera en långsiktig regional samverkansprocess för Hållbar vattenkraft i Dalälven.
- Utveckla metoder för avvägning av åtgärder mellan energi-, kultur- och miljövärden samt kommunicera projektets erfarenheter med nationella myndigheter och andra län/områden.
- Prioritera de åtgärder som ger störst miljönytta i förhållande till påverkan på vattenkraften – både effekt och elproduktion.

Hållbar vattenkraft i Dalälven genomförs i projektform under 2015-18 med styrgrupp, projektgrupp och arbetsgrupper för olika arbetspaket. Ett tiotal delprojekt genomförs i syfte att sammanställa kunskap om Dalälvens vattenkraftssystem och dess påverkan på natur- och kulturmiljön samt utveckla arbetssätt och metoder för att avväga dessa värden med varandra. Delrapporter publiceras fortlöpande i Länsstyrelsen i Dalarnas läns rapportserie och kan laddas ner från hemsidan www.dalarnasvatten.se under fliken ”Hållbar vattenkraft i Dalälven”.

Denna rapport ”Ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven – Naturvårdsnytta och påverkan på vattenkraftssystemet” redovisar hur vattenkraftens årsregleringar förändrat Dalälvens vårflöden och vilka effekter dessa förändringar har på naturvärdena längs älven. I rapporten identifieras vilka flödesförändringar, i form av högre och mer långvariga vårflöden, som skulle gynna älvens översvämningsberoende naturtyper. Flera olika analyser, med skilda metoder, har genomförts för att beräkna hur ekologiskt anpassad årsreglering kommer att påverka älvens samlade elproduktion och reglerkraftsnytta, de år åtgärden genomförs. Dessutom identifieras andra samhällseffekter vilka behöver beaktas i den fortsatta beredningen av dessa åtgärdsförslag.

Rapporten har utarbetats av en arbetsgrupp med representanter för Vattenregleringsföretaget, Fortum, Vattenfall, SMHI och berörda länsstyrelsernas naturvårdskompetens.

Per-Erik Sandberg

Projektledare Hållbar vattenkraft i Dalälven

Innehåll

Förord.....	3
Sammanfattning.....	7
Vattenföring och vattenflödesdynamik.....	11
Uppmätta vattenflöden 1852-2015.	11
Karakterisering av nedre Dalälvens oreglerade flöden.....	13
Klimatförändringens effekter	22
Vårens högvattenflöden påverkas av flera olika faktorer	24
Strandmiljöers behov av översvämningar.....	25
Vattenflödesdynamikens ekologiska funktion	25
Dalälvens översvämningsberoende naturvärden.....	27
Vilka översvämningar behövs och hur ofta?	32
Analyser av målscenarier	38
Lokala tekniska åtgärder	38
Målscenarier i denna studie	38
Så här regleras Dalälven idag.....	42
Beräkning av målscenariernas energi- och miljöeffekter.....	43
Hec ResSim beräkning av energi- och miljöeffekter	43
Routingmetod för beräkning av energi- och miljöeffekter	48
Mid Hyds modellering av energi- och miljöeffekter.....	52
Högvattenmodell för beräkning av energi- och miljöeffekter	56
Samlad bedömning av energi- och miljöeffekter	66
Effekter på övriga samhällsintressen.	69
Dammsäkerhet.....	69
Översvämningsrisker	71
Översvämningsmygg i Nedre Dalälven.....	74
Jordbruk	76
Diskussion och prioritering	78
Hydrologiska förutsättningar	78
Prioritering av målnivå för ekologiskt anpassad årsreglering	79
Ompröva tillstånd och vattenhushållningsbestämmelser	82

Hur går vi vidare?	84
Etablera en adaptiv vattenhushållningsförvaltning	84
Bilagor	86
Bilaga 1 Varaktighet av olika flöden i Långhag 1852-2015	86
Bilaga 2 Vattenregleringsföretaget - diagram med tappningar och magasinsnivåer	95
Bilaga 3 Vattenfall/ÅF Rapport - Reglerade översvämningar i nedre Dalälven - Beräkning av produktionsbortfall	104
Bilaga 4 Nivåutveckling i magasinen - Fortum "Base 600"	150
Bilaga 5 Nivåutveckling i magasinen - Fortum "Wet-800"	155
Bilaga 6 Nivåutveckling i magasinen - Fortums "Wet-650"	161
Bilaga 7 Regressionsanalys av snömagasinets förändring	166

Sammanfattning

Längs Dalälvens stränder finns flera nationellt och internationellt värdefulla naturområden som är beroende av översvämningar för att behålla sina naturvärden. Vattenkraftens årsregleringar har förändrat Dalälvens vattenflöden så att långvariga våröversvämningar idag är mycket sällsynta. I denna rapport analyseras möjligheten att genom anpassad årsreglering återskapa våröversvämningar samt vilka effekter det får på elproduktion och reglerkraft. Denna förstudie behöver kompletteras med mer detaljerade analyser av dessa förutsättningar samt även åtgärdens påverkan på andra intressen, inför ett eventuellt framtida beslut om genomförande.

Så här går vi vidare

Baserat på de resultat som tagits fram i denna förstudie förslås följande arbetsgång för den fortsatta beredningen av åtgärden ”Ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven”:

- Målnaturtyp är svämlövskog längs hela Dalälven från Torsång till Älvkarleby.
- Färnebofjärdens svämlövskogar utgör målområde för att ta fram flödesscenarier.
- Målscenariot 800 m³/s under 25 dagar i Näs under tidsperioden 15 april – 30 juni som analyserats i denna förstudie behöver kompletteras med analyser av alternativa målscenarier med andra flödesvolymmer.
- Miljönyttan i form av arealen svämlövskog som översvämmas samt energipåverkan i form av minskad elproduktion (GWh/år) och reglerförmåga behöver beräknas för flera alternativa målscenarier.
- Val av målscenario, för vidare beredning av åtgärden, fastställs i samband med avvägning mellan miljö- och energinytta för olika åtgärdstyper och åtgärder i den samlade åtgärdsplanen för Hållbar vattenkraft i Dalälven.
- En arbetsgrupp bildas med uppdrag att under fem år utveckla och pröva beslutsstöd samt följa upp effekterna på elproduktion och reglerkraft av simulerade alternativa årsregleringar.
- Ett förvaltningsråd för en adaptiv vattenhushållningsförvaltning bildas. Bland annat för att årligen ta fiktiv ställning till arbetsgruppens förslag om ett eventuellt genomförande ”i år” eller inte. Samt på sikt bereda åtgärden vidare inför ett eventuellt genomförande.

Dalälvens vattenflödesdynamik har förändrats

Dalälvens vårflöden varierar naturligt beroende på snötillgången samt vårens lufttemperatur och nederbörd som påverkar snösmältningsförloppet. Analyserna i denna rapport visar hur vårflödena förändrats sedan mitten av 1800-talet. När älvens största sjöar som Siljan, Amungen och Venjansjön började årsregleras på 1920-talet blev det allt mer sällsynt med långvariga våröversvämningar med flöden över 800 m³/s i flera veckor.

SMHI:s analyser visar att frekvensen av långvariga högflöden varierar naturligt mellan årtionden och att vi nu sedan slutet av 1990-talet är inne i en period med låga vårflöden. Snömängden har dessutom minskat sedan 1960-talet på grund av klimatförändringar och denna utveckling bedöms fortgå fram mot nästa sekel.

Många översvämningsberoende naturområden längs Dalälven

Dalälvens naturliga våröversvämningar har skapat en zonerings med olika naturtyper beroende på hur ofta och länge respektive område översvämmats. Dalälvens ovanligt många trånga sektioner dämmer vid höga flöden upp älven som då översvämmas uppströms liggande flacka strandområden. Detta är anledningen till att det finns så många översvämningsberoende naturområden längs Dalälven.

I rapporten redovisas påverkan och åtgärdsbehov för de bägge Natura2000 naturtyperna älvängar och svämlövskog. Älvängar ligger nära älvens normalvattenyta och översvämmas redan vid flöden kring 450 m³/s medan svämlövskogar, som ligger högre upp översvämmas först vid flöden över 7-800 m³/s. Eftersom svämlövskogar påverkas mest av flödesförändringarna har de valts som målnaturtyp för ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven.

Hälften av Dalälvens svämlövskogar ligger i Färnebofjärdens nationalpark. I tidigare arbeten har det klarlagts hur fjärdens vattennivå (vid Ista) varierar i förhållande till älvens flöde (tappningen från Näs). Därför används svämlövskog i detta område för att utvärdera måluppfyllelsen för alternativa nivåer av ekologiskt anpassad årsreglering av älvens större magasin.

Flödet är avgörande för hur stora arealer som översvämmas. GIS-analyser visar att ca hälften av svämlövskogarna översvämmas vid flöden över 8-900 m³/s medan det behövs ett flöde på 1250 m³/s för att översvämma all svämlövskog. Översvämningar behöver fortgå i 25 dagar för att initiera de ekologiska processer som kännetecknar svämlövskog.

Åtgärdens påverkan på elproduktion och reglerkraft

I denna studie har ett målscenario på 800 m³/s i 25 dagar i Näs använts som exempel för att visa hur tappningarna från Siljan m.fl. magasin behöver anpassas och hur stor påverkan då blir på elproduktion och reglerkraft. Beräkningar har genomförts för fyra typår (1999, 2006, 2010 och 2015) med flera olika modeller/metoder vilka idag används av respektive kraftbolag för produktionsplanering och annan modellering.

Målscenariot 800 m³/s i 25 dagar i Näs kan endast uppnås under "våtår", som 2015, och då genom anpassad tappning från Siljan och Trängslet. Övriga år blev antingen varaktigheten kortare eller flödesvolymen lägre. Om ekologiskt anpassad årsreglering hade genomförts dessa år skulle

elproduktionen ha minskat med 200-250 GWh de år åtgärden genomförs. Påverkan på reglerkraften hade varit tydlig - i praktiken hade möjligheten till reglering av kraftproduktionen i Dalälven upphört viss del av året. Åtgärden påverkar 20 kraftverk med relativt reglerbidrag i klass 1 – från Trängslet till Älvkarleby. Om enbart Siljans tappning anpassas (dvs inte Trängslet) så blir energipåverkan mycket mindre, samtidigt som översvämningen minskar i areal och varaktighet.

Mot bakgrund av att vårflödena den senaste 15-20 årsperioden generellt varit lägre än normalt bedöms det möjligt att nå bättre måluppfyllelse med mindre energipåverkan under ”normala våtar”, möjligen på nivån 150-200 GWh de år åtgärden genomförs. Det innebär i genomsnitt 35-50 GWh/år om åtgärden genomförs vart fjärde år.

Påverkan på andra intressen

De år förutsättningarna är goda för ekologiskt anpassad årsreglering behöver vatten sparas i de stora regleringsmagasinen, främst Siljan, för att senare tappas tillsammans med Västerdalälvens vårflod. Siljans avsänkning måste då avbrytas i början av mars för att fylla upp sjön inför vårfloden. Siljans vattenyta måste ligga högre än vid både normal reglering och naturligt för att det ska vara möjligt att ”trycka ut” tillräckligt med vatten (300 – 400 m³/s) genom Siljans trånga utlopp ner mot Gråda.

Prognoser för vårflöden är osäkra och det är omöjligt att veta hur väder och nederbörd utvecklas flera veckor eller månader framöver. Risken för oplanerat höga flöden ökar när Siljan hålls på en hög nivå under våren. Det förändrar förutsättningarna för beräkning av det så kallade 100-årsflödet och andra parametrar som används vid dimensionering av dammar och samhällsplanering, som lokalisering av bebyggelse. Totalt kan närmare ett tjugotal kraftverksdammar i flödedimensioneringsklass I och II beröras. Dessa förhållandet har inte analyserats närmare i denna förstudie.

Förutsättningarna för utveckling av översvämningsmygg i nedre Dalälven kommer att förändras av långvariga översvämningar. GIS-analyser visar att vid vattenflödesnivån 800 m³/s så uppnås den maximala ytan/arealen översvämmad mark som är lämplig för mygglarvernas utveckling från ägg till flygfärdig mygg.

Långvariga översvämningar påverkar vissa jordbruksområden, som runt Hovran. Det är framför allt lågt liggande åkermark som påverkas genom att vårbruket blir så försenat att det i praktiken blir omöjligt att odla planerade grödor dessa år.

Miljötillstånd och vattenhushållningsbestämmelser behöver förändras

Dalälvens vattenregleringsföretag och kraftverksägare har idag tillstånd att reglera Dalälven inom fastställda gränser för att producera elenergi. Ekologiskt anpassad vattenreglering förutsätter att de större

regleringsmagasinen, under vissa år, tappas med annat syfte och på ett annat sätt. Sannolikt behövs då en samlad omprövning av de större kraftverkens och regleringsmagasinens vattenhushållningsbestämmelser.

Omprövning av en hel älvs vattenregleringsstrategi med de effekter det riskerar att orsaka för andra samhällsintressen är en komplicerad process som behöver föregås av fördjupade analyser och en samlad MKB (miljökonsekvensbeskrivning) som i detalj beskriver hur övriga intressen påverkas och hur eventuella skador kan förebyggas.

Utformning av vattenhushållningsbestämmelser för ekologiskt anpassad årsreglering behöver utvecklas och dess tillämpning klarläggas liksom tillsynsmyndighetens roll. Beslutsfunktionen är en central fråga, dvs. vem/vilka beslutar respektive vår om ett eventuellt genomförande. Ansvar för eventuella skador behöver klarläggas. Idag har dammägare ett strikt ansvar för konsekvenser av ett dammbrott.

En adaptiv vattenhushållningsförvaltning ger stora möjligheter

Om en ekologiskt anpassad årsreglering i framtiden ska genomföras under gynnsamma "våtar" behövs en beredningsfunktion som varje vinter/vår analyserar de hydrologiska förutsättningarna och en beslutsfunktion som beslutar om ett eventuellt genomförande. En arbetsgrupp bör tillsättas för att de närmaste fem åren utveckla kunskapen om vilka beslutsunderlag som behövs och genom att respektive vår simulera alternativa ekologiska tappningar utvärdera effekter på bland annat elproduktion och reglerkraft.

Ekologiskt anpassad årsreglering behöver värderas i förhållande till andra miljöåtgärder i den åtgärdsplan som tas fram av Hållbar vattenkraft i Dalälven. Åtgärdens omfattning behöver då kvantifieras i termer av minskad elproduktion per år och påverkan på reglerkraften. Genom att beräkna hur stor vattenvolym som i genomsnitt behöver spillas från Siljan för att genomföra åtgärden blir det möjligt att under de år åtgärden inte genomförs "bygga upp" en fiktiv vattenvolymfond som "används" för att genomföra åtgärden de år förhållandena är de rätta.

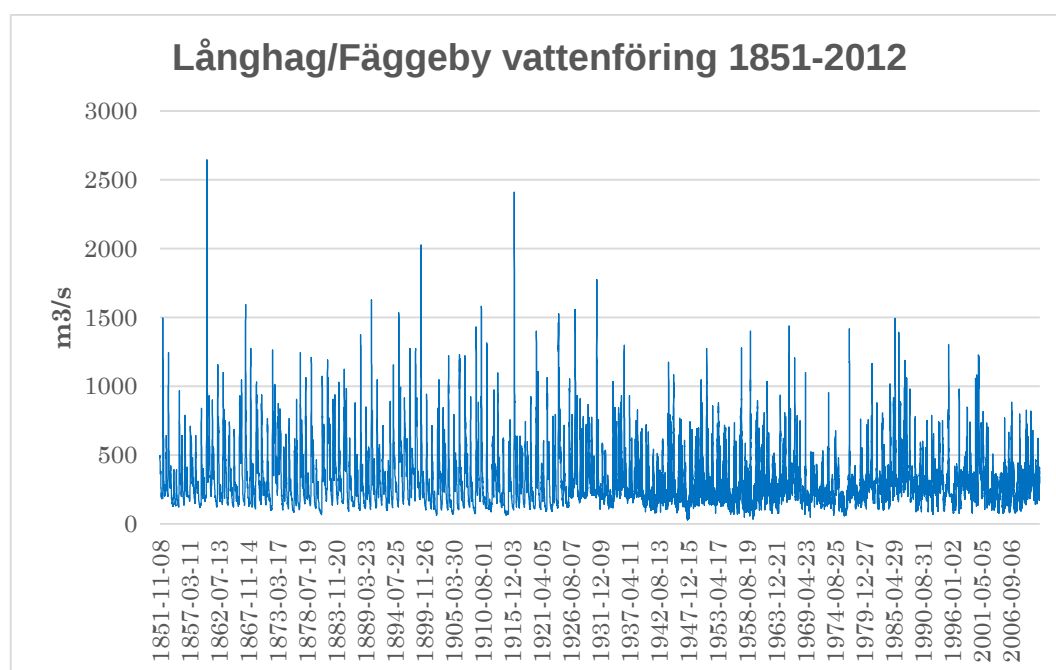
En vattenvolymfond möjliggör samtidigt en adaptiv anpassning av åtgärden så att den i ett längre tidsperspektiv kan varieras för att stärka vårflöden med alternativ nivå och längd i förhållande till hur klimateffekterna utvecklas. I syfte att uppnå så stor ekologisk nytta som möjligt inom den fastställda åtgärdsramen dvs. "vattenfonden".

Vattenföring och vattenflödesdynamik

I detta kapitel redovisas vattenflödena i mellersta och nedre Dalälven, från 1852 då mätningarna påbörjades och fram till 2015. Flödesförändringarna i Långhag (nedströms Borlänge/Runn) och Näs (nedströms Avesta) har analyserats för att belysa mellanårsvariationer och långsiktiga trender.

Uppmätta vattenflöden 1852-2015.

Vattenflöden har uppmätts sedan lång tid tillbaka i flera stationer och kraftverk längs Dalälven varav Långhags kraftverk, eller Fäggeby som stationen hette före kraftverkets tillkomst, är den äldsta sammanhängande mätserien med dygnsmedelvärden från 1852. Se Figur 1. I Älvkarleby har vattenflödet uppmätts sedan 1858, men mätvärden från 1800-talet finns inte tillgängliga i digital form.



Figur 1. Dalälvens vattenflöde vid Långhag/Fäggeby (nedströms Runn). Uppmätta vattenflöden från tidsperioden 1851-2012.

Av figuren, som baseras på dygnsvärden, för hela tidsperioden, går det att skönja vissa långsiktiga förändringar, kopplat till vattenreglering. Under 1920-talet påbörjades årsreglering i de flesta av Dalälvens stora sjömagasin som Siljan, Amungen och Venjanssjön. Flödesdiagrammet får från och med 1920-talet en mer sammanpressad form när vårens höglöden magasineras och tappas under nästkommande höst-vinter då flödena normalt skulle ha varit lägre. Det var vanligare med höga flödestoppar före dessa magasins tillkomst. Men det är viktigt att komma ihåg att inte ens dagens än mer

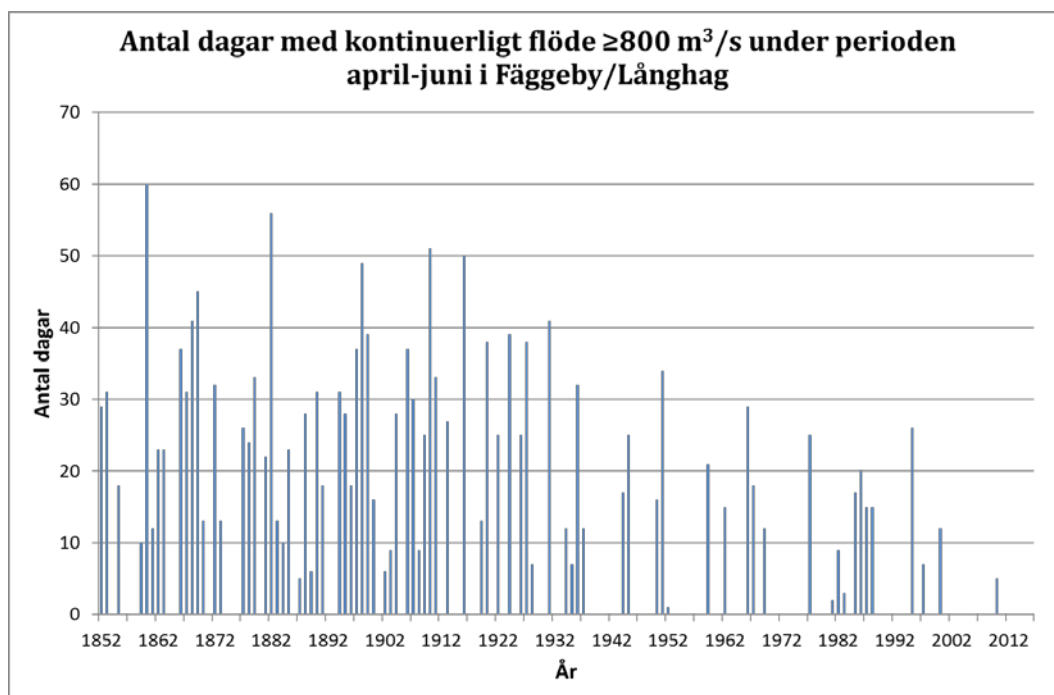
utbyggda vattenreglering kan förhindra uppkomsten av de allra högsta högvattenflödena vilka orsakar de största översvämningsskadorna.

Dalälvens lågvattenflöden ligger på ungefär samma nivå både före och efter vattenkraftens utbyggnad. Mellan Långhags och Näs kraftverk är nuvarande medellågvattenflöden (MLQ) drygt 100 m³/s i förhållande till de naturliga som var ca 10 % högre. De lägsta uppmätta flödena, som ligger på nivån 60-70 m³/s, förekommer med 5-10 års mellanrum - både före och efter älvens reglering. I Älvkarleby är dagens medellågvattenföring (MLQ) ca 90 m³/s i jämförelse med den naturliga nivån som var ca 140 m³/s.

Långhags flödesserie mellan åren 1852 – 2015 visar hur vattenflödena förändrats från en i det närmaste oreglerad älv i mitten av 1800-talet fram till Dalälvens vattenkraftssystem som det ser ut idag. Dalälvens sista större regleringsmagasin, Trängslet, stod klar 1959. Vattenkraftens utbyggnad och påverkan på Dalälven beskrivs mer utförligt i rapporten ”Dalälvens vattenkraftssystem – energiproduktion och reglerkraftnytta samt påverkan på vattenflöden och vattennivåer”, Rapport 2017:03, Länsstyrelsen i Dalarnas län.

Både lågvattenflöden och högvattenflöden samt inte minst den naturliga dynamiken med ”slumpvisa” variationer i flödet, upp och ner, beroende på väder och vind har danat naturmiljön längs hela Dalälven. Vilket är viktigt att beakta vid bedömning av vattenkraftens påverkan och åtgärdsbehov för att bevara olika naturtyper. Se en mer utförlig beskrivning i kapitlet ”Strandmiljöers behov av översvämningar”.

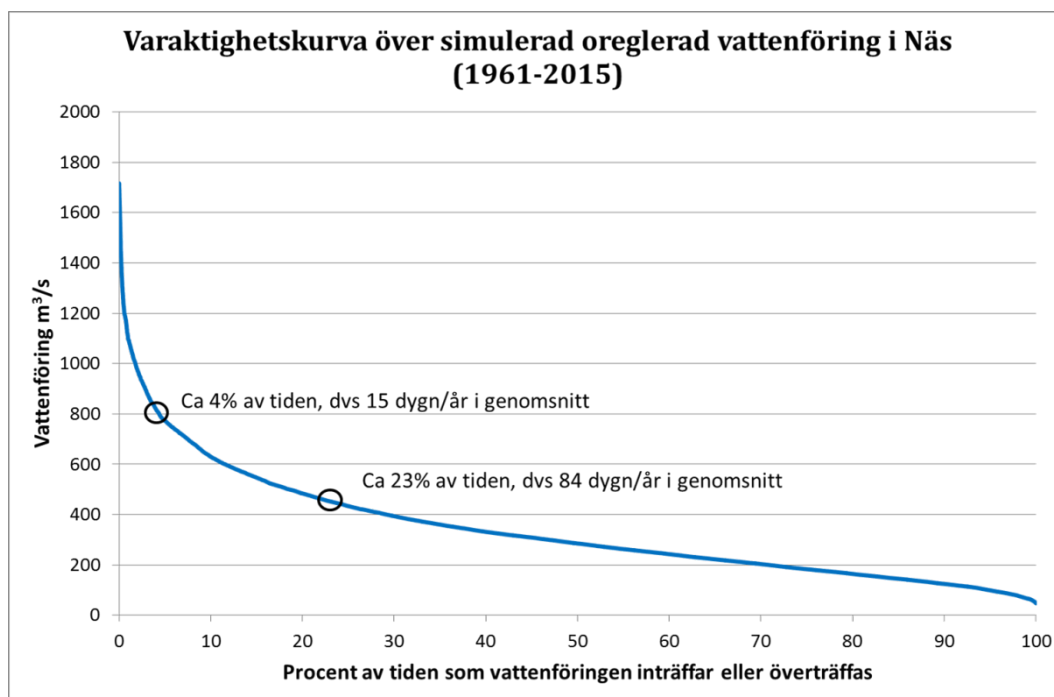
Ett sätt att belysa förekomsten av långvariga högvattenflöden, som har särskilt stor betydelse för översvämningsberoende naturtyper, är att visa hur många dagar flödena överstiger en viss nivå respektive år. Se Figur 2. Dessa perioder inträffar oftast under vårfloden (maj-juni) – se även bilaga 1.



Figur 2. Antal dagar resp. år med vattenflöde över 800 m³/s vid Långhags kraftverk.

Karakterisering av nedre Dalälvens oreglerade flöden

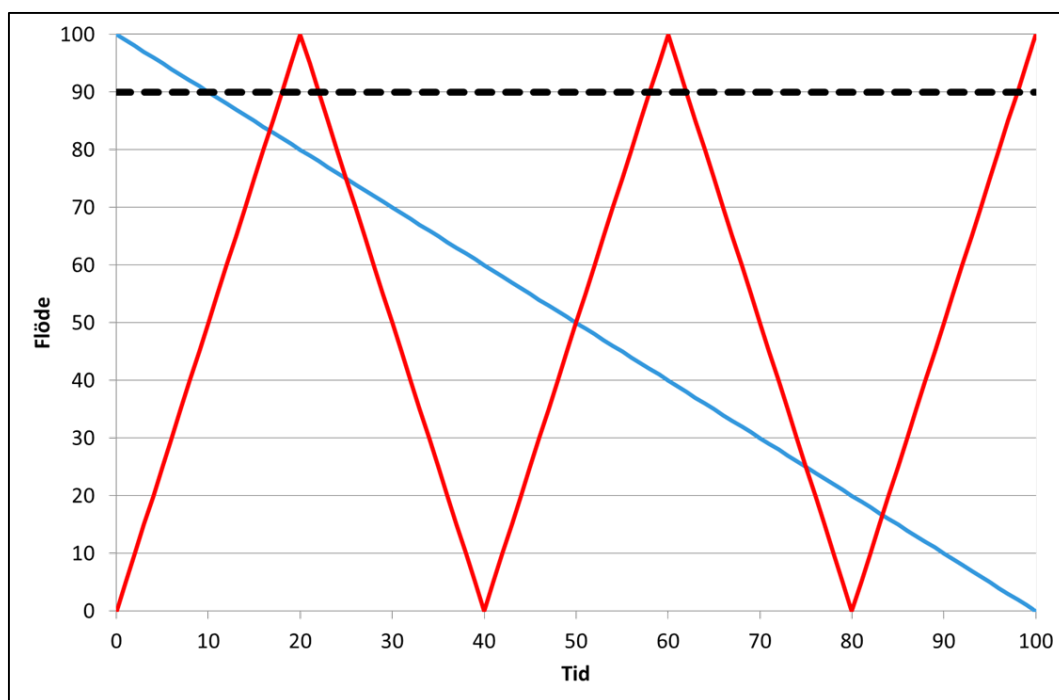
En nyckel för att förstå hur naturen kring Dalälven utvecklats är att undersöka hur vattenflödet varierar i tiden. Ett vanligt sätt att beskriva detta är att analysera flödets varaktighetskurva, vilken visar hur stor andel av tiden som ett flöde inträffar eller överskrids. Om vattenföringen i en älv skulle vara konstant över tiden är flödets varaktighetskurva en horisontell linje, dvs samma flöde inträffar hela tiden. Desto mer varierande vattenföringen är, desto större lutning får varaktighetskurvan. Flödets varaktighet återspeglar många olika naturgivna faktorer – t.ex. landskapets karaktär med topografiska förhållanden och förekomst av sjöar – men har naturligtvis även klimatologiska kopplingar.



Figur 3. Varaktighetskurva för simulerad oreglerad vattenföring i Näs (1961-2015), samt exempel på hur man utläser varaktigheten för olika flödesnivåer.

För att förstå hur de oreglerade flödesförhållandena i nedre Dalälven skulle se ut så har en hydrologisk modell använts för att rekonstruera den oreglerade vattenföringen. Fördelen med detta jämfört med att analysera historiska mätdata från perioden före vattenkraftsutbyggnaden är att vi kan undersöka hur de naturliga förhållandena skulle ha sett ut med dagens klimat. Varaktighetskurvan för simulerade oreglerade flöden i Näs har en brant lutning vid högre flöden men flackar ut något vid medelhöga till lägre vattenföring (Se Figur 3) liksom generellt i oreglerade vattendrag. Regleringar brukar medföra att varaktighetskurvan får ett än mer flackare parti då vattenföringen i regel blir mer jämnt fördelad över året. Ur varaktighetskurvan kan man t.ex. utläsa att en vattenföring på minst 800 m³/s skulle inträffa naturligt ca 4 % av tiden (Se Figur 3).

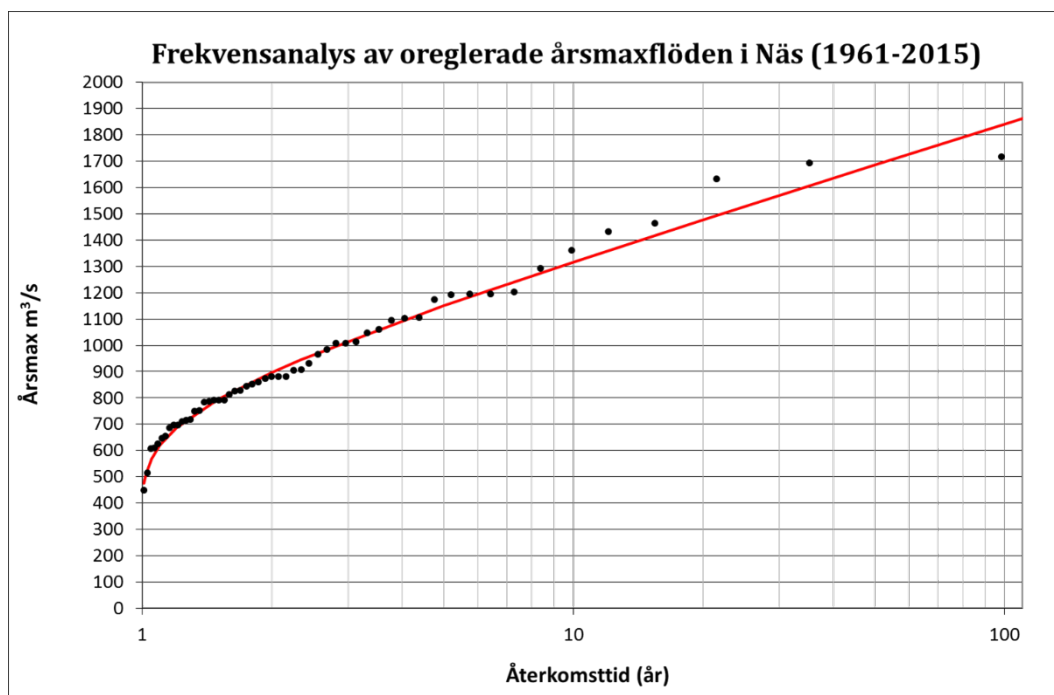
En varaktighetskurva säger inget om hur långvariga flödesepisoderna är. Ett visst flöde kan inträffa vid många kortvariga händelser eller vid ett fåtal långvariga händelser men kan ändå ha liknande varaktighetskurvor. Se exemplet i Figur 4, där det framgår att andelen av tiden som den blå kurvan överstiger flödesnivån vid den streckade svarta linjen är lika stor som andelen av tiden som den röda kurvan överstiger samma nivå (summan av tiden under alla röda toppar).



Figur 4. Två hypotetiska vattenföringskurvor (blå respektive röd linje) som har liknande varaktighetskurvor, trots att flödet varierar på olika sätt i tiden.

Tiden som högflöden pågår är viktigt ur ett ekologiskt perspektiv och därför är det nödvändigt att även undersöka denna aspekt med vattenregleringar. Ett sätt att göra det är att beräkna återkomsttiden för en typ av händelse, t.ex. att ett flöde med en viss längd i tiden ska inträffa. Beräkning av återkomsttid hos olika flöden används för många olika syften inom samhällsplanering. Dammar, broar och andra byggnader vid vatten är t.ex. dimensionerade för flöden med höga återkomsttider för att inte riskera ras.

Beräkning av återkomsttid för oreglerade högflöden i Dalälven har gjorts genom en statistisk analys av högsta beräknade flödet varje år under perioden 1961-2015. Genom att anta hur punkterna fördelas statistiskt kan man beräkna återkomsttiden för ett godtyckligt flöde (Se Figur 5). Här syns t.ex. att återkomsttiden för ett naturligt flöde lika med eller högre än 800 m³/s är ca 1,5 år.



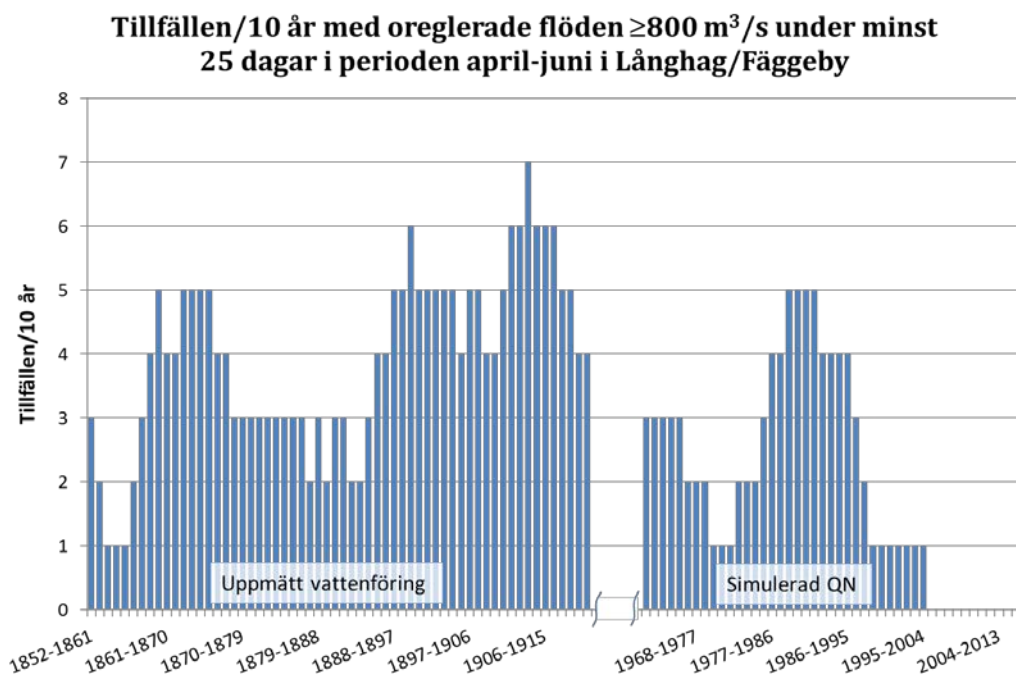
Figur 5. Frekvensanalys av oreglerade högsta årsflöden (Årsmax) i Näs (1961-2015) med anpassad Gumbelfördelning (röd kurva).

Genom att införa ytterligare krav på högflödets karaktär kommer återkomsttiderna förändras eftersom många kortvariga högflöden då sorteras bort. Ekologiskt relevanta krav är (a) flöde med en viss uthållighet och (b) flöde under en viss period på året. I nedre Dalälven finns många indikationer på att långvariga högflöden under våren/försommaren är viktiga för att upprätthålla artrikedomen (se andra avsnitt). Ett flöde på minst 800 m³/s under minst 25 dygn under perioden april-juni är ett ekologiskt funktionellt högflöde. Se kapitlet "Strandmiljöers behov av översvämningar". Genom att addera dessa krav i frekvensanalysen har de resulterande återkomsttiderna analyserats. Analysen genomfördes dessutom på glidande 30-årsperioder för att studera om/hur återkomsttiderna förändrats med tiden.

En analys av långvariga vårflöden i Långhag/Fäggeby visar att antalet händelser per 10 år varierar i cykler med klimatets variation (Figur 6). Årsregleringen av Dalälven påbörjades i stor skala på 1920-talet varför det endast är mätvärden före 1920-talet som visar oreglerade förhållanden. SMHI kan modellberäkna oreglerade förhållanden från och med 1961 varför värden för mellanliggande tidsperiod saknas i diagrammet.

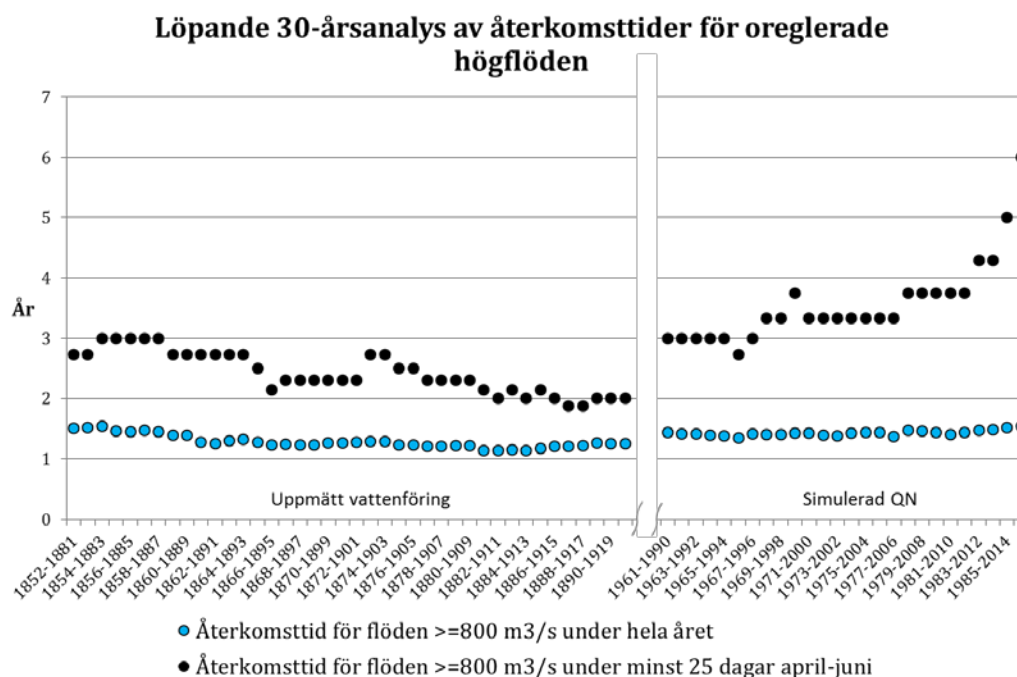
Under 1860-talet var det en topp i högflödesfrekvensen, sedan ytterligare en topp kring sekelskiftet, och ytterligare en topp kring 1910-talet. Senaste toppen i modern tid var kring mitten av 1980-talet, då långvariga högflöden inträffade ca 5 av 10 år (dvs. vartannat år), men sedan dess har det varit väldigt sällsynt med dessa högflöden. Efter 2005 har inga långvariga vårflöden inträffat enligt den simulerade oreglerade vattenföringen. Av

bilaga 1 framgår att det inte uppmätts långvariga högvattenflöden i Långhag efter år 2000.



Figur 6. Tillfällena per 10 år som oreglerade flöden i Långhag/Fäggeby överskrider $800 \text{ m}^3/\text{s}$ i minst 25 dygn. För perioden 1852-1920 används uppmätt vattenföring, och för perioden 1961-2015 används simulerad oreglerad vattenföring (QN).

Resultatet av 30-årsanalysen visar att återkomsttiden för ett flöde i Långhag/Näs som motsvarar eller överträffar $800 \text{ m}^3/\text{s}$ är ca 1-1,5 år från mitten på 1800-talet till idag (Se Figur 7), dvs det har varit relativt oförändrat under perioden. Återkomsttiden för samma flöde under perioden april-juni med en uthållighet på minst 25 dygn var mellan 2-3 år under perioden 1852-1920, men efter 1961 har återkomsttiden ökat markant. Återkomsttiden för detta flöde under den senaste 30-årsperioden (1986-2015) är ca 6 år, dvs mindre än två gånger per decennium. Den markanta uppgången i återkomsttid på senare tid är ett resultat av att de senaste 30-årsperioderna inte längre omfattar nederbördsrika år i början av 1980-talet.

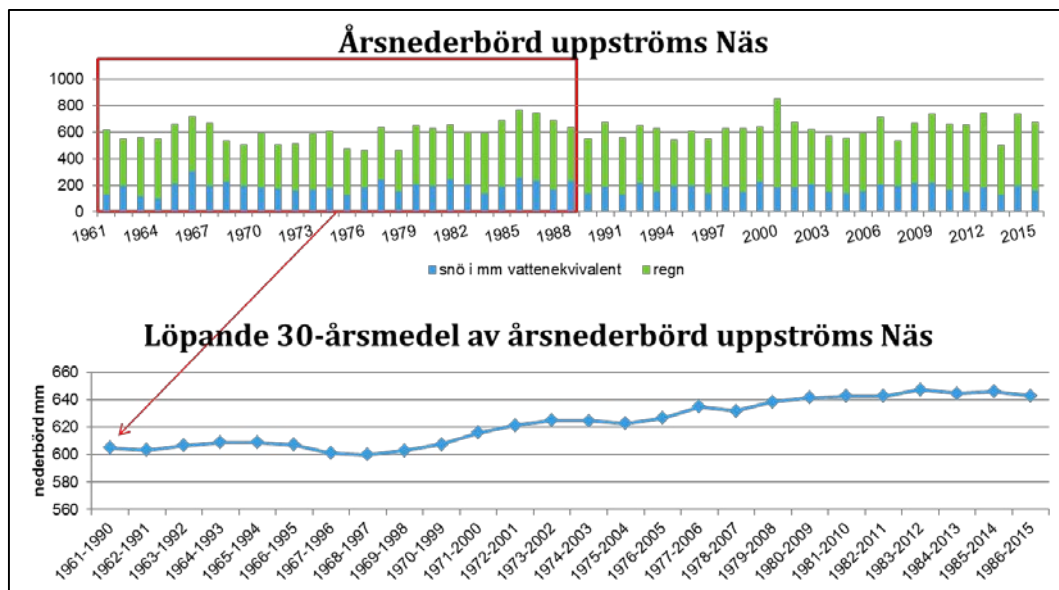


Figur 7. Återkomsttid för ett uppmätt flöde som överstiger 800 m³/s i Långhag (1852-1920) samt beräknat för Näs (1961-2015), med respektive utan krav på en uthållighet av minst 25 dygn under perioden april-juni. De blå cirkulärna är beräknade genom en traditionell frekvensanalys av årsmaxvärden, medan de svarta cirkulärna representerar en kvot mellan 30 år och antalet identifierade händelser under perioden.

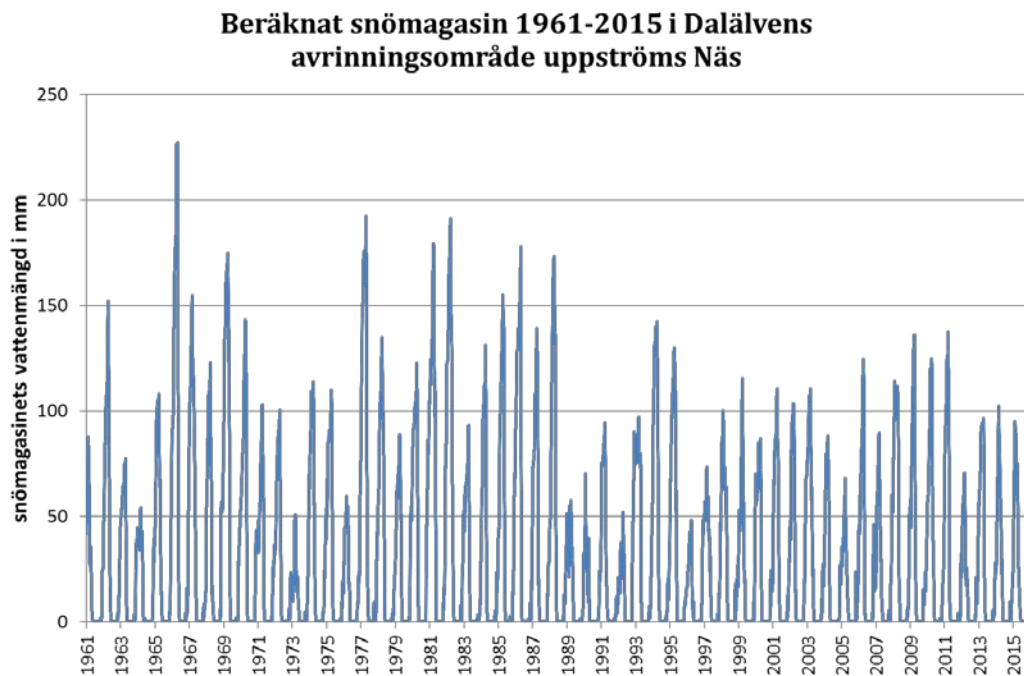
Vad är orsaken till att långvariga naturliga högflöden under våren/försommaren blivit allt mer sällsynta på senare tid, trots att frekvensen av högflöden överlag är relativt konstant?

En tänkbar orsak kan vara förändringar i nederbördsmängd med tiden. En analys av total årsnederbörd i området uppströms Näs visar dock tvärt emot att det skett en successiv ökning av årsnederbörden under perioden 1961-2015 (Se Figur 8). Trenden syns tydligt när man medelvärdesbildar nederbörden över 30-årsperioder och den överensstämmer med den utveckling som klimatmodeller förutspår. Faktumet att naturliga långvariga vårflöden blir allt mer sällsynta i nedre Dalälven kan alltså inte förklaras av att årsnederbörden minskat.

Klimatförändringarnas effekter fram till nästa sekelskifte belyses mer ingående i rapporten "Dalälvens vattenkraftssystem – Energiproduktion och reglerkraftnytta samt påverkan på vattenflöden och vattennivåer" (Utgiven som rapport 2017:03 genom Länsstyrelsen i Dalarnas län). Längre fram i detta kapitel ges en sammanfattning för nedre Dalälven. Se Figur 13 och Figur 14.

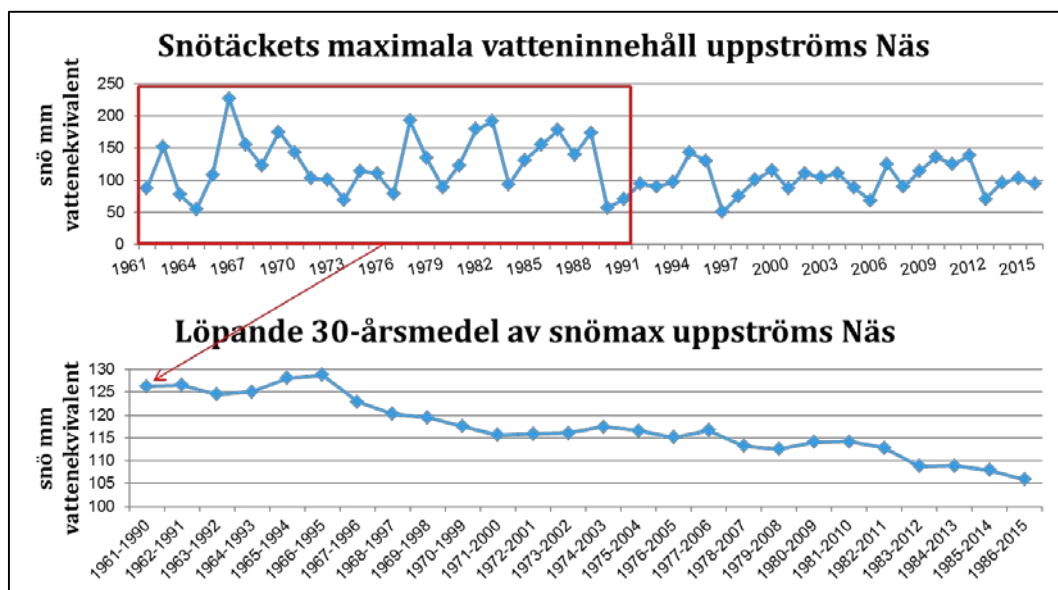


Figur 8. Årsnederbörden uppströms Näs 1961-2015 och dess fördelning i regn och snö (överst), samt löpande 30-årsmedel av årsnederbörden (nederst). Röd ruta visar hur värden i det övre diagrammet relaterar till ett medelvärde i det nedre diagrammet.



Figur 9. Snötäckets beräknade vatteninnehåll uppströms Näs 1961-2015.

Eftersom vårfloden hänger samman med snösmältning är ett naturligt nästa steg att undersöka om snötäcket förändrats under perioden. Snömagasinet varierar relativt mycket från år till år (Figur 9). Beräkningar av största snömagasinet varje år uppströms Näs visar att detta varierar i tiden mellan ca 50 mm och knappt 250 mm under perioden 1961-2015 (Figur 10 övre). När man medelvärdesbildar maximala snömagasinet över 30-årsperioder syns en tydlig negativ trend (Figur 10, nedre). Maximala snömagasinet har minskat med ca 20 mm eller ca 16 % från den första till den senaste 30-årsperioden.

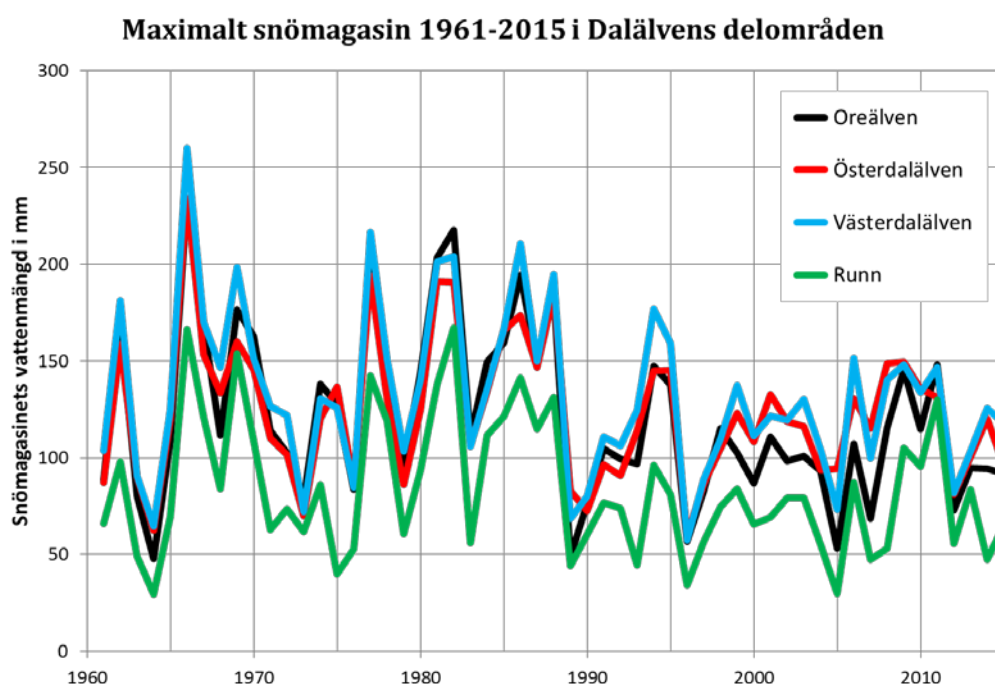


Figur 10. Snötäckets maximala vatteninnehåll uppströms Näs 1961-2015 (överst) samt resulterande 30-årsmedelvärden (nederst). Röd ruta visar hur värden i det övre diagrammet relaterar till ett medelvärde i det nedre diagrammet.

Det kan förefalla att 20 mm är en liten siffra men det motsvarar en vattenvolym av ca 538 miljoner m³, att jämföra med regleringsvolymen i Siljan på 660 miljoner m³ och i Trängslet på 880 miljoner m³. Ett bortfall på 20 mm snömagasin motsvarar alltså en förlust av ett relativt stort regleringsmagasin i avrinningsområdet. Snömagasinet kan betraktas som ett slags naturligt regleringsmagasin som lagrar nederbörden över vintern för att bilda avrinning på våren och försommaren. När detta magasin minskar så minskar sannolikt förutsättningarna för en långvarig vårflod. Regn under våren ger i allmänhet snabbare avrinningsförlopp än snösmältning, vilket gör att vårfloden som domineras av regntillskott överlag får ett hastigare förlopp.

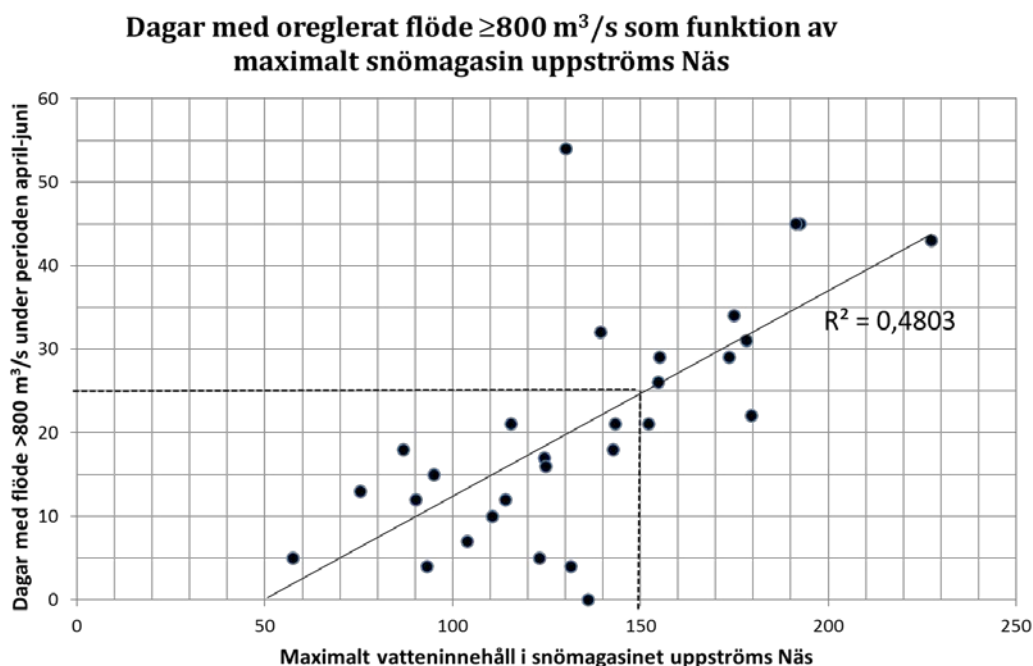
Det maximala snömagasinet samvarierar generellt i alla Dalälvens delområden (Figur 11). Störst snömagasin har de höglänta delområdena i nordväst (Västerdalälven, Österdalälven och Oreälven). Mellanårsvariationen är i regel hög men det finns en påtaglig negativ trend med minskande snölager i alla delområden, framför allt beroende av att de riktigt snörika åren inte tycks förekomma längre.

En regressionsanalys av maximala snömagasinet har genomförts för respektive delområde och den visar att trenden är negativ i alla delområden men signifikansnivån varierar (se bilaga 7). Tydligast är trenden med minskande snömagasin i Oreälven (-0,83 mm/år), vilken även är statistiskt signifikant med 95% konfidens. För Oreälven betyder detta att vatteninnehållet i det maximala snömagasinet minskat med ca 45 mm under perioden 1961-2015.



Figur 11. Maximalt snömagasin i Dalälvens större delområden under perioden 1961-2015.

Är snömagasinet maximala storlek relaterad till förekomsten av långvariga vårflöden i nedre Dalälven? En regression mellan snöns maximala vatteninnehåll uppströms Näs och antal dagar med flöde $\geq 800 \text{ m}^3/\text{s}$ visar att en relativt hög förklaringsgrad (Figur 12). Regressionslinjen visar att det generellt krävs ett snömagasin motsvarande minst ca 150 mm för att ge förutsättningar för en oreglerad vårflod med $\geq 800 \text{ m}^3/\text{s}$ i 25 dygn (se streckade linjer i Figur 12). Även andra faktorer påverkar naturligtvis uthålligheten hos vårflöden, såsom varierande avsmältningstakt och regn. Den punkt som har högst antal dagar över $800 \text{ m}^3/\text{s}$ är vårfloden år 1995, vilken kännetecknades av extremt stora regnmängder under snösmältningen. Då räckte det med ett snömagasin på ca 130 mm eftersom regntillskottet var så stort.



Figur 12. Dagar med oreglerat flöde $>800 \text{ m}^3/\text{s}$ som funktion av maximalt snömagasin uppströms Näs för perioden 1961-2015. En linjär regression ($R^2=0,48$) indikerar att det maximala snömagasinet behöver vara ca 150 mm för att ge 25 dagars oreglerat flöde $>800 \text{ m}^3/\text{s}$ i Näs dvs. nedre Dalälven.

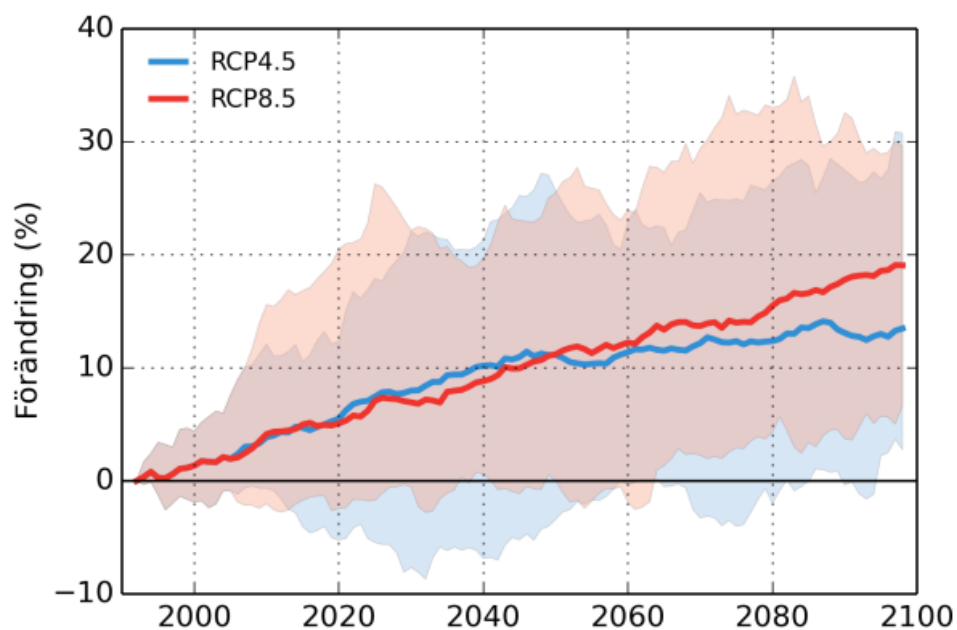
Klimatförändringens effekter

I rapporten "Dalälvens vattenkraftssystem – Energiproduktion och reglerkraftnytta samt påverkan på vattenflöden och vattennivåer" belyses klimatförändringens effekter på vattenflödena i olika delar av Dalälven. Nedanstående text och Figur 13 och Figur 14 är hämtade från avsnittet nedre Dalälven.

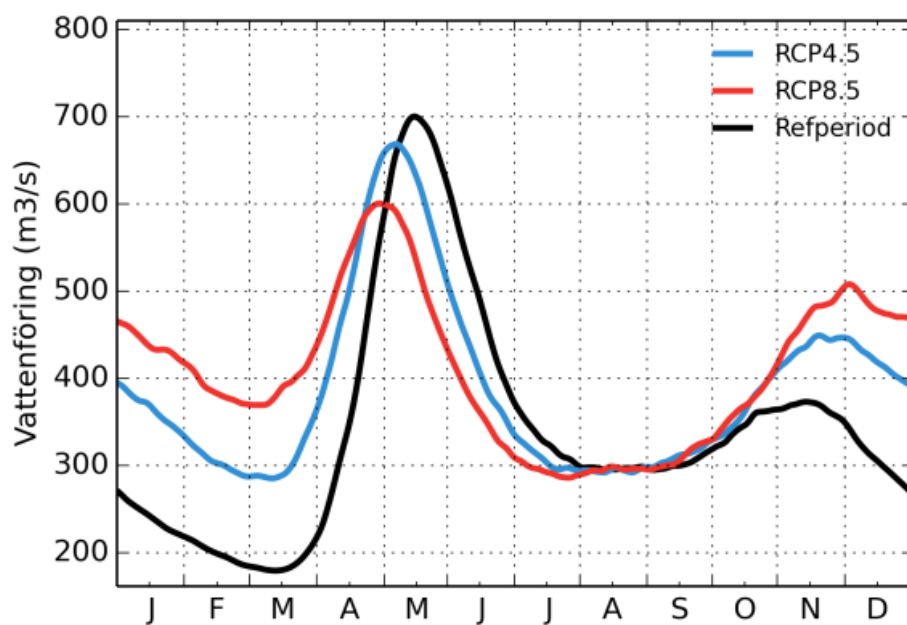
SMHI har 2015 tagit fram enhetliga regionala klimatanalyser för hela landet. Förändringarna i temperatur, nederbörd och vattenflöden redovisas i diagramform för ett tiotal platser i Dalälven. I det inledande kapitlet "Dalälvens vattenkraftssystem" presenteras dessa analyser närmare.

I detta avsnitt presenteras två diagram som visar dels hur den totala årsmedeltillrinningen ökar fram till nästa sekel och dels hur tillflödena kommer att förändras under olika årstider i Dalälven vid Älvkarleby. Beräkningarna avser total tillrinning utan påverkan från vattenregleringar.

Totala årsmedeltillrinningen ökar succesivt och vid mitten av seklet ligger ökningen i medeltal på ca 10 % för bägge utsläppscenarierna (RCP4.5 och RCP8.5). Den procentuella ökningen av tillrinning är störst under vintern och ökningen sker succesivt under hela perioden. Vid mitten av seklet visar båda scenarierna på en ökning av totala vintertillrinningen på ca 30 %.



Figur 13. Förändrad total årsmedeltillrinning i Dalälven vid Älvkarleby.



Figur 14. Den totala tillrinningens årsdynamik för Nedre Dalälven. Svart linje representerar referensperioden 1963-1992 och de övriga linjerna representerar framtidsperioden 2069-2098.

Vårens högvattenflöden påverkas av flera olika faktorer

De högflöden som naturligt inträffat i Dalälven varje vår under tusentals år har förändrats de senaste hundra åren av flera orsaker. Med början på 1920-talet började flera större regleringsmagasin tas i bruk. Syftet med dessa var att anpassa älvens naturliga flödesvariation till samhällets växande behov av elenergi, dvs spara vatten under tidsperioder när elbehovet är litet och släppa vatten genom turbiner när elbehovet är stort. Resultatet är en generell minskad vårflod och högre vinterflöden i älven, dvs en omfördelning av vatten mellan årstider. Den naturliga variationen i väderleksförhållanden från år till år gör att magasinering, reglering och spill aldrig är identiska varje år, men mönstret är detsamma.

Under nederbördsrika år sker ibland rejäla höst- och/eller vårflöden eftersom magasinerna inte förmår att lagra allt vatten, och vatten behöver spillas förbi turbinerna. Dessa år kan riktigt höga flöden inträffa, som exempelvis åren 1995 och 2000. Andra år kan vara nederbördsfattiga och då sker knappt något spill alls eftersom regleringarna i större grad då kan hålla vattenflödena under utbyggnadsvattenföringen, dvs flödet som kan passera genom turbinerna i kraftverken.

Sedan en tid tillbaka sker en klimatförändring som också påverkar Dalälvens vårflöden. Den globala uppvärmningen orsakar både en ökad nederbörd och lufttemperatur i Dalälvens avrinningsområde, vilket leder till en ökad årstillrinning (Figur 13). Tillrinningen i ett framtida klimat får en förändrad fördelning i tiden över året, med högre flöden vintertid och lägre vårflöden (Figur 14). Orsaken till detta är att en allt mindre andel av årsnederbörden lagras som snö (Figur 10 och Figur 11). Klimatförändringen leder således till hydrologiska effekter som gynnar vattenkraften, t.ex. ökad tillrinning till magasinerna vintertid då elbehovet är som störst, men de kan också kräva åtgärder ur ett dammsäkerhetsperspektiv eftersom en högre tillrinning på hösten kan bli svår att magasinera när magasinerna i regel är välfyllda.

Vattenreglering, mellanårsvariation, och klimateffekter ger sammantaget en negativ inverkan på förutsättningarna för långvariga vårflöden i nedre Dalälven. Ett flertal år under 1980-talet var nederbördsrika och orsakade många tillfällen med långvariga vårflöden, men sedan dess har de lyst med sin frånvaro. Nederbördsrika år kommer även i framtiden att orsaka långvariga vårflöden, men sannolikt kommer snömagasinet att spela en allt mindre roll i sammanhanget. Detta gör att de långvariga vårflödena blir allt svårare att prognosticera i förhand.

Strandmiljöers behov av översvämningar

I detta kapitel redovisas vilka naturtyper och områden längs Dalälven som är beroende av återkommande översvämningar, med varierande frekvens och varaktighet. Samt vilka förändringar i älvens årsreglering som behövs för att långsiktigt bevara översvämningsberoende naturvärden i prioriterade områden.

Vattenflödesdynamikens ekologiska funktion

I detta avsnitt sammanfattas viktiga ekologiska effekter av höga flöden eller med ett annat ord översvämningar. Vattendragens lägsta flöden är också betydelsefulla för djur- och växtbeståndens utveckling, men dessa frågor utvecklas inte vidare i denna rapport. Två aspekter på högflöden står här i fokus; dels den höjning av vattenytan som ett ökat flöde orsakar och dessa översvämnings biologiska effekter och dels den erosion med efterföljande sedimentation (på andra platser), som initieras av höga flöden.

Höga flöden - översvämning

En älvs vattenflödesdynamik dvs vattenflödets variationer upp och ner under året är i grunden beroende av ett flertal naturgivna förutsättningar som topografi och klimat, men påverkas idag också av vattenkraftens regleringar. Väder och vind orsakar samtidigt betydande mellanårsvariationer varför det knappast finns något ”normalt” vattenflöde – annat än statistiskt.

Utefter en älv finns många låglänta områden som stor del av året är ”landområden” men som i varierande grad översvämmas vid höga vattenflöden. De områden som ligger mellan högsta högvattenlinjen och normalvattenlinjen brukar kallas ”svämplan”. Bredden på svämplanet och därmed arealen blir större i områden med flack topografi och/eller om det nedströms finns så kallade trånga sektioner som ”stryper” älvens vattenflöde. Dessa trånga sektioner ger samtidigt en utjämning (dämpning) av flödesvariationerna längre ner i vattendraget.

När ett område översvämmas ändras livsbetingelserna så att vissa växt- och djurarter gynnas samtidigt som andra missgynnas. Vissa arter dör, bland annat av syrebrist. Andra arter gynnas genom att de har utvecklingsstadier i sin livscykel som behöver ömsom vatten och ömsom land. Vissa arter gynnas indirekt genom att de lever av/på de arter som dör och/eller i de livsutrymmen som dessa efterlämnar. Återigen andra arter gynnas av det fuktiga mikroklimat som närheten till vatten skapar. Genom återkommande översvämningar får vi ständigt ”rullande” successioner av olika artkomplex vilka ger upphov till unika naturtyper som inte kan fortleva utan de återkommande störningar som vattennivåvariationerna ger upphov till.

Variationerna i vattennivå skapar en zonerings av växtlighet från rent vattenlevande till helt landlevande organismer beroende på hur de klarar översvämningar och torka. Barrträd, framför allt gran, klarar

översvämningar sämre än lövträd varför så kallade svämädellövskogar och svämlövskogar är vanliga i svämplanet. Längst ner mot normalvattenlinjen finns en zon med gräs och halvgräs som på sina håll bildar mer eller mindre trädfräa älvängar, vilka naturligt översvämmats upp mot ett par månader varje år.



Figur 15. Svämängar eller med ett annat ord älvängar i nedre Dalälven.

Erosion - sedimentation

Ur ett geologiskt perspektiv eroderar regn, is och strömmande vatten alla bergsområden - som sakta vittrar/"mals ner" och spolas ut mot havet.

Många av våra stora älvar, som Dalälven, har brantare lutning och därmed högre vattenhastighet i dess övre delar, vilket gör att även större partiklar som sten/grus/sand sätts i rörelse neröver. Mindre partiklar som silt och i än högre grad organiskt material i form av finkorniga och "lättare" växt- och djurdelar hinner inte sjunka mot botten (sedimentera) i dessa områden, förutom i mellanliggande sjöar och andra lugnvattenpartier. I de övre delarna av vattensystemen dominerar således de eroderande och nedbrytande processerna. I strömpartierna hålls sten och grusbottenar rensade och syrerika vilket möjliggör lek och romkläckning för laxfiskar.

Längre ner i Dalälven blir älvfåran djupare och bredare och vattnets flödes hastighet avtar, varvid finkornigt material hinner sedimentera mot botten, åtminstone vissa årstider. Vid högvattenflöden kommer dock erosionsprocessen åter att frigöra tidigare sedimenterat material. I dessa

delar av vattensystemet är den dominerande processen sett över året nedströmstransport av finsediment.

I större sjöar som Siljan ”stannar vatten upp” så att även finkornigt material sedimenterar. Näringsämnen är oftast bundna till detta finkorniga organiska material som nu sjunker till botten. Varför näringshalten i större sjöars ytvatten och dess utflöden naturligt kan vara lägre än i dess tillflöden. Idag kompenseras dock detta ofta, mer än väl, av utsläpp från avlopp och jordbruk varför dagens sjöar är näringsrikare än naturligt. Sedimentationen av finkornigt material gör att alla sjöar blir någon millimeter grundare varje år. Vilket bidrar till sjöars förmåga att binda näringsämnen till botten – så länge de inte är övergödda, för då frigörs dessa tidigare lagrade näringsdepåer.

Vid högvatten tränger vatten upp på svämplanen och flödes hastigheten avtar varvid finkornigt material sedimenterar och ”göder” dessa områden. Det saknas idag uppföljning av och därmed kunskap om i vilken utsträckning Dalälvens erosion, transport och sedimentation har förändrats till följd av bland annat kraftverksdammar och regleringsmagasin. Samt hur det påverkar tillförseln av sediment och näringsämnen till naturområden i svämplanet. Förbättrad uppföljning av dessa förhållanden bör övervägas i samband med utformning av framtida miljöövervakningsprogram. Dalälvens vatten är dock samtidigt mer näringsrikt idag än naturligt till följd av påverkan från jordbruk och avlopp.

Dalälvens översvämningsberoende naturvärden

I detta avsnitt tydliggörs vilka naturtyper som påverkas av älvens förändrade årsflödesdynamik samt var de största och mest värdefulla av dessa områden ligger längs Dalälven.

Dalälvens speciella naturgivna förutsättningar

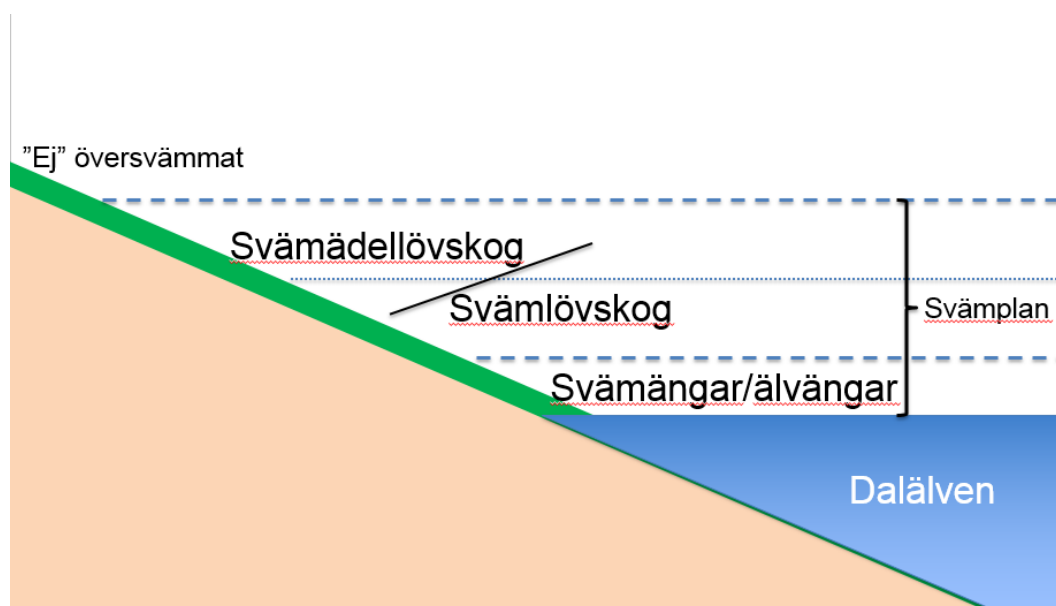
De naturgivna geologiska och klimatologiska förutsättningarna längs Dalälven skiljer sig mycket från fjällen till havet. Huvuddelen av tillrinningsområdet täcks av barrskog på magra moränmarker med insprängda myrområden. Nedströms Torsång omges älven av bördiga silt- och lerjordar och här finns de största jordbruksområdena. Dessa jordar är förhållandevis lätteroderade och en hel del finsediment förs ut i vattendragen.

Högsta kustlinjen ligger kring två hundra meter över havet i Dalarna och ca 20 % av Dalälvens avrinningsområde låg under havsytan när den senaste inlandsisen började smälta. För ca 7 000 år sedan, under inlandsisens avsmältning och landhöjningen, fylldes Dalälvens ursprungliga älvfåra från Avesta till Mälaren igen med sand och grus. Älven fick söka sig ett nytt lopp mot havet, nordost över slättlandskapet - vilket är en av orsakerna till att nedre Dalälvsområdet har så unika naturtyper både i och kring älvens många grunda fjärdar.

Området präglas också av att det ligger i gränzonen mellan olika klimatzoner, där nordliga barrskogslandskap möter sydliga blandskogsområden ("Limes norrlandicus"). Vilket gör att det i nedre Dalälvsområdet finns en stor mångfald arter, där vissa är knutna till lövskog och vissa till barrskog.

Översvämningsberoende naturtyper

Strandzonerna längs vattendrag får ofta en tydlig vegetationszonering beroende på hur ofta och länge olika områden är översvämmade. I detta avsnitt presenteras de naturtyper som är mest karakteristiska för svämplanet (strandzonen) längs Dalälven.



Figur 16. Zonering av olika naturtyper längs Dalälven.

Naturtyperna redovisas nedan i ordning från älven och upp mot svämplanets övre delar. Respektive naturtyps N2000-kod anges inom parantes.

- Vid älvstranden finns en zon som sällan torrläggs och domineras av sjöfräken, mossor, flytblads- eller undervattensvegetation. En vanlig naturtyp är Större vattendrag (3210).
- Strandområdena ovanför strandlinjen påverkas av älvens varierande vattennivå. Beroende på hur ofta och länge stränderna översvämmas är de bevuxen med olika arter och bildar olika naturtyper. Närmast lågvattenlinjen finns en zon som domineras av gräs och starr. En vanlig naturtyp här är Svämängar (6450) eller "älvängar", som de kallas utmed Dalälven. De har tidigare brukats och brukas till viss del även idag som slåtterängar eller betesmarker. Karakteristiskt för dessa naturtyper är årligen återkommande översvämnings i samband med vårfloden då näringsrikt sediment avsätts. Naturtypen domineras av vanligare arter, men med

inslag av sällsyntheter som kärrvial och strandviol. Många insekter och groddjur trivs också i dessa områden vilka även är viktiga som födokälla för vadarfåglar, som storspov och enkelbeckasin. Älvängarna producerar stora mängder starrfrön som är en viktig födoresurs för särskilt simänder.

- I strandlinjen finns på sina håll områden med välutvecklade s.k. ävjebroddssamhällen. Dessa innehåller flera sällsynta arter av småväxta och konkurrenssvaga växter som lever vid tidvis översvämmade strandpartier, ofta på lerig-dyig jord. Exempelvis kan nämnas arter som nålsäv, fyrling, nordslamkrypa, tretalig slamkrypa, rödlånke, ävjepilört, rosenpilört och ävjebrodd. Arterna behöver återkommande översvämning med efterföljande lägre vattenstånd under sommaren för att fortleva. Ovanför strandlinjen förekommer även naturtypen Fuktängar (6410) som är hävdberoende örtrika översvämningsängar med hög biologisk mångfald. Arealmässigt finns ca 1 % av Sveriges areal fuktängar längs Dalälven.
- Mellan älvängarna och svämlövskogen finns ofta gråvidesnår med mycket död ved som är ett viktigt substrat för översvämningsberoende mossor och lavar.
- Ovanför älvängarna m.fl. naturtyper finns ofta en zon med lövskog av naturtypen Svämlövskog (91E0) eller Svämdellövskog (91F0). Dessa naturtyper har tidigare översvämmats relativt ofta vilket missgynnat gran och skapat ljusöppna, variationsrika lövskogar. Tillsammans med hög luftfuktighet och avsatt finsediment bidrar det till naturtypens artrikedom. De vanligaste trädslagen i svämlövskogen är björk, asp, gråal och klibbal medan ek, alm och ask är vanligast i svämdellövskogen.
- Flera andra naturtyper översvämmas också vissa år, men de är inte lika beroende av översvämnningar. Exempel är Öppna mossar och kärr (7140) som längs Dalälven ofta är långvarigt översvämmade.



Figur 17. Svåmlövskog vid Vedön, Färnebofjärdens nationalpark. Foto Peter Ståhl.

Var finns Dalälvens översvämningsberoende naturtyper

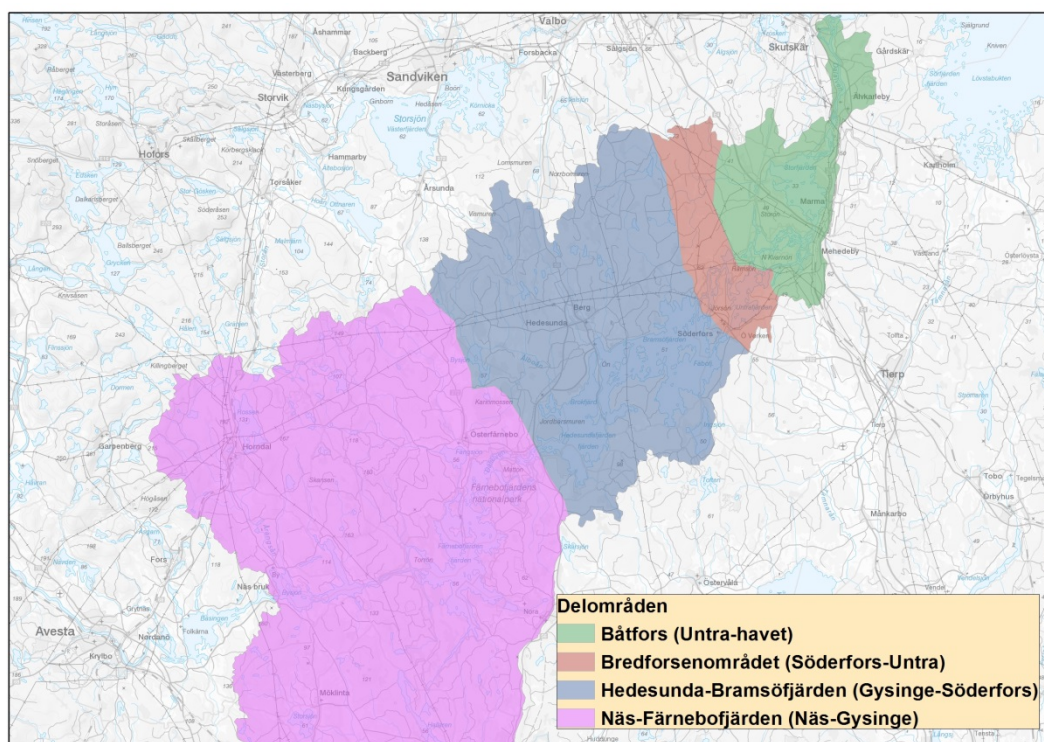
Huvuddelen av arealen översvämningsberoende naturtyper längs Dalälven ligger i nedre Dalälven. Men även i mellersta Dalälven finns betydande arealer älvängar och svåmlövskog, bland annat i Hovranområdet. Se Tabell 1.

Tabell 1. Fördelning i procent av N2000-naturtyperna; större vattendrag, älvängar, svåmlövskog och svåmädellövskog mellan olika delområden längs Dalälven. Data från Naturvårdsverkets NNK-databas.

	Nedre Dalälven	Mellersta Dalälven	Runn och Faluån	Ore-älven	Västerdalälven	Österdalälven
Större vattendrag	88,1	2,9			8,8	0,2
Älvängar	86,3	10,9			2,1	0,7
Svåmädellövskog	95,7	5,1				
Svåmlövskog	87,6	7,9		3,6	0,9	0,1

Inom nedre Dalälven fördelar sig naturtyperna ojämnt mellan olika områden. Se Tabell 2. Mycket stora arealer av dessa naturtyper finns i Färnebofjärden, vilket delvis förklaras av att detta delområde är störst. Knappt 50 % av älvängarna och drygt 50 % av svåmlövskogen finns längs Färnebofjärdens

stränder. Betydande arealer finns även i Båtforsområdet och i Bredforsenområdet.



Figur 18. Karta över nedre Dalälvens fyra delområden

Tabell 2. Arealen (hektar) översvämningsberoende N2000-naturtyper i olika delområden längs nedre Dalälven (se Figur 18). Data från Naturvårdsverkets NNK-databas.

	Båtfors - området	Bredforsen - området	Hedesunda- Bramsöfjärden	Näs - Färnebofjärden	Totalt
Vattendrag	554	183	2 332	5 032	8 101
Älvängar	304	82	174	521	1 081
Svämädellövskog	26	8	1	11	46
Svämlövskog	150	49	40	276	514
Totalt	1 088	332	2 547	6 314	10 281

Svämplanens naturvärden i ett nationellt/internationellt perspektiv

Nedre Dalälven hyser en stor andel av Sveriges översvämningsberoende Natura2000 naturtyper. Bland annat 44 % av Sveriges totala areal svämädellövskog, 14 % av arealen svämlövskog och 21 % av arealen älvängar¹. Denna stora koncentration av höga och arealmässigt omfattande naturvärden har gjort Färnebofjärden till en av Sveriges 29 nationalparker. Detta är också bevarandemotivet för de många andra Natura 2000-områdena längs älven.

Nedre Dalälven är, som ett av fem områden i Sverige, utpekad av Förenta Nationernas organ UNESCO som ett så kallat Biosfärsområde på grund av områdets höga natur- och kulturvärden. Hovran och Färnebofjärden finns upptagna som Ramsarområden enligt Ramsarkonventionen som identifierar internationellt värdefulla våtmarksområden².

Dalälvens natur- och kulturvärden är till stor del skapade av, och beroende av, älvens dynamiska inverkan på landskapet. Nedre Dalälvens nationella och internationella dignitet och de mycket stora arealerna med höga naturvärden som finns här gör att åtgärder som syftar till att bevara naturvärdena är högt prioriterade.

Vilka översvämningar behövs och hur ofta?

Längs Dalälven finns stora naturvärden kopplade till översvämningsmarker. Svämlövskogar och svämädellövskog är ofta mycket artrika och älvängarna skapar förutsättningar för ett rikt fågelliv. Alla dessa naturtyper är skapade av och samtidigt beroende av älvens varierande vattenflödedynamik för att nå gynnsamt bevarandetilstånd vilket är skötselmålet för de vattenanknutna Natura 2000 naturtyperna längs älven. Dalälvsområdet är samtidigt betydelsefullt för vissa naturtyper bevarande på nationell nivå

De vattenflöden och vattennivåer som skapat dessa naturtyper har naturligt varierat kraftigt i både storlek och varaktighet mellan åren. Se kapitlet "Vattenföring och vattenflödesdynamik tidigare i denna rapport". Det är svårt att fånga den naturliga flödesdynamiken i exakta målnivåer - och sannolikt är en viss variation mellan år positivt för naturvärdena. Men det står helt klart att det behövs mer omfattande översvämningar än idag för att bibehålla Dalälvens översvämningsberoende naturvärden.

Höjdsystemen i denna rapport är i RH70 och RH00. Dagens system RH2000 används inte. Konverteringen mellan höjdsystem i Färnebofjärden är som följer; RH70 ligger 0,48m över RH00 och RH2000 ligger 0,2m över RH70.

¹ Analys av Naturvårdsverkets NNK-databas. I databasen finns endast naturtyper inom Natura 2000 områden med.

² [Ramsarkonventionen](#) på Naturvårdsverkets hemsida

Svämlövskogar och svämädellövskogar

Svämlövskogen är ett bra målhabitat för ekologiskt anpassad årsreglering då den är relativt väl karterad och inte skapad genom eller beroende av människans brukande.

Inom projektet ”Människor, mygg och natur vid Nedre Dalälven” belystes forskarerfarenheter från andra områden, vilka visade att översvämningar med en varaktighet på 25 dagar behövs för att få en bra ekologisk effekt på svämlövskogar.³ I nedre Dalälven har praktiska försök med simulerad vårflod genom Båtforsområdet visat att gran dör vid 25 dagars översvämning i tre på varandra följande år.⁴ Hur ofta dessa översvämningar behöver återkomma för att klara bevarandet av naturtyperna är mer osäkert. Innan utbyggnaden av älvens stora regleringsmagasin har vårflöden på nivån 800-1000 m³/s med varaktigheter över 25 dagar inträffat vart annat till vart tredje år. Det är sannolikt att dessa återkomsttider är biologiskt relevanta⁵.

Färnebofjärdens svämlövskogar inom Natura 2000 områden ligger i medeltal på höjden 56,98 m (RH70)⁶. Denna nivå motsvarar ett flöde på 800-900 m³/s vid Näs, se Figur 19. Före älvens årsreglering, som inleddes på 1920-talet, förekom dessa flöden nästan varje år. Data från Långhag visar att flöden över 800 m³/s med en varaktighet på mer än 20-25 dagar inträffade vartannat år före 1931 och knappt ca vart femte år mellan 1931 - 2000. Efter 2000 har flöden över 800 m³/s endast förekommit vid fyra tillfällen och då inte under längre tidsperiod än 4-5 dagar. Se bilaga 1.

Data från Långhag utgör den längsta sammanhängande dataserien vilket gör den lämplig för att bedöma återkomsttider. Ökningen i flöde ned till Näs är några få procent, men det sker en viss utjämning av flödestopparna.

1000 m³/s har historiskt varit ett betydligt vanligare flöde före älvens årsreglering. Vid Långhag inträffade det i genomsnitt vartannat år mellan 1851-1931 och vart femte år med en varaktighet över 20 dagar. Efter 1931 inträffar 1000 m³/s flöden i snitt vart fjärde år medan det endast inträffat två gånger under dessa 80 år att varaktigheter överstigit 20 dagar. Ett flöde på nivån 1000 m³/s i Långhag/Näs motsvarar en vattennivå i Färnebofjärden på ca 57,2 m (RH70).

Vid vattennivån 57,55 m (RH70), medelnivån plus en standardavvikelse, översvämmas nästa all svämlövskog, se Figur 20. Denna nivå motsvarar ett

³ Zinke P. 2013. [*Application of the Building Block Methodology to the Dalälven Project*](#). Länsstyrelsen Gävleborg 2013:11.

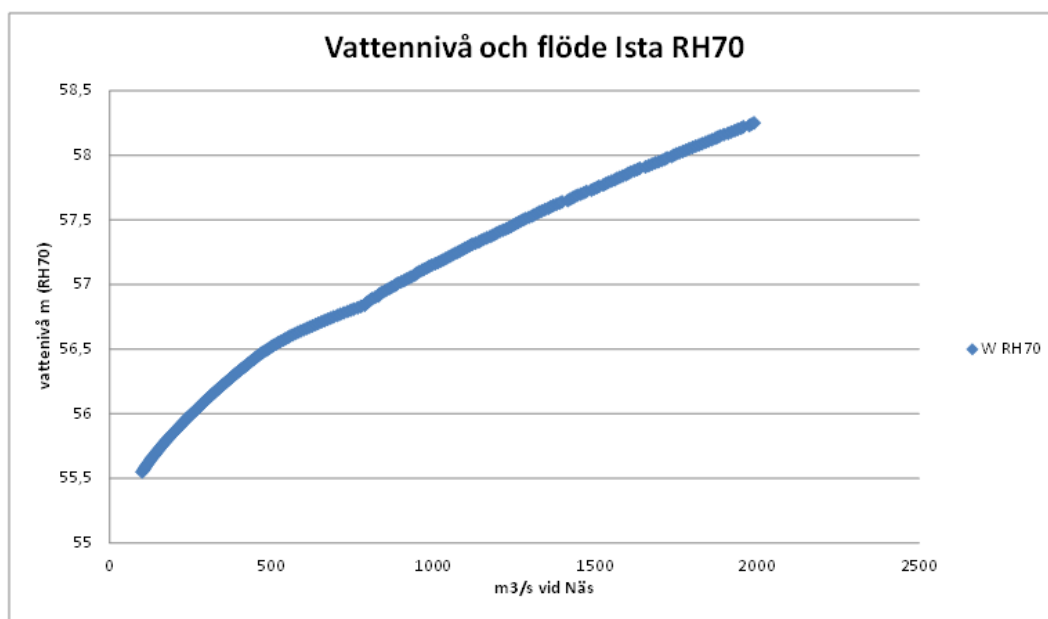
⁴ Eriksson P. m.fl. 2016. [*Ekologisk landskapsplanering vid nedre Dalälven*](#). Rapport 2016/1 Upplandsstiftelsen.

⁵ Se kapitlet om Vattenföring och vattenflödesdynamik.

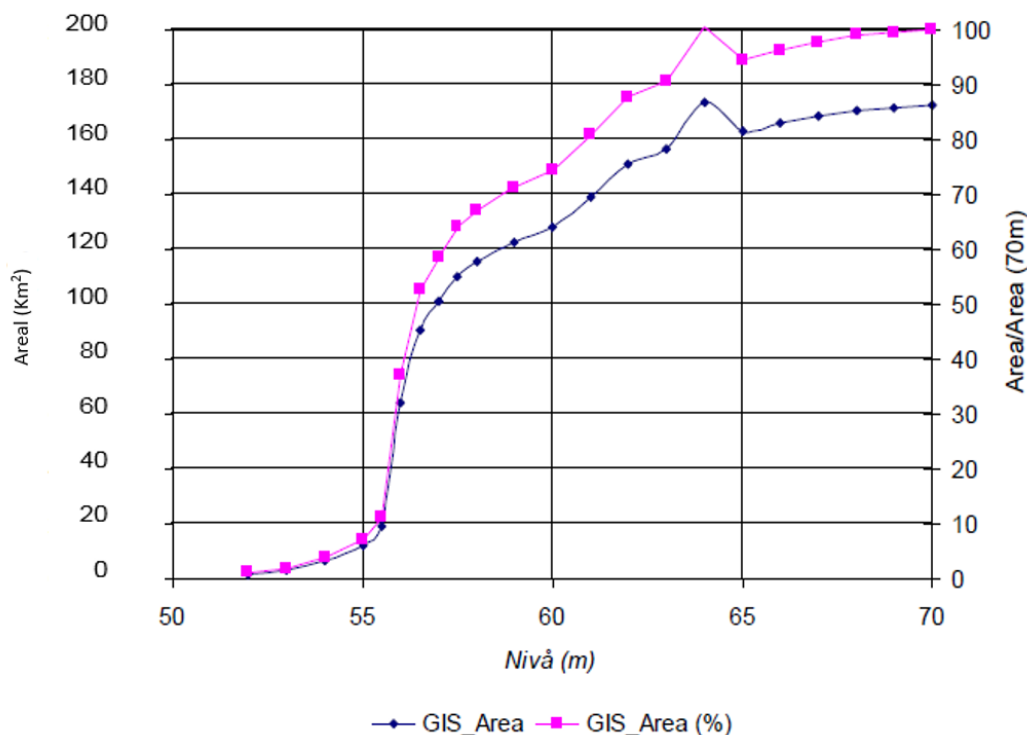
⁶ Zinke P. 2013. [*Application of the Building Block Methodology to the Dalälven Project*](#). Länsstyrelsen i Gävleborgs län 2013:11.

flöde på ca 1250 m³/s, se Figur 19. Dessa flöden inträffade knappt vart tredje år före 1931 och knappt vart sjunde år efter 1931. Tittar man på långa varaktigheter med habitatskapande verkan (dvs. över 20-25 dagar) inträffade dessa tillfällen cirka vart 10 år före 1931 och därefter har det enbart hänt en gång.

Sannolikt har de högsta flödena framförallt haft en morfologisk påverkan medan det är de regelbundet återkommande högflödena som skapat habitat.



Figur 19. Vattennivå i Färnebofjärden (mätt vid pegeln i Irsta) i förhållande till vattenflödet i Näs. Medelvärden.



Figur 20. Översvämmad mark (våt area) mellan Näs och Gysinge vid olika vattennivåer. Högra Y-axeln och rosa grafen anger andel i procent normaliserat mot arealen på 70 meters nivå. X-axelns nivå i meter över havet är angiven i enheten RH00 varför man får lägga till 0,48 m för att få nivån i RH70.

Älvängar

För älvängarna är åtgärdsbehovet mer mångfacetterat eftersom naturtypen sannolikt har skapats genom en kombination av översvämning, bete och slätter samt isbrännor och isskavning. Brukandet har framför allt bidragit till att forma de lite torrare områdena genom återkommande slätter. Mot den bakgrunden är det svårt att bedöma en enskild faktors inverkan och det kan behövas en kombination av åtgärder för att bibehålla naturvärdena.

Historiskt så har flöden på 450-500 m³/s med varaktigheter över 6 - 8 veckor återkommit nästan varje vår-försommar. Färnebofjärdens älvängar ligger i medeltal på höjdnivån 56,44 m, med standardavvikelsen 0,27 m, (RH70).

Flöden över 450 m³/s resulterar i vattennivåer där en majoritet av älvängarna längs nedre Dalälven översvämmas. Mot den bakgrunden är det sannolikt att dessa flöden och varaktigheter spelat en stor roll för utvecklingen och bevarandet av älvängarna. Hur ofta dessa varaktigheter måste återkomma för att naturtypen ska bevaras är svårare att avgöra. Sannolikt är det en kombination av de historiskt mer sällan förekommande långa varaktigheterna på 14 veckor eller mer och de mer vanligt förekommande varaktigheterna på minst 6 veckor som bildat naturtypen.

En stor andel av älvängarna har brukats för slätter eller bete. För de högst belägna älvängarna har brukandet varit en förutsättning för att hålla dem trädfräa eftersom de översvämats för sällan och för kortvarigt för att hållas öppna naturligt. De lägre liggande strandängarna är däremot skapade av vattenståndsfuktuationer, även om de slåtrats flitigt. Enligt de analyser som genomfördes inom myggprojektet⁷ översvämmas älvängarna idag i tillräcklig omfattning – men detta stämmer inte överens med senare tids praktiska erfarenheter från förvaltningen av nationalparken. Idag växer även många lågt liggande älvängar igen. Tittar man på förändringar i flödesdynamik är det högst sannolikt att regleringen påverkat älvängarna negativt. För älvängar är isbrännor och ishyvling också en viktig störning, men det saknas uppgifter om hur dessa processer förändrats och vilken effekt det i så fall har.

Sammantaget bedöms naturtypen älvängar behöva vattenflöden överstigande 450 m³/s i minst 60 dagar.

Båtfors och Bredforsenområdet

Båtforsområdet och Bredforsområdet i nedre Dalälven är två stora kvillområden med månggrenade naturfåror där älven naturligt brett ut sig. Idag leds huvuddelen av älvens vattenflöde förbi områden till kraftverken vid Söderfors och Untra. I dessa Natura 2000-områden finns stora arealer med de översvämningsberoende naturtyper som beskrivs i denna rapport. Dagens minimivattenföring är inte tillräcklig för att ge dessa områden de översvämningar och den flödesdynamik i övrigt som behövs.

För både Bredfors- och Båtforsområden är det möjligt att lokalt omfördela det nuvarande vattenflödet mellan kraftverk och naturfåror för att få en mer ekologiskt funktionell flödesdynamik - oberoende av om en ekologiskt anpassad årsreglering införs för hela älven eller inte. Om den anpassning av hela Dalälvens årsflödesdynamik som analyseras i denna rapport genomförs så blir det möjligt att utan ytterligare påverkan på elproduktionen spilla flera hundra kubikmeter genom Bredforsen och Båtforsområdet. Eftersom älvens flöde under dessa tidsperioder överstiger Untras utbyggnadsvattenföring.

Noteras bör att upp mot en tredjedel av älvängarna inom Båtfors Natura2000-område är belägna så att de snarare påverkas av flödet via Untra kraftverk än av flödet genom Båtforsområdet. Dessa älvängar gynnas av ökat spill vid själva kraftverket.

Övrigt

Högre flöden ger en större areal lek- och uppväxtområden för öring, lax och harr samtidigt som det bidrar till att lekbottnar spolas rena från sediment.

⁷ Zinke P. 2013. [*Application of the Building Block Methodology to the Dalälven Project*](#). Länsstyrelsen Gävleborg 2013:11.

Mer omfattande översvämningar kommer att få en positiv effekt även på vårlekande fisk som gädda, abborre, asp och id som får större och mer produktiva lek- och uppväxtområden.

Fortum har tillsammans med Upplandsstiftelsen tagit fram en skötselplan för den mark de äger vid Untra kraftverk. Fortum har även bidragit till flera naturvårdsåtgärder som syftar till att gynna biologisk mångfald kring nedre Dalälven.

Analyser av målscenarier

Huvuddelen av de översvämningsberoende naturtyperna längs Dalälven finns i nedre Dalälven och ungefär hälften av svämlövskogen och älvängarna i Färnebofjärdens nationalpark. Mot denna bakgrund används dessa områden som primära målområden för analyser av ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven. Men det är viktigt att komma ihåg att många andra områden längs Dalälven gynnas av en anpassad årsreglering.

Lokala tekniska åtgärder

Orsaken till att så stora områden runt Färnebofjärden översvämmas är det trånga utloppet i Gysinge som begränsar utflödet av vatten vid höga flöden och dämmer upp fjärdens vattenyta som breder ut sig över de flacka strandområdena. Motsvarande förutsättningar med trånga sektioner finns på flera andra platser längs Dalälven som Hovranområdet i Hedemora.

Lokalt kan det vara möjligt att med hjälp av tekniska åtgärder förändra dessa trånga sektioner i syfte att både höja och sänka uppströms liggande vattenyta i förhållande till de naturliga förhållandena vid ett visst flöde. Till exempel är det teoretiskt möjligt att med en uppblåsbar damm i Gysinge höja Färnebofjärdens vattenyta så att samma översvämningsnivå uppstår vid ett flöde av 700 m³/s i Dalälven som naturligt vid 800 m³/s.

Tvärt om har det tidigare framförts förslag på en kompletterande utloppskanal i Gysinge för att vid vissa tillfällen kunna sänka Färnebofjärdens vattenyta och därmed minska arealen översvämmade områden – i syfte att minska massutveckling av översvämningsmygg.

Gemensamt för dessa lokala tekniska åtgärder är att de är inriktade på att förändra en miljöfaktor (som flöde/vattennivå) för ett specifikt delområde av Dalälven. Ekologiskt anpassad årsreglering innebär en mer naturlig flödedynamik som innefattar andra miljöfaktorer än vattennivå som bland annat erosion och sedimentation.

Analyser av lokala tekniska åtgärder för enskilda områden har inte ingått i denna studie vars syfte är att beskriva förutsättningarna för att anpassa Dalälvens årsreglering till en mer naturlig vårflödesdynamik för att fylla en rad olika naturvårdsfunktioner längs hela Dalälven från Siljan till havet.

Målscenarier i denna studie

Med utgångspunkt från Dalälvens oreglerade årsflödesdynamik och strandmiljöernas behov av översvämnning (se tidigare kapitel) har följande målscenarier identifierats som utgångspunkt för analyser av hur en ekologiskt anpassad årsreglering påverkar elproduktion och reglerkraft.

Dessa specifika målscenarier ska inte betraktas som vare sig ”optimala målnivåer” för vad olika naturtyperna behöver för att bibehålla ”gynnsam

bevarandestatus” eller de miljöåtgärder som är ”rimliga” för vattenkraften att genomföra. Målnivåerna är ett första steg i att analysera förutsättningar och effekter av ekologiskt anpassad årsreglering i Dalälven.

SMHI:s sammanställning av Dalälvens historiska flöden från 1852 samt beräkningar av oregrerade flöden och dess varaktighet, visar att det före vattenkraftens utbyggnad varit vanligt med långa högvattenperioder på våren, med flöden överstigande 800-1000 m³/s under flera veckor.

800 m³ i 25 dagar

En stor andel av Färnebofjärdens svämlövskog ligger på höjdnivån 57 m (RH70) eller strax däröver varför det är viktigt att vattennivån vid detta scenario når upp till denna nivå, gärna högre. Denna nivå i Färnebofjärden uppnås när tappningen från Näs kraftverk är högre än 800 m³/s. För att dessa högvattenflöden ska få ekologisk effekt dvs initiera de successioner och dynamik som kännetecknar svämlövskogar behöver översvämningarna dels uppkomma under våren och dels ha en varaktighet av flera veckor. Samt återkomma med några års mellan rum. Följande målscenario har valts för analyserna:

Tappning av minst 800 m³/s i Näs under 25 sammanhängande dagar, tidsperioden 15 april – 30 juni, tre gånger under en tioårsperiod.

450 m³ i 60 dagar

Älvängar ligger på en lägre nivå i terrängen än svämlövskogar och har översvämmats av älven under ännu längre tidsperioder. Historiskt har flöden på 450 – 500 m³/s varit vanliga under ett par månader och ibland ännu längre tidsperioder. Detta målscenario kombineras tidsmässigt med ovan angivna mål för 800 m³/s för att totalt sett uppnå 25 + 35 dagar med flöden på minst 450 m³/s.

Följande målscenario har valts för analyserna:

Tappning av minst 450 m³/s i Näs under 60 sammanhängande dagar, tidsperioden 15 april – 15 augusti, tre gånger under en tioårsperiod.

Alternativa målscenarier

Preliminära bedömningar indikerade att ovanstående målscenarier endast är möjliga att uppnå de år då Västerdalälven har en hög och uthållig vårflod, samtidigt som det är förhållandevis mycket vatten i Siljan. Men vissa år behöver dessa förutsättningar dessutom kompletteras med höga tappningar från Trängslet för att uppnå målscenarierna, vilket får stor påverkan på elproduktion och reglerkraft.

Mot den bakgrunden genomförs även alternativa beräkningar av vilka målnivåer som kan uppnås, respektive typår, utan särskild tappning från Trängslet (utöver fastställd minimitappning/normal tappning). När dessa beräkningar tagits fram behöver naturvårdsnyttan med dessa alternativa

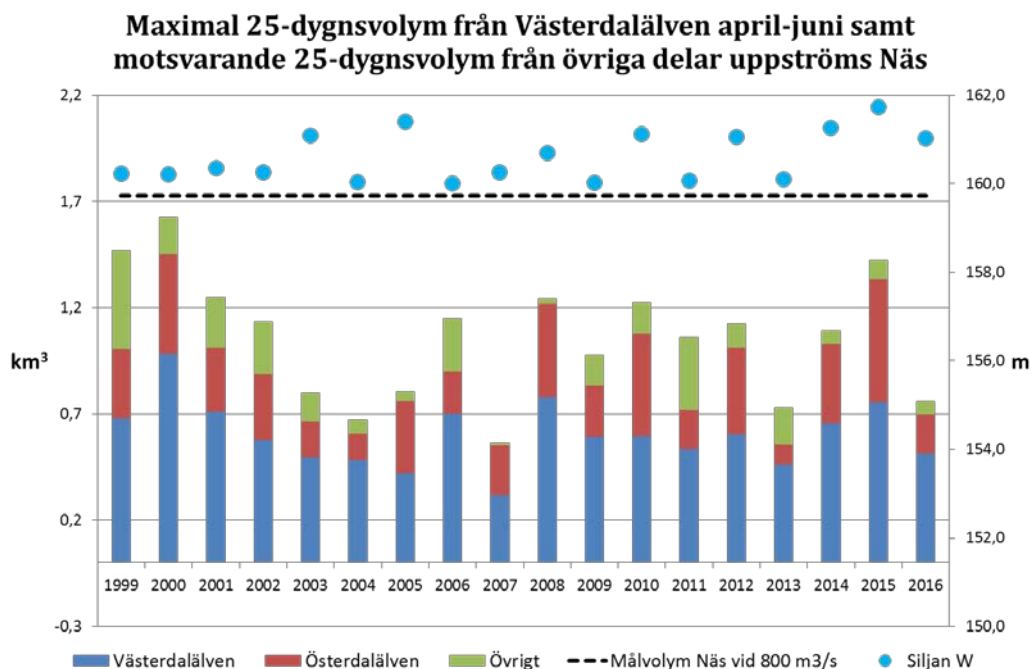
målscenarier värderas. I nästa steg behövs en samlad avvägning mellan miljönytta och energipåverkan för de olika scenarierna inklusive dess frekvens för att identifiera potentiella åtgärdsnivåer för ekologiskt anpassad årsreglering i Dalälven. Se vidare avsnittet ”Diskussion och prioritering” längre fram i rapporten.

Val av typår för beräkningarna

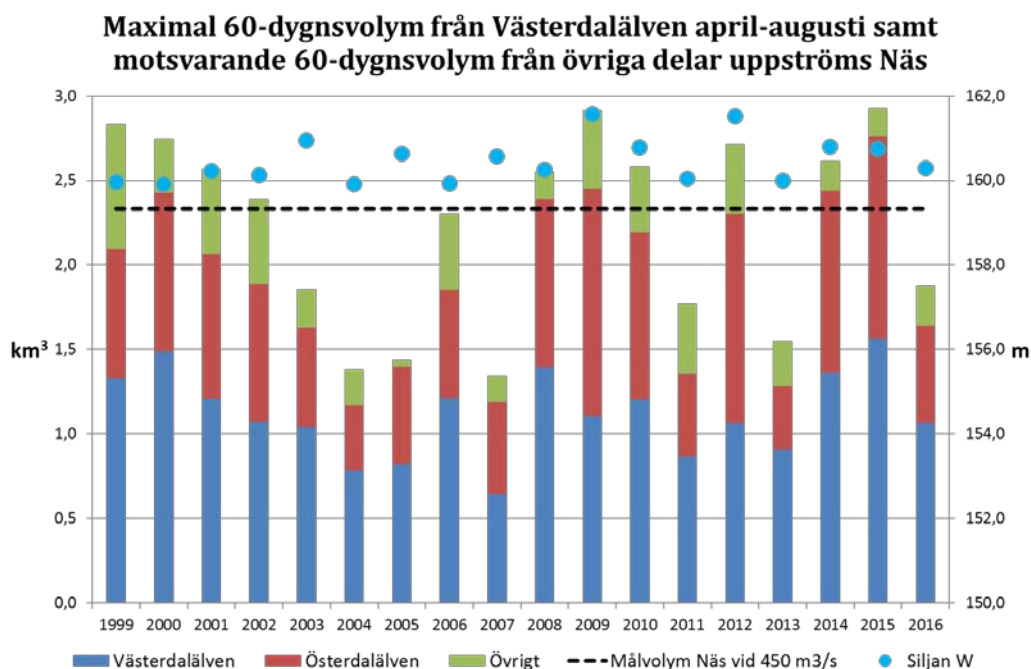
Med utgångspunkt från SMHI:s preliminära sammanställning av historiska flöden från 1852 – 2015 och varaktigheten för olika högflödesnivåer identifierades inledningsvis några typår för fortsatta analyser. Följande år bedömdes ha haft högre vattenflöden under våren i förhållande till omgivande ”normalår”; dels åren 1982 och 1986 från ett årtionde med generellt sett höga vattenflöden samt dels åren 1999, 2006 och 2015 från en generellt sett torrare tidsperiod. I inledningen av analysskedet framkom att det saknas dataunderlag i form av verkliga tappningar mm från 1980-talet varför dessa år fick strykas från vidare analyser i denna rapport.

En första kontroll av förutsättningarna för att idag åstadkomma dessa två flödesscenarier är att se om det finns tillräckligt stor vattenvolym under våren i Dalälven. En första beräkning har genomförts av den maximala flödesvolymen (och när den inträffar) i Västerdalälven under en 25 dagarsperiod. Därefter har flödena från övriga områden sammanställts för samma tidsperioder och summerats. Se Figur 21 och Figur 22. Målvolymer för Näs som är 1,7 km³ respektive 2,3 km³ markeras i figurerna med en streckad linje och vattennivån i Siljan med blå punkt för aktuell tidsperiod. För att nå målvolymer i Näs behöver tappningarna från Österdalälven och övriga områden (röda och gröna staplar) öka under denna 25-dagars period.

Av figurerna framgår att det är betydligt vanligare att det redan idag finns tillräckligt stora vattenvolymer under vår/försommar för att teoretiskt räcka till för att uppnå målscenariot 450 m³/s under 60 dagar i förhållande till 800 m³/s under 25 dagar.



Figur 21. Maximal 25-dygnsvolym från Västerdalälven april-juni samt motsvarande 25-dygnsvolym från övriga delar uppströms Näs, jämfört med målvolumen i Näs och vattenstånd i Siljan.



Figur 22. Maximal 60-dygnsvolym från Västerdalälven april-augusti samt motsvarande 60-dygnsvolym från övriga delar uppströms Näs, jämfört med målvolumen i Näs och vattenstånd i Siljan.

Med utgångspunkt från dessa analyser bedömdes även 2010 vara ett lämpligt beräkningsår. Följande typår har valts för analyserna:

Analysen utförs i första hand för följande år; 1999, 2006, 2010 och 2015
--

Vid utvärderingen av beräkningarna är det viktigt att komma ihåg att dessa analyser genomförts för jämförelsevis gynnsamma typår – med större vårflödesvolym i förhållande till närliggande år. Men att dessa år i ett längre tidsperspektiv snarare bör betraktas som normalår än som våtar, eftersom det varit så onormalt torrt de senaste 15-20 åren. En stor osäkerhetsfaktor är dock hur klimatförändringarna påverkar flödena på lång sikt.

Så här regleras Dalälven idag

Dalälvens vattenkraftssystem består av ett 15-tal större regleringsmagasin och ett femtiotal större vattenkraftverk i huvudflödet. I sidoflödena finns ett hundratal mindre magasin och ett femtiotal mindre kraftverk. De större kraftverken i huvudflödet svarar för huvuddelen av Dalälvens elproduktion på närmare 5 TWh/år. Dalälvens vattenkraftssystem och nuvarande reglering för kraftproduktion beskrivs utförligt i rapporten ”Dalälvens vattenkraftssystem - Energiproduktion och reglerkraftnytta samt påverkan på vattenflöden och vattennivåer”. Rapport 2017:03 i Länsstyrelsen Dalarnas rapportserie.

Vattenreglering syftar dels till att minska spillet förbi turbinerna dels genom att spara vatten i magasin från tidsperioder med höga flöden till torrare perioder och dels till att styra elproduktionen från tidsperioder med liten efterfrågan till tidpunkter med hög efterfrågan. I praktiken görs det genom årsregleringar där vatten sparas från vårfloden och sommaren till nästa vinter och genom korttidsregleringar med snabba flödesförändringar mellan och inom dygn.

I normal drift anpassas tappningar från Siljan och Gråda kraftverk till Västerdalälvens mer oreglerade vattenflöde för att optimera vattenflödet till nedströms liggande större kraftverk med en utbyggnadsvattenföring på 400-500 m³/s. Siljans reglering stöds i sin tur av regleringen av Trängslet och i viss mån av de mindre magasinerna i Oreälven. I Trängslet sker även en omfattande korttidsreglering.

Siljan får genom reglering dämmas upp till vattennivån 161,78 m. Vid hög vattentillrinning till Siljan kan dock vattennivån stiga över denna nivå. Om det bedöms att denna regleringsgräns kan komma att överskridas ska tappningen i Gråda öka till 293 m³/s. Om Siljans yta stiger över regleringsgränsen ska tappningen i Gråda öka ytterligare enligt ett bestämt

schema som följer Siljans vattennivå. Tappningarna motsvarar då den avrinning som skulle ha förekommit om Siljan varit oreglerad.

Vid Siljans regleringsgräns kan maximalt 293 m³/s tappas vid Gråda kraftverk. För att kunna tappa 400 m³/s krävs att Siljans nivå stiger drygt en halvmeter över regleringsgränsen. För att uppnå den tappning från Siljan som krävs för att nå målnivån för ekologiskt anpassade vårflöden krävs därför att Siljans vattennivå stiger rejält över regleringsgränsen.

Beräkning av målscenariernas energi- och miljöeffekter

I följande avsnitt redovisas fyra kompletterande beräkningar av hur ekologiskt anpassad årsreglering i Dalälven påverkar elproduktionen samt vilken miljöeffekt i form av måluppfyllelse som kan uppnås respektive typår. Beräkningarna har genomförts med olika modeller/metoder som idag används av respektive kraftbolag för löpande produktionsplanering eller annan modellering.

Vattenregleringsföretaget har satt upp en ny modell för Dalälven baserat på programmet Hec ResSim. ProdRisk, som används av Vattenfall, kunde inte användas för dessa analyser på grund av Dalälvens speciella förutsättningar med flera trånga sektioner som dämpar flödesförändringar. ProdRisk ersattes därför med routing-beräkningar. Fortums planeringsverktyg Mid Hyd använder i sitt grundutförande ett antal alternativa hydrologiska flödesår varför beräkningarna fick utföras för dessa istället för de specifika typåren. Fortum har dessutom genomfört beräkningar med egna högvattenmodeller.

De olika beräkningarna har inte genomförts med identiska avgränsningar och förutsättningar för hur magasinerna tappas, vilket delvis påverkar resultaten. Miljöeffekten beräknas som antal dagar som målflödena 800 respektive 450 m³/s uppnås i Näs/Avesta. Av figurerna framgår dock att de olika beräkningarna resulterar i lite olika "form" på flödeskurvorna kring målnivån. Den ökade vårflodsvolymen skiljer sig därför också mellan beräkningarna vilket påverkar hur mycket elproduktionen reduceras i de olika beräkningarna.

Noteras kan att dessa beräkningar är utförda med "facit i hand" dvs har utförts med känd vårflödestillrinning. Tappningarna har därför kunnat anpassas mer optimalt än vad som är möjligt i ett skarpt läge där den närmaste tidsperiodens tillrinning är osäker.

Hec ResSim beräkning av energi- och miljöeffekter

Dalälvens vattenregleringsföretag (DVF) har beräknat produktionsförluster vid ekologiskt anpassad årsreglering med en modell av Dalälvens årsregleringsmagasin och kraftverk i programmet Hec ResSim från US Army Corps of the Engineers. Programvaran är fritt nedladdningsbar från <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ressim/>.

I ResSim simuleras regleringsstrategier i regleringsmagasin. En simulering kan baseras på specificerade tappningsplaner, men bygger i ResSim istället på att användaren specificerar olika regler som bestämmer tappning i varje tidssteg. En regel kan t.ex. utformas för att beräkna tappning i förhållande till förväntad tillrinning och magasinets målvolym vid en viss tidpunkt. I motsats till en optimerande programvara som svarar på hur tappningen ur magasin skall genomföra för att uppnå ett förutbestämt mål (oftast maximal intäkt) svarar dessa simuleringar på hur tappning och energiproduktion blir vid en specifik regleringsstrategi.

Beräkningsmetodik och underlag

I den modell som satts upp för Dalälven ingår 13 större årsregleringsmagasin med tillhörande kraftverk samt ytterligare 30 kraftverk i Dalälvens huvudflöden. Tappningen från dessa 30 kraftverk ansattes i modellen till samma flöde som tillrinningen till respektive kraftverk. Till modellen används av DVF framtagna veckotillrinningar (veckomedelvärden) t.o.m. Långhag. Dessa baseras på registrerade dagliga tillrinningar vid några valda kraftverk/magasin. Fördelning av tillrinning till mellanliggande kraftverk har beräknats med hjälp av vikter från framkörning i den hydrologiska HBV-modellen och arealandelar. ResSim räknar på dygn och veckotillrinningar som har fördelats på dygn med hjälp av glidande medelvärden.

I nedre Dalälven saknar DVF beräknade veckotillrinningar och där har tillrinningar beräknats med hjälp av modellberäknade flöden från SMHI:s modell S-HYPE. Produktionen i kraftverk har beräknats baserats på kraftverkens produktionsekvivalenter ($\text{MW}/\text{m}^3/\text{s}$). Där uppgift om produktionsekvivalent saknats har produktion beräknats från angiven fallhöjd från sammanställning av grunddata inom projektet Hållbar vattenkraft i Dalälven och en antagen verkningsgrad om 90%. Även kraftverkens utbyggnadsvattenföring har hämtats från sammanställningen av grunddata.

Simulering av ekologiskt anpassad årsreglering har genomförts för tre år; 2006, 2010 och 2015. Simulering startar varje år den 1:a mars. För varje år har två regleringsstrategier testat; alternativ 1) med syfte att uppnå målnivån i Näs och alternativ 2) med syfte att se vilken nivå som kan nås i Näs med normal reglering i Trängslet och Vässinjärvi.

I alternativ 1 avslutas avsänkning den 1:a mars i de större magasinerna i Västerdalälven, Oreälven och i Siljan. Vid vårflodstart höjs ytan i Siljan i syfte att vattennivån ska stiga över regleringsgränsen i samband med att vårfloden startar i Västerdalälven. Magasinen i Vässinjärvi och Trängslet används för att fylla på den tappning som behövs för att hålla Siljan på den nivå över regleringsgränsen som behövs för att vattenflödet ur Siljan tillsammans med flödet från Västerdalälven ska klara målnivån i Näs. I slutet av vårfloden tillåts sjöarna sjunka mot sommarsänkingsgräns. Om sådan saknas tillåts inte vattenstånd sjunka mer än till observerad lägsta sommarnivå de senaste 20 åren. Regleringen av Svärdsjövattendraget behålls oförändrad pga. översvämningsproblem redan vid relativt låga tappningar.

I alternativ 2 är förutsättningarna lika som i alternativ 1 men tappningen från Trängslet och Vässinjärvi sätts till verklig tappning respektive år. Från Siljan tappas 270 m³/s då magasinetsnivån tillåter det.

Beräkning av produktionsförlust baseras på jämförelser med den faktiska tappningen aktuella år. För respektive strategi beräknats förlorad elenergi-produktion från spilld volym i respektive kraftverk. Både i simulerade strategier och för verklig tappning har flöden över utbyggnadsvattenföringen antagits vara spill.

Nedan presenterar resultat för de tre analyserade åren i termer av produktionsförlust och uppnådda flöden i Näs. Figurer med magasinetsnivåer och tappningar i Mockfjärd, Siljan och Trängslet redovisas i bilaga 2. År 2015 nåddes målnivån vad gäller antal dagar över 800 och 450 m³/s. För övriga år var det inte möjligt att få till tillräcklig tappning från Siljan när vårfloden i Västerdalälven avklingar under förutsättning att sommarsänkingsgränser skall hållas. Innan simuleringarna startade var ambitionen att även i alternativ 1 använda Trängslet i så liten omfattning som möjligt pga kraftverkets stora reglerbidrag. För att uppnå målnivåerna krävdes dock att Trängslet i stort utnyttjades i den omfattning som var möjligt. Magasinet kunde inte heller avsänkas helt.

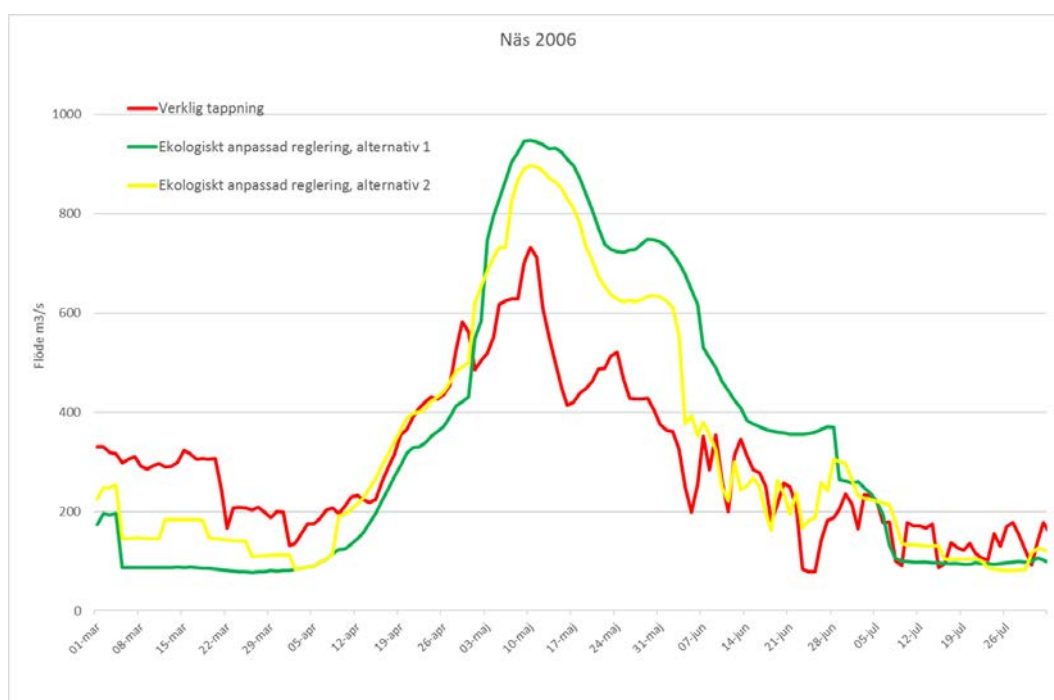
Storleken på produktionsförlusten beror dels på hur väl regleringen lyckas uppnå målnivåerna i Näs och dels på i hur stor utsträckning dessa skiljer sig från verklig tappning aktuellt år. Produktionsförlusten är i något fall liten men det innebär att uppnådd målnivå i motsvarande grad inte skiljer sig från de flöden som de verkliga tappningarna gav upphov till. Den ökade tappningen från Trängslet leder till visst spill i kraftverken i Österdalälven nedom Trängslet. I Trängslet uppstår även en produktionsförlust pga fallhöjdsförlust men den är inte inkluderad i dessa beräkningar.

Ändrad reglering i Västerdalälven gav år 2006 ett märkbart tillskott till flöden i Näs medan effekten 2010 och 2015 var liten. Den ändrade regleringen i Västerdalälven och Oreälven medförde dock att produktionsförlusten då även ökade påtagligt eftersom det också under normala förhållanden var spill vid flera kraftverk.

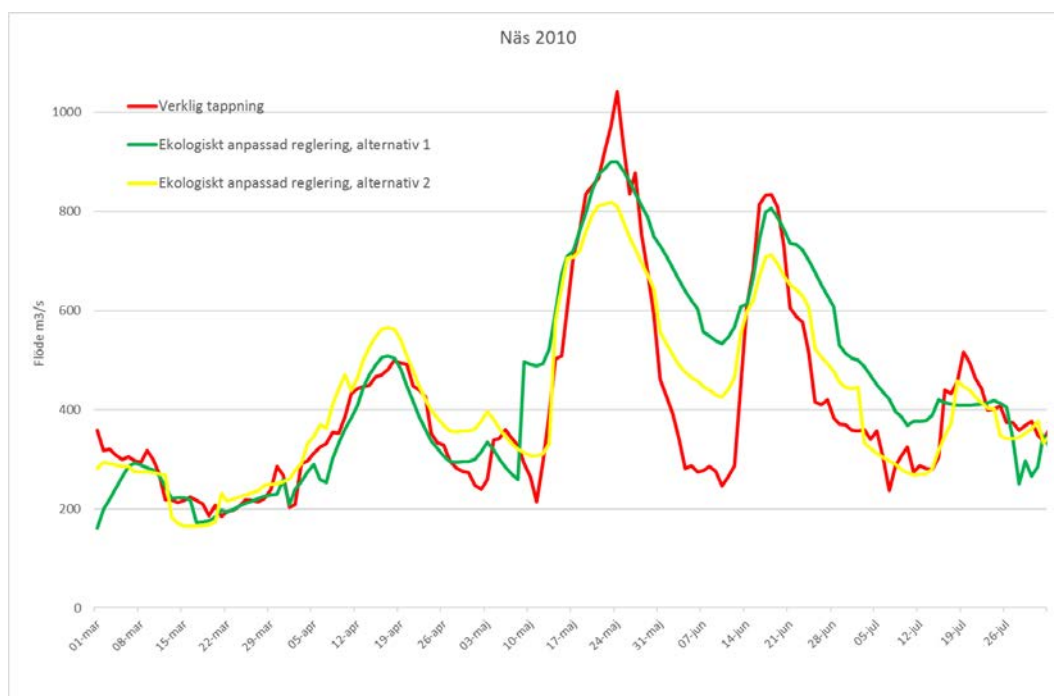
Analys av 2006

Simulering av ekologiskt anpassad årsreglering för år 2006 visade att målnivån 800 m³/s kunde uppnås under 17 dagar med tappningar enligt alternativ 1. Målnivån 450 m³/s hölls då under 41 dagar. Med alternativ 2 uppnåddes målnivån 800 m³/s under 11 dagar. Målnivån 450 m³/s hölls under 38 dagar.

Produktionsförlusterna skattades i alternativ 1 till 300 GWh och i alternativ 2 till 175 GWh.



Figur 23. År 2006: Verklig tappning (m3/s) i Näs (röd linje) under mars-juli, tappning med alternativ 1 (m3/s) (grön linje) och tappning med alternativ 2 (m3/s) (gul linje).



Figur 24. År 2010: Verklig tappning (m3/s) i Näs (röd linje) under mars-juli, tappning med alternativ 1 (m3/s) (grön linje) och tappning med alternativ 2 (m3/s) (gul linje).

Analys av 2010

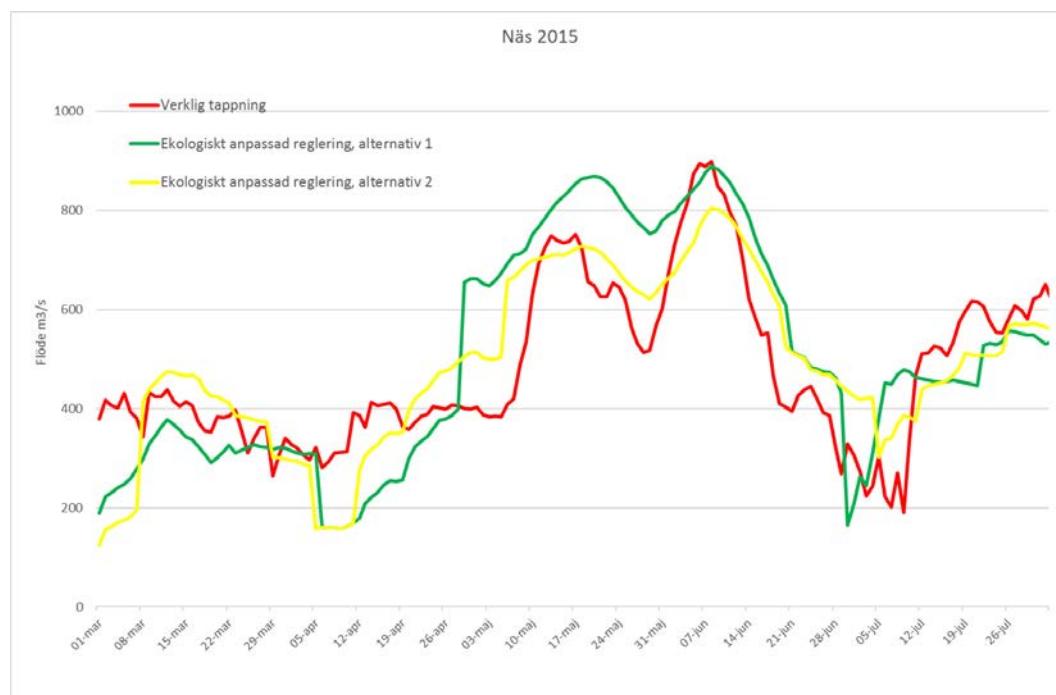
2010 var vårfloden i Västerdalälven utdragen med två toppar som var mindre än 2006. Simulering av ekologiskt anpassad årsreglering för år 2010 visade att målnivån 800 m³/s kunde uppnås under 10 dagar med tappningar enligt alternativ 1. Målnivån om 450 m³/s hölls då under 58 dagar. Med alternativ 2 uppnåddes målnivån 800 m³/s under 4 dagar. Målnivån om 450 m³/s hölls under 47 dagar.

Produktionsförlusterna skattades i alternativ 1 till 140 GWh och i alternativ 2 till 15 GWh.

Analys av 2015

Simulering av ekologiskt anpassad årsreglering för år 2015 visade att målnivån 800 m³/s kunde uppnås under 25 dagar med tappningar enligt alternativ 1. Målnivån 450 m³/s hölls då under 60 dagar. Med alternativ 2 uppnåddes högst 800 m³/s någon enstaka dag, men en nivå över 700 m³/s hölls under 23 dagar. Målnivån om 450 m³/s hölls mer än 60 dagar.

Produktionsförlusterna skattades i alternativ 1 till 260 GWh och i alternativ 2 till 90 GWh.



Figur 25. År 2015: Verklig tappning (m³/s) i Näs (röd linje) under mars-juli, tappning med alternativ 1 (m³/s) (grön linje) och tappning med alternativ 2 (m³/s) (gul linje).

Slutsatser och kommentarer

Beräkningarna har genomförts för tre år under 2000-talet eftersom uppgifter om verklig tappning i kraftverk som användes för jämförelse saknades för tidigare typår. Beräkningarna visade att det är svårt att nå angivna målnivåer dessa år.

Beräkningarna visar på stor energiförlust för alternativ 1. En mycket viktig påverkan - minskad reglerförmåga - har dock inte analyserats i dessa beräkningar. För att uppnå målnivåerna behövdes magasinet i Trängslet nyttjas i mycket stor utsträckning. Det innebär också att reglerförmågan i Dalälven drastiskt minskar.

Siljan stiger då och då över regleringsgränsen på grund av kraftig tillrinning. För att klara målnivån 800 m³/s i upp mot 25 dagar behövs en aktiv reglering för att höja Siljans vattennivå över regleringsgränsen och hålla Siljan på denna nivå genom att fylla på vatten från Trängslet och Vässinjärvi. Tillvägagångssättet går stick i stäv med DVF:s tillstånd för årsreglering av Siljan som föreskriver årsreglering för kraftproduktion. För att hålla nivå på tappningen över 800 m³/s även när vårfloden i Västerdalälven klingar av har alla sjöar sänkts mot sin sommarsänkningsgräns, vilket i t.ex. Runn är betydligt lägre än normal sommarnivå.

De simuleringar som genomförs i ResSim innebär förhållandevis enkla beräkningar jämfört med en optimering. Det kan göra det enklare att hantera specifika förutsättningar och begränsningar som t.ex. samband mellan vattenstånd och tappning från Siljan. Genom simuleringens enkla beräkningar kan resulterade flöden och vattennivåer studeras för specifika år eller för en lång tidsserie. Olika alternativ kan jämföras - men en simulering ger inte, som en optimering, svar på bästa sätt att uppnå ett givet mål.

Routingmetod för beräkning av energi- och miljöeffekter

Dag Wisaeus, ÅF, har på uppdrag av och i samverkan med Vattenfall genomfört beräkningar av produktionsbortfall vid genomförande av reglerade översvämningar i nedre Dalälven. Beräkningarna redovisas i en separat rapport, vilken återfinns i sin helhet som bilaga 3. Här redovisas en sammanfattning av beräkningarna och de viktigaste slutsatserna.

Beräkningsmetodik och underlag

Detaljerade beräkningar har utförts för att beskriva hur Trängsletsjöns och Siljans reglerbara volymer kan utnyttjas för att uppnå Näs målflöden samt vilka produktionsförluster som de ändrade regleringarna ger upphov till på grund av ökat spill vid kraftverken samt lägre fallhöjd i Trängslet.

Beräkningarna utgår från SMHI:s stationskorrigerade och naturliga dygnsflöden. SMHI uppdaterade dessa flöden medan arbetet med denna rapport pågick. På grund av tidsbrist kom inte alla uppdateringarna med i beräkningarna vilket innebär att de i denna rapport beräknade kostnaderna

kan vara något övervärderade medan antalet dygn då målflödena uppnås kan vara undervärderade.

Produktionen vid följande alternativ beräknas:

- Alternativ 0: Nuvarande förhållanden.
- Alternativ 1: Både Trängslets och Siljans magasin medverkar för att målflödena 800 respektive 450 m³/s ska uppnås vid Näs.
- Alternativ 2: Endast Siljans magasin utnyttjas för att åstadkomma höga flöden vid Näs.

Produktionsbortfallen vid alternativen 1 och 2 beräknas som skillnaden mellan dessa och alternativ 0.

Beräkningarna baseras bl.a. på följande förutsättningar och grundmaterial:

- Vid beräkning av produktionen för Alternativ 0 används SMHI:s stationskorrigerade dygnsflöden.
- Vid motsvarande beräkningar för Alternativ 1 och 2 behandlas Grådas flöden separat eftersom de ändrade regleringarna ger upphov till ett helt nytt flödes-mönster från Gråda. För varje kraftstation nedströms Gråda beräknas reducerade dygnsflöden genom att Grådas stationskorrigerade dygnsflöden subtraheras från den aktuella stationens stationskorrigerade dygnsflöden. Därefter adderas de separat beräknade dygnsflödena från Gråda till varje kraftstations reducerade dygnsflöde.
- De separata flödena från Gråda baseras på SMHI:s naturliga tillrinningar till Siljan och Trängsletsjön.

Till skillnad från vanliga regleringsmagasin kan inte höga tillrinningar till Siljan enkelt avbördas genom att utskovsluckorna öppnas eftersom den ca 20 km långa älvsträckan mellan Siljans utlopp och Gråda har begränsad avbördningskapacitet. Vid Siljans regleringsgräns 161,78 m kan maximalt 293 m³/s tappas vid Gråda kraftverk. Om tillrinningen hastigt ökar till 400 m³/s kan denna tillrinning inte tappas förrän Siljans nivå stigit till 162,34 m.

En excelmodell av Dalälven har konstruerats där Siljans avbördning i förhållande till tillrinningen samt magasineringen beräknas med en "routingmetod". Beräkningarna visar att systemet är trögt. När Siljans nivå befinner sig över regleringsgränsen kan inte flödet från Siljan höjas med omedelbar verkan även om tappningarna från Trängslet och Oreälven ökar snabbt. Om tillrinningen till Siljan höjs med 100 m³/s under ett dygn när Siljan ligger på regleringsgränsen +161,78 m skulle nivån under detta dygn höjas med mindre än 0,02 m och flödet från Siljan skulle öka med 4 m³/s, från 293 till 297 m³/s.

Av samma anledning går det inte att hastigt minska flödet från Siljan när dess nivå ligger högre än regleringsgränsen. Det tar lång tid innan en

minskning av flödet från Trängslet får någon betydande inverkan på flödet från Siljan. Ett par dygn efter det att tillrinningen från Trängsletsjön sänkts med 200 m³/s minskar flödet från Siljan med 10-20 m³/s, efter 8 dygn har det minskat med ca 60 m³/s under förutsättning att Grådas utskovsluckor är öppna.

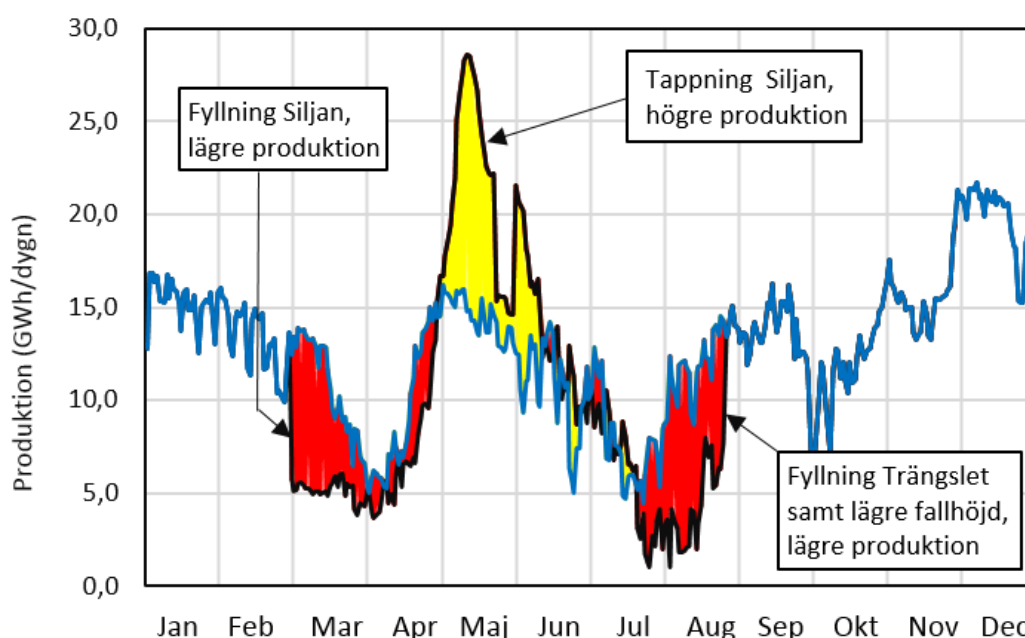
Produktionsbortfall och resultat

Följande produktionsbortfall i GWh har beräknats:

Tabell 3. Produktionsbortfall i GWh för respektive år.

Alternativ/År	1999	2006	2010	2015
1	190	174	200	215
2	54	47	35	54

Figur 26 visar hur produktionen flyttas från främst vintermånaden mars till vårflodsperioden samt hur produktionsbortfallet fördelas under år 2006. Den blå linjen visar historisk produktion i GWh/dygn medan den svarta visar beräknad produktion med ny reglering. På grund av att uppfyllningen av Siljan minskar Dalälvens produktion av värdefull reglerkraft under mars-april med 220 GWh jämfört med om regleringen skulle utförts normalt. Under vårfloden när tappningen från Siljan startar ökar istället produktionen med 282 GWh. Under juli och augusti då Trängsletsjön fylls minskar Dalälvens produktion med 236 GWh på grund av spill och lägre fallhöjd i Trängslet. Den totala produktionen år 2006 skulle ha förändrats med: $-220+282-236 = -174$ GWh.



Figur 26. Elproduktionen flyttas från vår och höst till vår. Blå linje visar den historiska (verkliga) elproduktionen 2006. Svart linje visar hur stor elproduktionen skulle ha varit 2006 vid en alternativ reglering för att nå målnivån 800 m³/s i Näs under 25 dagar.

I produktionsberäkningarna har ingen hänsyn tagits till att ökade flöden p.g.a. regleringar för översvämningar medför högre fallförluster i kraftverkens yttre vattenvägar nedströms Trängslet. Den beräknade produktionsökningen i maj-juni är därför något övervärderad.

Antal dygn som målflödena 800 respektive 450 m³/s uppnås för alternativen 1 och 2 har beräknats. I nedanstående Tabell 4 och Tabell 5 redovisas även antal dygn som målflödena skulle ha överskridits vid naturliga flöden samt vid nuvarande förhållanden, alternativ 0, med SMHI:s stationsreglerade flöden.

Eftersom flödena under många dygn ligger strax under 800 respektive 450 m³/s redovisas även motsvarande antal dygn för flödena 700 respektive 400 m³/s.

Tabell 4. Antal dygn i april-juni med flöden > 800 m³/s respektive 700 m³/s.

Alternativ	Antal dygn då q > 800 m ³ /s				Antal dygn då q > 700 m ³ /s			
	1999	2006	2010	2015	1999	2006	2010	2015
Alternativ 0	0	0	7	4	14	0	15	12
Alternativ 1	14	6	15	12	21	12	24	26
Alternativ 2	14	5	11	7	18	7	18	22
Naturligt	19	16	26	15	25	31	41	35

Tabell 5. Antal dygn i apr-aug med flöden mellan 450 och 800 m³/s resp. 400 och 700 m³/s.

	Antal dygn då 450 m ³ /s < q < 800 m ³ /s				Antal dygn då 400 m ³ /s < q < 700 m ³ /s			
	1999	2006	2010	2015	1999	2006	2010	2015
Alternativ 0	48	34	42	64	51	41	51	122
Alternativ 1	63	33	57	70	59	31	76	11
Alternativ 2	30	23	37	68	43	27	49	110
Naturligt	62	33	75	89	65	24	81	88

En slutsats av beräkningarna är att Alternativ 2 är nästan lika bra som Alternativ 1 men betydligt billigare att genomföra.

Slutsatser och kommentarer

Det hade inte gått att uppnå målflödet 800 m³/s vid Näs under 25 dygn under våtåren 1999, 2006, 2010 och 2015. Med de föreslagna regleringarna skulle målflödet ha uppnåtts under 14, 5, 15 respektive 12 dygn.

Inte ens vid naturliga reglerade förhållanden skulle målflödet ha uppnåtts under 25 dygn under alla de studerade åren. 1999, 2006 och 2015 skulle målflödet ha uppnåtts under 19, 16 respektive 15 dygn, år 2010 dock under 26 dygn.

Vattendomen från Siljan måste frångås då regleringarna för att uppnå målflöden i Näs förutsätter att Siljans nivå medvetet tvingas upp över regleringsgränsen.

På grund av systemets dynamiska tröghet går det endast att marginellt påverka tappningen från Gråda när den har satts igång.

Trängsletsjöns nivå kommer under sommaren att ligga lågt under år med reglering för översvämning vilket medför negativ miljöpåverkan för boende och friluftsliv.

I efterhand har det uppmärksamrats att SMHI, efter det att underlagsdata inhämtats för dessa beräkningar från SMHI:s vattenwebb, har uppdaterat vattenwebbens flödesdata för ett stort antal kraftverk. Vilket möjliggjorts tack vare att kraftbolagen inom projektet Hållbar vattenkraft i Dalälven sammanställt och till SMHI redovisat bland annat flöden, med timupplösning, för ett stort antal kraftverk. Kontrollberäkningar visar att de analyser som genomförts för målscenarierna 800 respektive 450 m³/s inte får exakt samma resultat i form av energiförlust och varaktighet med nya underlagsdata. Men det förändrar inte de slutsatser som här presenterats.

Mid Hyds modellering av energi- och miljöeffekter

Modellering och optimering har genomförts med Fortums verktyg för långtidsplanering, Mid Hyd. Planeringsverktygets huvudsakliga funktion är att löpande beräkna den optimala dvs. den mest ekonomiskt gynnsamma veckotappningen, för hela Dalälven, under ett helt år.

Beräkningsmetodik och underlag

Beräkningarna genomförs för ett helt år med start v.16 t.o.m. v.15 året därpå. Resultaten redovisas i form av rekommenderad veckomedeltappning i ”m³/s”, elproduktionen för respektive vecka (GWh) och sjöarnas magasinutveckling i dygnsenheter (DE). Enheten ”dygnsenheter” motsvarar sjöarnas fyllnadsgrad och ersätter meterskalan (t.ex. ”meter över havet”).

Att optimera ekologiskt anpassad årsreglering med ett planeringsverktyg kräver många manuella förändringar i optimeringsmodellerna och behov av att låsa förutsättningarna för några specifika kraftverk och magasin. Eftersom programmet optimerar beräkningarna för hela Dalälven så är den minskade elproduktionen för varje beräkning summan av förlusten från samtliga kraftverk i hela Dalälven (med undantag för de mindre producenterne).

De genomförda optimeringarna för ekologiskt anpassad årsreglering jämförs med en beräkning för respektive scenario som antas ge det ”optimala ekonomiska utfallet” för Dalälven. Alla optimeringar (inklusive de med ekologiska flöden) är genomförda inom ramen för de legala krav och vattendomar som är kopplade till anläggningar och magasin.

Utgångspunkten för projektets beräkningar av ekologiskt anpassade flöden har varit att använda ett antal historiska, i förväg utvalda år och dess tillrinningar som "typ år". Att förbereda Fortums modelleringsverktyg med dessa grunddata är ett stort och tidskrävande jobb, som dessutom kräver specialkunskaper. I denna studie genomförs beräkningar med några av planeringsverktygets förutbestämda scenarier för alternativa hydrologiska förutsättningar – som är "extra wet", "wet", "base", "dry" och "extra dry". För dessa beräkningar används typåren "base", "wet" och "extra wet".

Beräkningarna har fokuserats på att optimera tappningarna för att uppnå ett flöde 800m³/s under fyra veckor i nedre Dalälven. Ingen analys har genomförts av huruvida det andra målet med lägre flöde dvs 450 m³ över längre tid uppfylls eller inte.

Scenariot – "extra wet"

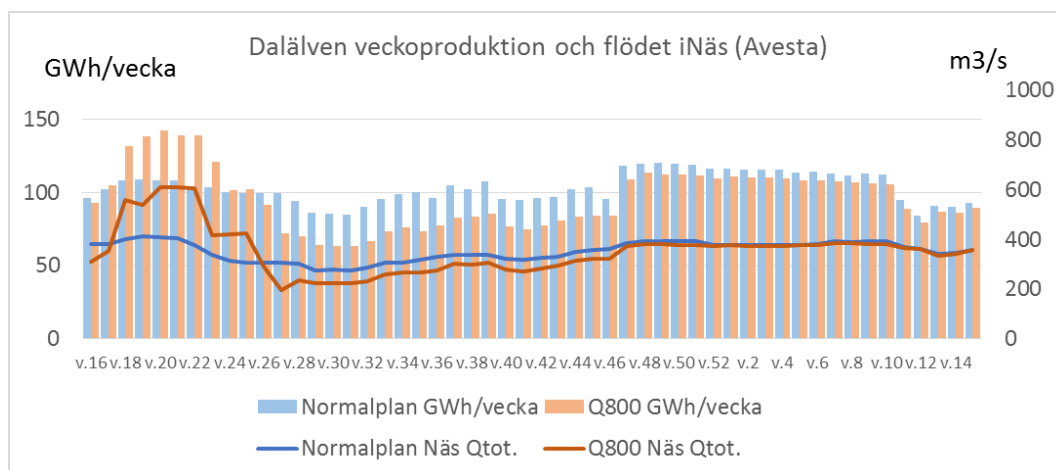
Vid optimering av "extra wet" scenariot behövdes ingen ytterligare åtgärd för att uppnå de uppsatta målen av 800m³/s, under fyra veckor (och därmed blev det heller ingen extra kostnad i minskad elproduktion GWh eller pengar). Snörika år med förutsättningar som vid modellering av "extra wet" kommer det inte att behövas några speciella tappnings- eller förberedande magasinsåtgärder för att uppnå önskat flödesresultat i nedre Dalälven. Nivåutveckling i magasinen framgår av bilaga 4. Nivåutveckling i magasinen framgår av bilaga 4.

Dessa "våtar" återkommer mer sällan än med 10-15 års mellanrum.

Scenariot – "base"

Base-scenariot speglar ett hydrologiskt normalår. Optimeringsberäkningarna lyckades inte uppnå kriteriet på 800m³/s över fyra veckor (vattnet tog slut). Den högsta volym som kan uppnås i nedre Dalälven under ett "normalår" är ca. 600 m³/s om flödet skall vara konstant över önskad tid. Nivåutveckling i magasinen framgår av bilaga 3.

Kostnaden att skapa detta flöde under ett "normalår" blir dessutom mycket hög, både i form av minskad elproduktion (350-400 GWh.) och pengar. Se Figur 27 "*Base-600*"

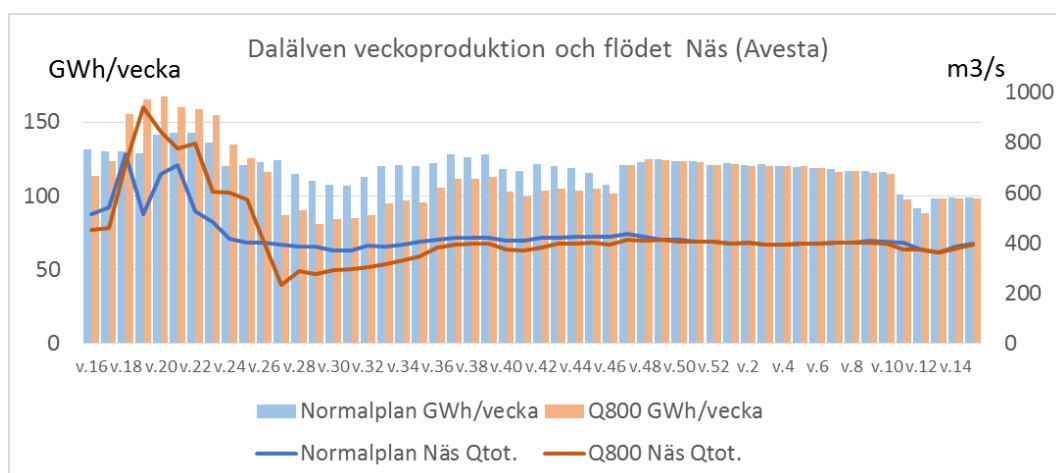


Figur 27. Base-600 scenariot.

Scenario - "wet"

Detta scenario motsvarar de typår som i projektet ansett som lämpliga "högflödesår", både i volym och med önskad årlig återkomst. Resultatet av denna optimering visar att det är möjligt att uppnå önskat flöde på 800 m³/s i Näs med en varaktighet av 25 dagar. Magasinens påverkan av ökat planerat flöde och produktion blev snarlika med resultatet från "base-600" optimeringen (max uppnått flöde vid ett "normalår"). Energiförlusten blev i detta fall något lägre än vid optimering av normalflödet, vilket är logiskt eftersom mer vatten ger mer spill utan påverkan på produktionen när kraftverket producerar på max. Nivåutveckling i magasinerna framgår av bilaga 4.

Den minskade elproduktionen blir ca 250-300GWh, jämfört mot det "optimala utfallet" dvs. normal reglering. Se Figur 28 "Wet-800".

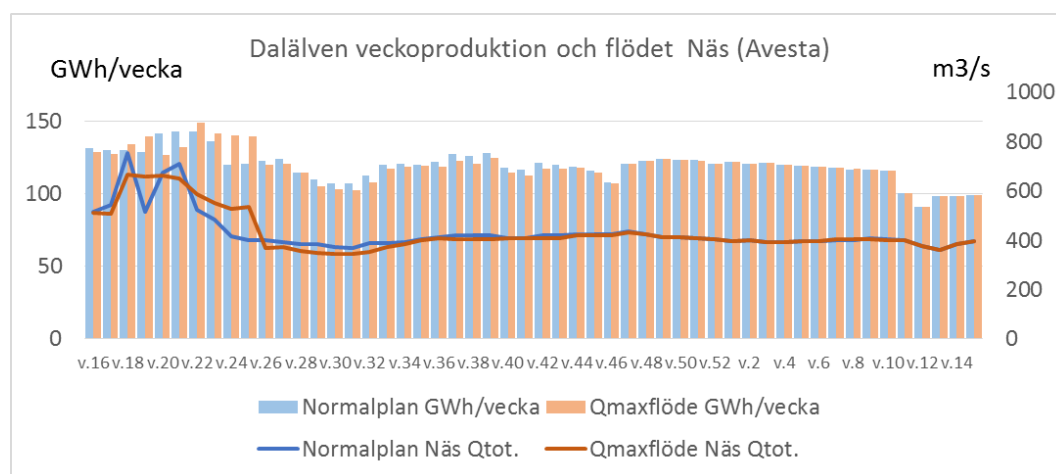


Figur 28. Wet-800 scenariot.

Scenario – ”wet” utan tappningar från Trängslet

Efter dessa optimeringar genomfördes även ytterligare en beräkning för att söka det högsta möjliga flödet i Näs under fyra veckor i samband med vårflod under ett ”wet-scenario”. Ytterligare en förutsättning för denna beräkning var att inte behöva ”tvinga upp” Siljans vattennivå genom tappning från Trängslet efter som det ger stor produktionspåverkan. Resultatet visar att det kan vara möjligt att uppnå ca 650 m³/s i Näs under 25 dagar vid ett ”wet-scenario”. Nivåutveckling i magasinerna framgår av bilaga 5.

Detta scenario ger ”rimlig” påverkan på Siljan och övriga magasin samt en energiförlust på ca 30 GWh. I praktiken kommer då två flödestoppar att ”slås ihop” till ett flöde över den tidsperiod som önskas. Se Figur 29 ”wet-650”.



Figur 29. Wet-650 scenariot.

Slutsatser och kommentarer

Resultatet från optimeringarna är inte redovisade i ”ekonomiskt förlorad intäkt”, eftersom den ekonomiska förlusten i ”kronor” kommer att variera beroende av den prisförväntan som finns om den framtida elmarknaden.

”Tvingande” produktion i Trängslet under perioder med låg last och samtida produktionsöverskott i elsystemet (höga flöden, mycket vindkraft och låg förbrukning) kan få stor påverkan på elmarknaden. Under de vårveckor då den totala vattenkraftsproduktionen är som högst och man normalt vill spara vatten och producera så lite som möjligt pga. låg last och därmed också lågt elpris kommer 200 MW extra effekt i systemet att påverka spotpriset och priset för andra produkter på elmarknaden.

Högvattenmodell för beräkning av energi- och miljöeffekter

Fortum har lång erfarenhet av att hantera/reglera större delen av Dalälvens vattenkraftssystem under höga flöden och har för dessa ändamål utvecklat excelmodeller för att belysa konsekvenser av alternativa tappningar. Dessa modeller har nu kompletterats för att även kunna användas för att beräkna konsekvenserna av en ekologiskt anpassad reglering.

Beräkningsmetodik och underlag

Som underlag för beräkningar har verkliga tillrinningar används och simuleringarna är utförda under år med gynnsamma förutsättningar för att nå målnivån på 800 m³/s under 25 dagar.

Endast de större magasinen som kan ge påtagligt ökat vattenflöde i Dalälven har används i simuleringarna och vissa förenklingar har genomförts för att hantera vattnets gångtid.

Beräkningarna är utförda med en modell som används under höga flöden i Dalälven för att beräkna vattennivån i sjöar med begränsande utlopp. Dvs. sjöar med smala/trånga utlopp som gör att höga tillrinningar inte hinner "rinna undan" neröver, varvid sjöns vattennivå stiger. Dessa förhållanden gäller särskilt Siljan, Runn och Hovran. Varje begränsande sektion har en avbördningskurva som visar maximal vattenföring genom utloppet vid en bestämd vattennivå i sjön.

Med utgångspunkt från vårflödestoppen i Västerdalälven har tappningen från Trängslet och Siljan anpassats för att åstadkomma ett flöde nära 800 m³/s i Avesta (Fortum kraftverk närmast uppströms Näs) med en varaktighet på 25 dygn. Tillrinningsområdet mellan Avesta och Näs är 430 km², vilket innebär ca 10 m³/s i lokal tillrinning under den tid som är aktuell. Eftersom huvudsyftet med denna beräkningsmodell har varit att analysera sjöarnas nivåer påverkas vid höga flöden har inte 450 m³/s analyserats i dessa beräkningar.

Tre olika simuleringar har utförts för respektive år; en för normal reglering och två med ökade tappningar. I alternativen med ökade tappningar har beräkningarna genomförts dels för ökad tappning från Trängslet och dels för normalt tappning från Trängslet. De övriga magasinen som används för att uppnå ökat flöde i nedre Dalälven är Siljan, Amungen och Runn. Övriga magasin har bedömts ge för lite effekt för att väsentligt påverka flödet i förhållande till den lokala påverkan som skulle uppstå med låga nivåer under stora delar av sommaren.

Produktionsförlusten har beräknats från ökad tappning genom utskoven jämfört med att samma vattenvolym skulle ha tappats genom turbinerna antingen tidigare eller vid ett senare tillfälle. För att uppnå målflödet 800 m³/s under 25 dagar har avsänkningen av Siljan och Runn under mars månad begränsats och återfyllnaden startat tidigare än normalt.

I beräkningarna har ingen hänsyn tagits till de extra fallförluster som uppstår vid mycket höga tappningar då vattennivån på nedströmssidan kan bli så höga att produktionen begränsas och i vissa fall är det inte ens möjligt att ha turbinerna i drift och elproduktionen uteblir då helt under en tid. För att kvantifiera dessa förluster krävs analyser av varje enskilt kraftverk under höga flöden. För Trängslet har hänsyn tagits till att vattennivån i magasinet kommer att vara lägre efter den extra tappningen, vilket minskar fallhöjden och därmed elproduktionen.

Simuleringar har genomförts för åren 2006, 2008 och 2015 som var några av det senaste årtiondets mest gynnsamma år för att få ett högt flöde i nedre Dalälven. 2008 valdes i denna beräkning för att Västerdalälvens högsta flöde var högre än normalt detta år och det är intressant med avseende på risker vid höga flöden.

I diagrammen för varje simulering visas utfallet för normal reglering med blå linjer, ekologiska flöden med hög tappning från Trängslet med röda linjer, och ekologiska flöden med i huvudsak ökad tappning från Siljan med gröna linjer. För Västerdalälven visas verkligt flöde uppmätt vid Mockfjärds kraftverk. Magasinsnivåer redovisas för Trängslet och Siljan med nivåerna på den högra skalan.

Analys av 2006

Med förutsättningarna från 2006 uppnås målflödet 800 m³/s med en varaktighet på 15 dagar, både med och utan utökad tappning från Trängslet. Från dag 16 till 25 kan flödet hållas på drygt 600 m³/s respektive ca 550 m³/s, med eller utan extra tappning från Trängslet. Flödet vid Avesta i de olika simuleringarna visas i Figur 30. Medelvattenföringen under 25 dagar är med extra tappning från Trängslet 740 m³/s. Utan extra tappning från Trängslet blir medelflödet under 25 dagar 715 m³/s. Med en simulerad normal reglering blir medelflödet 565 m³/s.

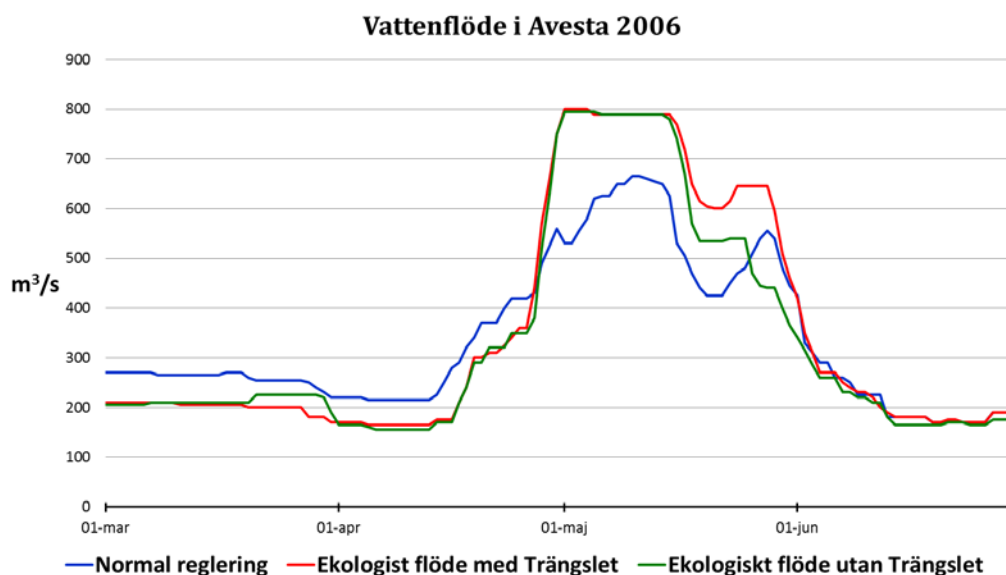
Målflödet 800 m³/s kan bara uppnås under 2006 så länge flödet i Västerdalälven är över 300 m³/s och det samtidigt är hög lokal tillrinning i nedre delen av Dalälven. Flödet i Västerdalälven under våren 2006 visas i Figur 31. Noterbart är att den andra flödestoppen kom för sent för nå målflödet under en längre tid, men utan detta tillskott hade flödet nått upp till 500 m³/s i slutet av 25-dagarsperioden.

Figur 32 visar hur tappningen från Trängslet reglerats och hur den höga tappningen påverkar nivån i Trängsletsjön är låg under hela sommaren.

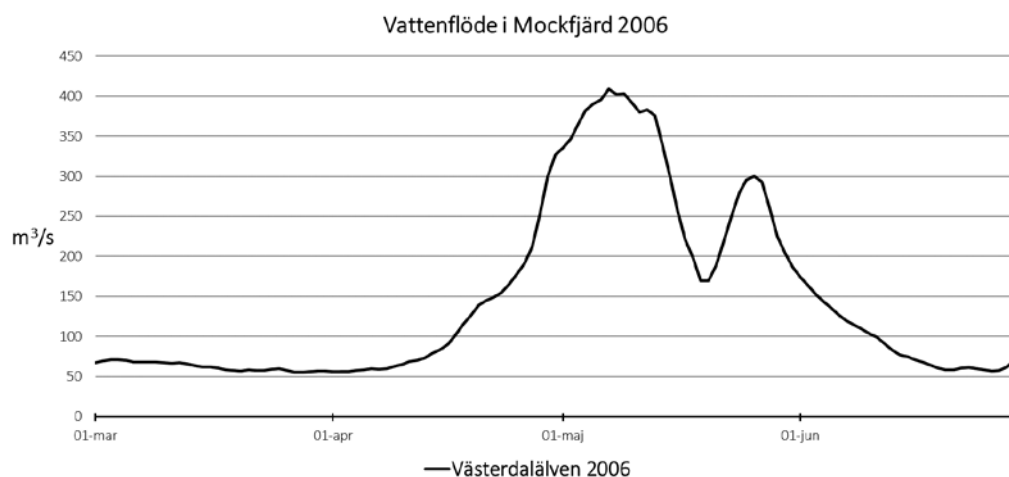
Siljan hålls högre än normalt inför vårfloden och veckan innan vårfloden i Västerdalälven startar minskas tappningen för att tappningen ska kunna vara hög under själva vårfloden. I alternativet med extra tappning från Trängslet överstiger Siljan högsta regleringsgränsen och tappning från Siljan följer avbördningstabellen i vattendomen. Nivån i Siljan kulminerar på

+161,97 m, ca 20 cm över regleringsgränsen. Nivåer och tappningar under hela perioden visas i Figur 33.

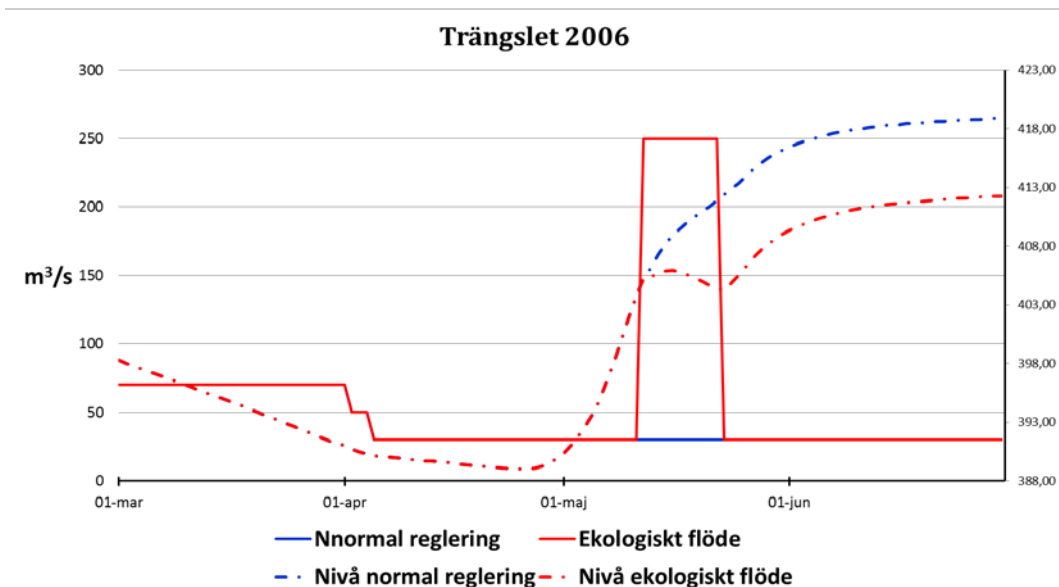
Produktionsförlusten med extra tappning från Trängslet beräknas till totalt 130 GWh och utan extra tappning från Trängslet blir produktionsförlusten 76 GWh.



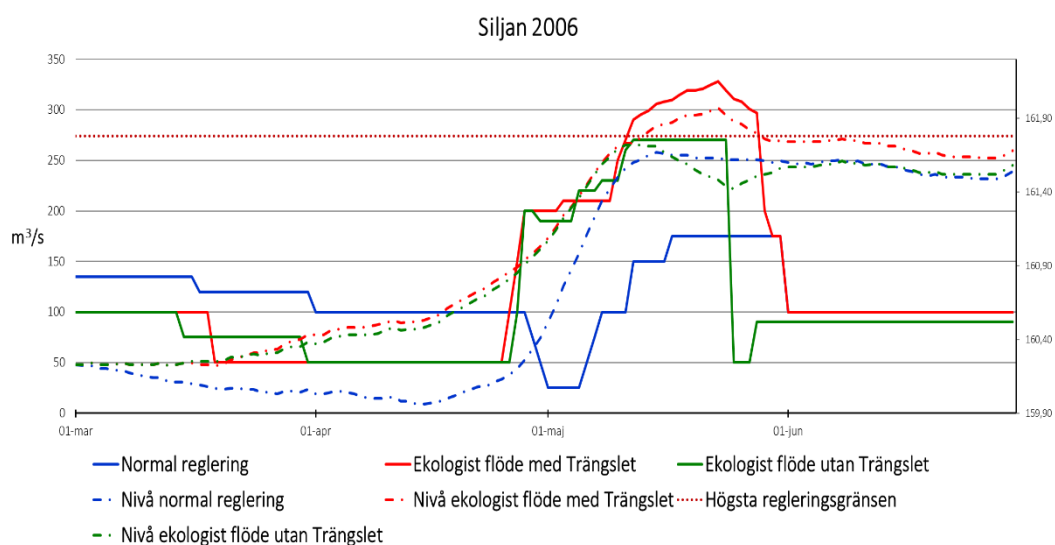
Figur 30. Vattenflöde i Avesta 2006.



Figur 31. Vattenflöde i Mockfjärd 2006.



Figur 32. Vattennivåer och tappningar i Trängslet 2006.



Figur 33. Vattennivåer och tappningar i Siljan/Gråda 2006.

Analys av 2008

Vårfloden 2008 var kort och intensiv. Vid vårflodens start stiger vattenföringen i nedre Dalälven snabbt över 800 m³/s utan någon särskild åtgärd för att öka flödet. När flödet snabbt avtar i Västerdalälven behöver

tappningen från Trängslet ökas till nära max under två och en halv vecka och med denna åtgärd kan flödet hållas på 600 m³/s till 25 dagar har gått. Utan extra tappning från Trängslet blir flödet i Avesta ca 500 m³/s de sista 10 dagarna av målperiodens 25 dagar.

Medelvattenföringen under 25 dagar blir med extra tappningar från Trängslet ca 700 m³/s. Utan extra tappning Trängslet blir medeltappningen under 25 dagar 660 m³/s. Med simulerad normal reglering blir medelflödet ca 635 m³/s. Figur 34 visar flödet i Avesta under hela den simulerade perioden.

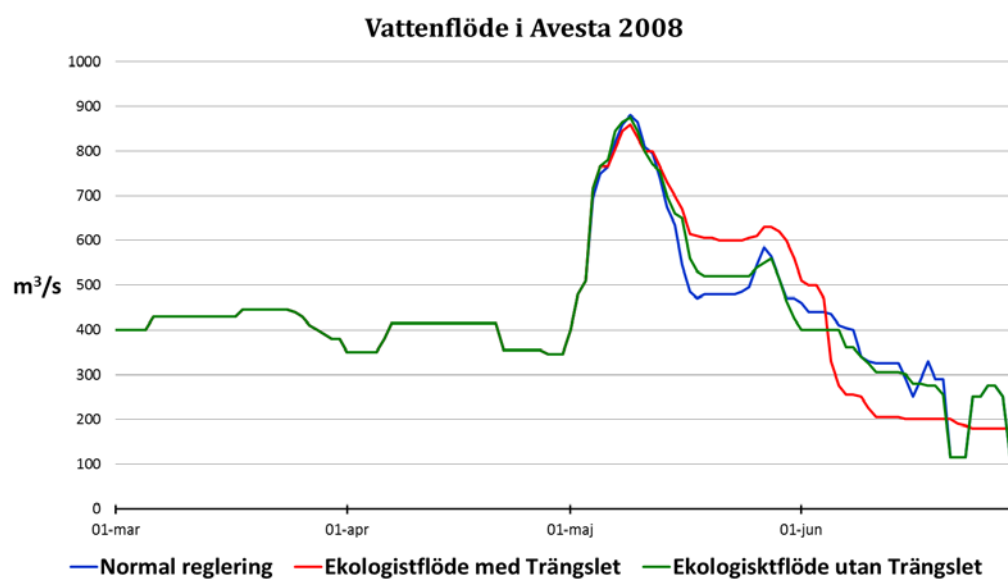
Västerdalälven har 2008 en intensiv vårflod och kulminerar på 550 m³/s vilket är högre än normalt, se Figur 35.

Ökad tappning från Trängslet under vårfloden ger ingen varaktig effekt utan nivån stiger snabbt när den extra tappningen avslutats, se Figur 36.

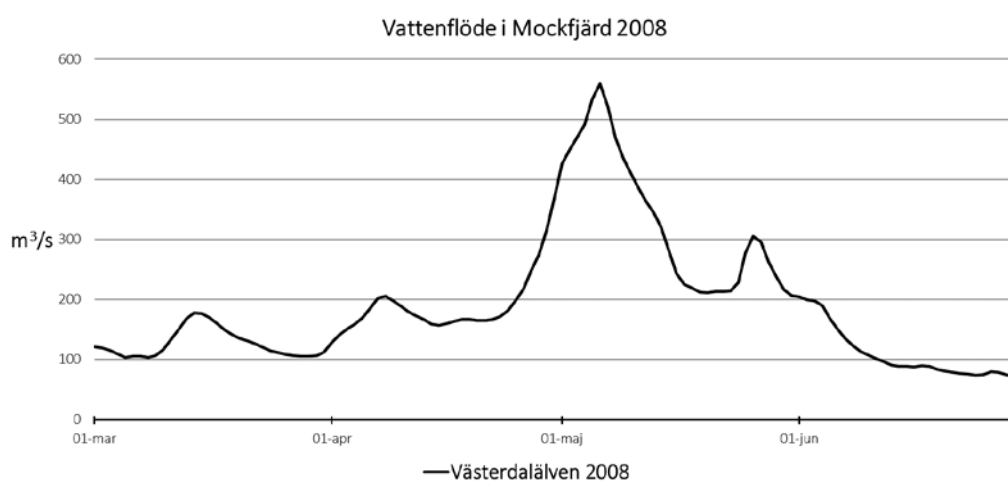
Den kraftiga vårfloden 2008 gör att ingen särskild hantering behövs inför vårflodsstarten. Den innebär heller inte någon förhöjd risk eftersom Siljan inte hinner nå någon hög nivå och därmed behöver tappningen från Siljan inte ökas innan flödet i Västerdalälven börjat avta. Tappningen från Trängslet ökas när Västerdalälvens flöde avtar och gör att Siljans nivå stiger över högsta regleringsgränsen och tappningen kan ökas enligt avbördningstabellen för Siljans utflöde. Nivån i Siljan kulminerar på +162,15 m, ca 40 cm över regleringsgränsen. Simulerade tappningar och nivåer för Siljan 2008 visas i Figur 37.

Vårflodens varaktighet 2008 är för kort för att nå målet på 800 m³/s under 25 dagar. Även om tappningen från Trängslet dubblerats från 250 till 500 m³/s med tredubblade energiförluster hade tappningen i nedre Dalälven inte nått över 700 m³/s på grund av Siljans trånga utlopp (Siljans nivå hade ändå stigit nära 1 m över högsta regleringsgränsen).

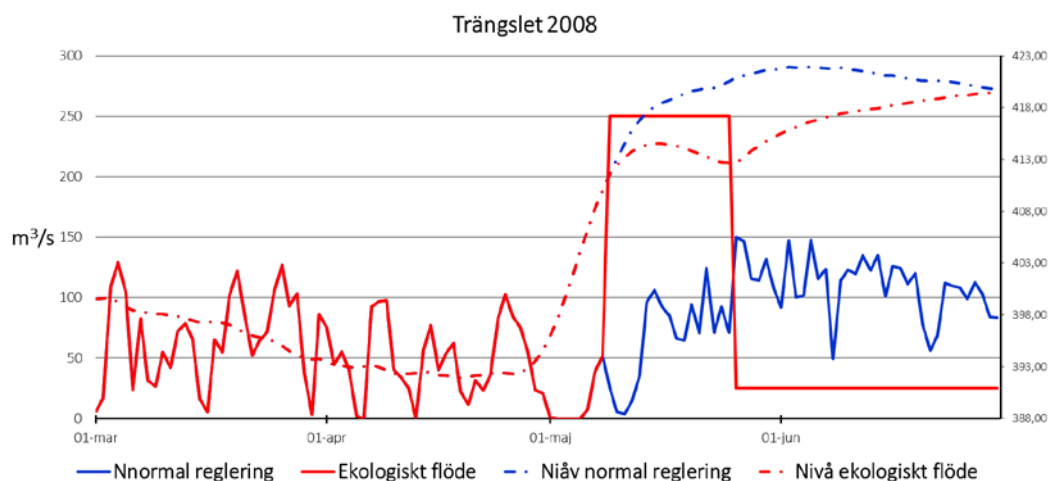
Produktionsförlusten med extra tappning från Trängslet beräknas till totalt 73 GWh och utan extra tappning från Trängslet blir produktionsförlusten 8 GWh, vilket är mycket lågt, men det blir också nyttan eftersom tappningen bara ökar marginellt från 480 till 520 m³/s under de dagar med lägst tappning.



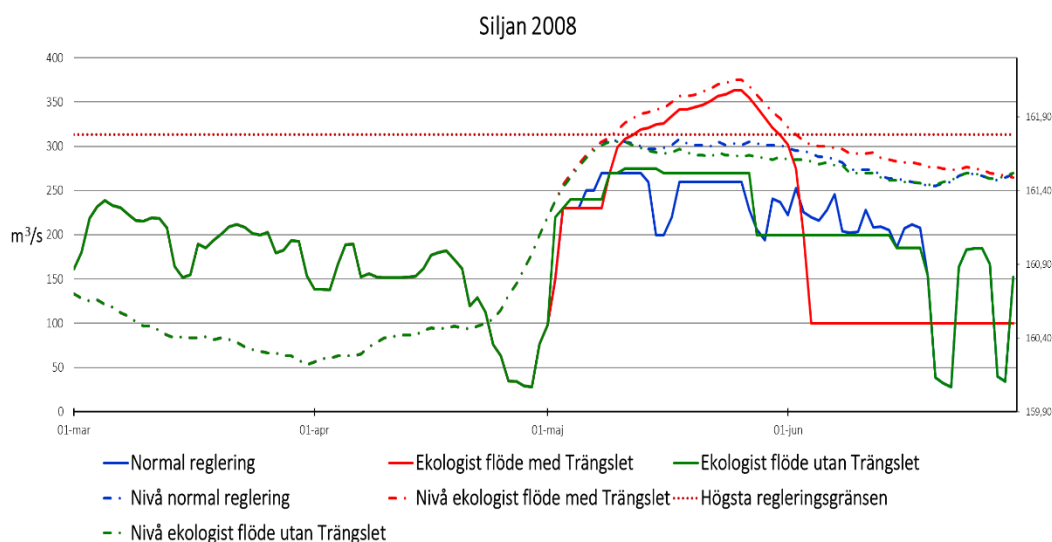
Figur 34. Vattenflöde i Avesta 2008.



Figur 35. Vattenflöde i Mockfjärd 2008.



Figur 36. Vattennivåer och tappningar i Trängslet 2008.



Figur 37. Vattennivåer och tappningar i Siljan 2008.

Analys av 2015

Vårfloden 2015 startade normalt och när den höll på att avta kom rikligt med regn som följdes av en betydligt högre flödestopp än den första toppen när snön smälte. För att nå upp till målet på 800 m³/s under de första veckorna krävs tappning från Trängslet. I simuleringen avbryts tappningen från Trängslet några dagar innan regnen, som gav den andra högre toppen från Västerdalälven, vilket gör att nivån i Siljan hinner stanna upp innan den lokala tillrinningen får nivån att stiga ytterligare. Flödet i nedre Dalälven stiger till 900 m³/s innan flödet snabbt avtar när marken torkar upp efter regnen. Flödet över hela den simulerade perioden visas i Figur 38.

Medelvattenföringen under 25 dagar blir med extra tappningar från Trängslet drygt 800 m³/s. Utan tappning från Trängslet blir medeltappningen under 25 dagar 740 m³/s. Med simulerad normalreglering blir medelflödet 650 m³/s.

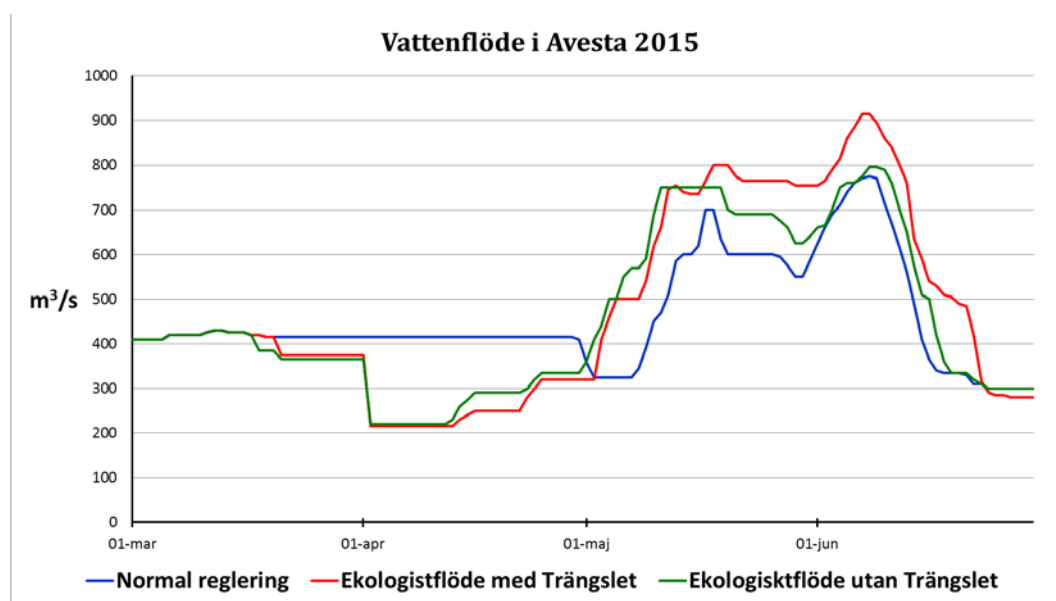
Den ovanligt utsträckta vårfloden i Västerdalälven visas i Figur 39.

Tappningen från Trängslet i början av vårfloden påverkar nivån i Trängsletsjön som blir lägre under hela sommaren, se Figur 40.

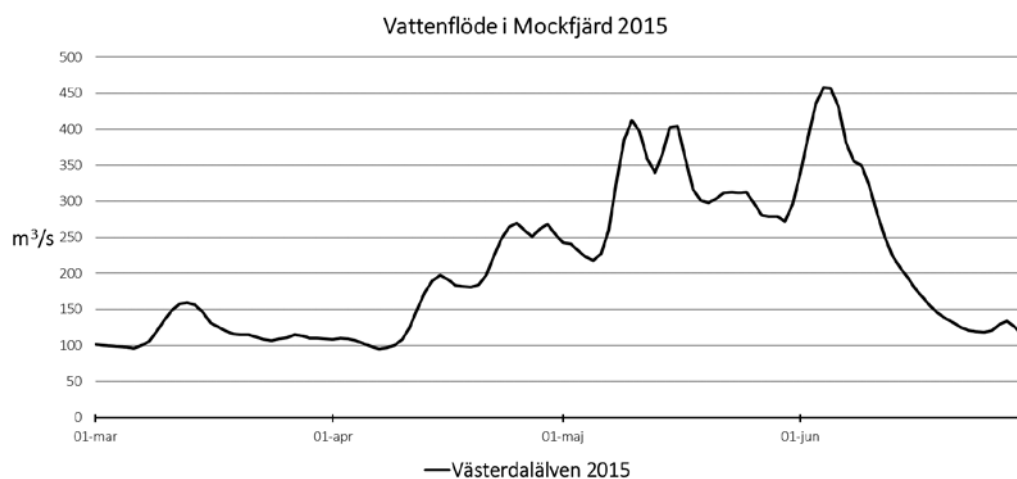
Siljan hålls högre än normalt inför vårfloden och fylls nära fullt inför vårflodens start, för att snabbt komma över högsta regleringsgränsen och därmed få ut mer vatten ur Siljan trånga utlopp. Nivån stiger till som högst +162,43 m av tappningen från Trängslet och sedan ytterligare 5 cm till +162,48 m genom den lokala tillrinningen. Nivå kommer då att ligga 70 cm över högsta regleringsgränsen, se Figur 41.

Produktionsförlusten när Trängslet används beräknas till totalt 197 GW och utan att använda Trängslet blir produktionsförlusten 79 GWh.

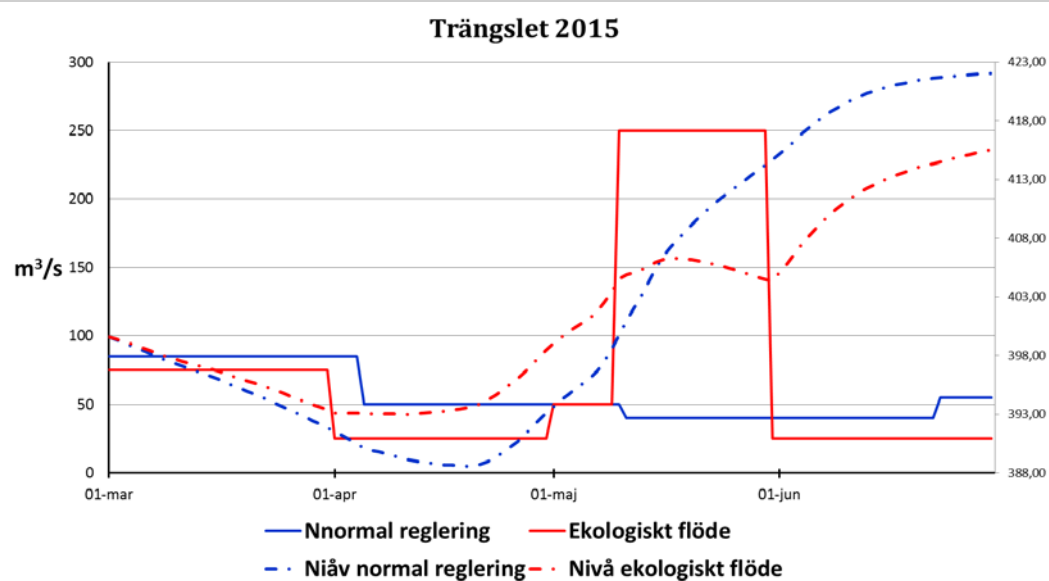
2015 var det enda av de tre beräknade åren som det går att uppnå 800 m³/s under 25 dagar. Målet nås till en kostnad av ca 200 GWh, dock med en kraftigt förhöjd risk för mycket höga flöden.



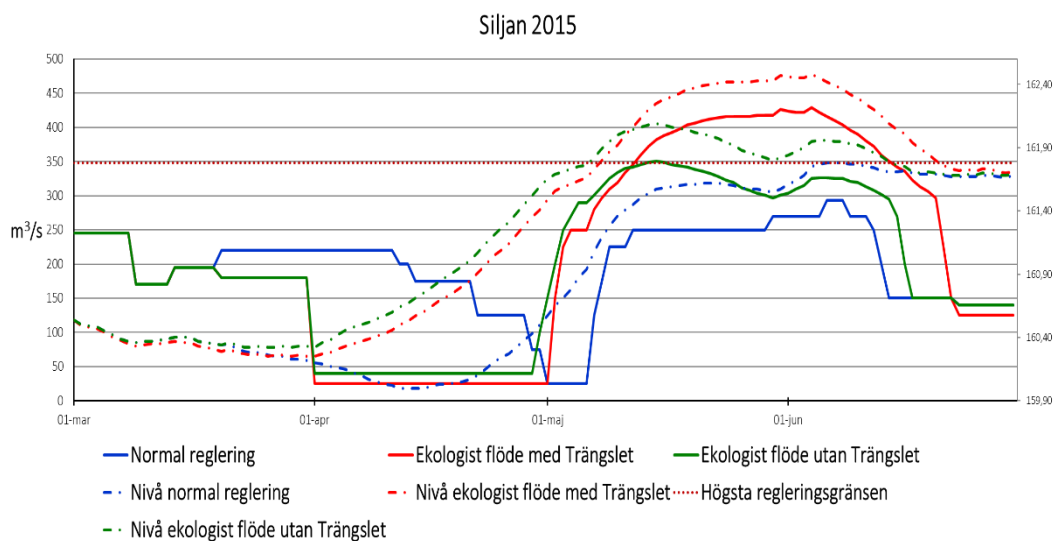
Figur 38. Vattenflöde i Avesta 2015.



Figur 39. Vattenflöde i Mockfjärd 2015.



Figur 40. Vattennivåer och tappningar i Trängslet 2015.



Figur 41. Vattennivåer och tappningar i Siljan 2015.

Slutsatser och kommentarer

För att nå 800 m³/s under 25 dygn krävs goda förutsättningar med ett vatteninnehåll i snön som överstiger normalt och regn som förlänger tiden med hög avrinning från Västerdalälven. Möjligheten att fylla på med mer vatten än ca 300 m³/s från Österdalälven är begränsad eftersom det kräver en förhöjd nivå i Siljan. Att med tappning från Trängslet tvinga upp Siljan över högsta regleringsgränsen ger mycket stora energiförluster, ökar markant risken för översvämningsskador och bryter mot de tillstånd som finns i beslutade vattendomar.

Under ett av de simulerade åren (2006) kunde målnivån på 800 m³/s nås under 15 dagar utan extra tappning från Trängslet och utan att risken för höga flöden längre fram ökade, det snarare minskar eftersom Siljans nivå blir lägre. Produktionsförlusterna utan tappning från Trängslet blir betydligt lägre och bedöms ligga på nivån 50-100 GWh de år förutsättningarna är sådana att det går att öka vattenföringen med tappning från Siljan jämfört med hur den skulle hanterats med normal reglering.

I denna simulering har de fysiska förutsättningarna varit det primära och produktionsförlusterna har endast beräknats som en summa energi (GWh). Noteras kan att det inte är tekniskt möjligt att spilla vatten ur Trängslet när magasinet är avsänkt, vilket inte beaktats i dessa beräkningar.

Samlad bedömning av energi- och miljöeffekter

I detta avsnitt sammanfattas resultat och erfarenheter av de fyra olika beräkningar av ekologiskt anpassad årsreglering som redovisas ovan. I kapitlet "Diskussion och prioriteringar" längre fram i rapporten ges en samlad avvägning med övriga samhällsintressen och förslag till fortsatt arbete inför ett eventuellt genomförande.

Hur ska regleringarna anpassas för att nå målet 800 m³/s i 25 dagar?

Ovanstående preliminära analyser av ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven indikerar att det genom anpassad reglering av framför allt Siljan och Trängslet är möjligt att uppnå målnivån 800 m³/s i upp mot 25 dagar. Det är dock endast möjligt att klara detta mål de år då det är gynnsamma hydrologiska förutsättningar med framför allt hög och långvarig vårflod i Västerdalälven.

För att uppnå målnivån 800 m³/s under 25 dagar i Näs behöver Västerdalälvens vårflod kompletteras med betydligt högre tappningar från framför allt Gråda/Siljan jämfört med normal årsreglering. För att få ett tillräckligt högt vattenflöde från Siljan, minst 300-400 m³/s, måste Siljans nivå ligga över regleringsgränsen för att "trycka ut" tillräckligt med vatten genom Siljans trånga utlopp.

Normalt avsänks Siljan under senvintern för att därefter fyllas under vårfloden. Men för att få den "timing" som nu behövs med Västerdalälvens vårflod måste Siljans vattenyta ligga betydligt högre, än både naturligt och vid nuvarande reglering, under vårflodens inledning. Siljans avsänkning behöver avbrytas i månadsskiftet februari/mars för att hinna få upp nivån tillräckligt tidigt inför vårfloden. Dessutom behöver Siljans vattennivå höjas ytterligare genom tappning av stora vattenvolymer från Trängslet.

Hur påverkas elproduktion och reglernytta vid 800 m³/s i 25 dagar?

Denna "omvända" reglering för att uppnå en mer naturlig vårflod medför både minskad elproduktion och att produktion flyttas från de tillfällen på året då elsystemet behöver kraft till våren då det normalt råder överskott. De år åtgärden genomförs kommer systemets reglerförmåga att vara begränsad före, under och efter vårfloden eftersom tappningarna från framför allt Siljan och eventuellt även Trängslet behöver förändras för att skapa ett stärkt vårflöde. Hur mycket reglernytta påverkas har inte kvantifierats i detta arbete. Men det är uppenbart att årsregleringsnyttan tydligt kommer att minska vilket också påverkar förutsättningarna för korttidsreglering.

Ekologiskt anpassad årsreglering kommer inte direkt att påverka förutsättningarna för att bidra med spännings- och frekvensreglering för elsystemets stabilitet. De år åtgärden genomförs kommer det dock att bli dyrare att producera dessa tjänster eftersom det under vissa perioder kan behöva spillas vatten förbi turbinerna för att frigöra reglerutrymme.

Beräkningarna indikerar att de år en ekologiskt anpassad årsreglering genomförs, för att uppnå målnivån 800 m³/s i 25 dagar, kommer Dalälvens elproduktion att minska med i storleksordningen 200-250 GWh. Analyserna pekar på att det är tappningarna från Trängslet som får störst påverkan på både elproduktion och reglervärde.

Mot den bakgrunden har kompletterande beräkningar genomförts för att belysa effekter av en anpassad årsreglering utan särskild tappning från Trängslet. Beräkningarna indikerar att Dalälvens samlade elproduktion i detta fall "endast" minskar med i storleksordningen 50 GWh i förhållande till normal reglering. Men att det då inte är möjligt att uppnå målnivån 800 m³/s i 25 dagar. Vattenvolymererna räcker enbart till för att uppnå flödesnivån 800 m³/s i 10 dagar alternativt ca 650 m³/s i 25 dagar.

Påverkan på Målnivån 450 m³/s i 60 dagar

Det andra målscenariot på 450 m³/s i 60 dagar kombineras i praktiken med ovanstående mål så att det samlade målet kan uttryckas som 800 m³/s i 25 dagar + ytterligare 35 dagar i anslutning till dessa med flöden över 450 m³/s. Eftersom Dalälvens trånga sektioner dämpar/jämnar ut flödena så kommer det i praktiken alltid att uppkomma flera dagar med stigande respektive avklingande flöden i anslutning till reglering för målnivån 800 m³/s.

Beräkningarna indikerar en högre måluppfyllelse för målnivån 450 m³/s än för nivån 800 m³/s. Jfr Tabell 5. Med nuvarande reglering (alternativ 0) ligger flödet under vattenrikare år, som de fyra analyserade, mellan 450 och 800 m³/s i 30-40 dagar under våren-försommaren. För att nå målnivån 450 m³/s under 60 dagar måste dock stora vattenvolymer tappas från Trängslet. Vid enbart anpassad reglering av Siljan uppnås en målnivå någonstans mitt emellan dvs. upp mot 50 dagar. Hur mycket elproduktion då minskar ingår i tidigare beräkningar för målnivån 800 m³/s.

Övriga erfarenheter och effekter för andra samhällsintressen

Det är en stor utmaning att hantera ekologiska flöden praktiskt. Genomförda beräkningar har utförts med "facit i hand" dvs. kännedom om de verkliga tillrinningarna för hela vår-sommarperioden och den fördelen kommer verkligheten inte att ge oss. Detta framkommer särskilt tydligt 2015 då det kom stora nederbördsmängder under senare delen av våren med kort förvarning vilket hade varit svårt att hantera med en förhöjd nivå i Siljan.

I verkligheten är det mycket svårt att prognostisera när flödestopparna från Västerdalälven, Svärdsjövattendraget och nedre Dalälven når Näs. Därmed blir då svårt att matcha behovet av tappningar från Siljan som riskeras att starta för tidigt eller för sent, vilket får till följd att antalet dygn med högre flöden än 800 m³/s i Näs blir färre än vad som här beräknats.

Eftersom magasinen (framför allt Siljan) måste hanteras annorlunda redan från början av mars månad finns ingen möjlighet att få väderprognoser för flödesförhållanden under slutet av april och början av maj. För att nå målet

800 m³/s i 25 dagar måste Siljan och Runns nivåer vara högre än normalt inför vårfloden för att flödet inte ska dämpas av magasin som först måste fyllas upp innan tappningen kan ökas.

Den genomgång som utförts av flödena de 15 senast åren visar att det behövs regn under snösmältningen för att nå det uppsatt målet. Lite mindre snö tillsammans med regn ger sammantaget bättre förutsättningar än mycket snö som smälter utan tillskott av nederbörd.

Ekologiskt anpassad årsreglering medför att vattenkraftssystemet används för ett ändamål det ursprungligen ej är designat för. Ingen riskanalys eller dammsäkerhetsmässig bedömning har genomförts för dessa målscenarier och behov av tappningsförändringar. Säkerhetsmarginalerna minskar vid kraftiga regn när Siljan tvingas upp över regleringsgränsen under vårfloden.

Det finns risk för att målscenariot 800 m³/s i 25 dagar under ett våtår får negativa konsekvenser för andra samhällsfunktioner och sektorer. Se vidare kapitlet ”Effekter på övriga samhällsintressen” längre fram i denna rapport.

Flera frågor måste lösas innan regleringen av magasinerna i Dalälven kan förändras till förmån för ekologiska flöden. Hur bedöms förutsättningarna inför vårfloden och vilka beslut måste fattas? Vem tar ansvar för ökade risker för översvämningar som orsakas av en förändrad regleringsstrategi? Dessutom kommer vattendomar att behöva omprövas eftersom nuvarande tillstånd för reglering och kraftproduktion inte ger rätt att avsiktligt höga vattennivåer över de högsta regleringsgränserna (i första hand för Siljan och Runn).

Effekter på övriga samhällsintressen.

I denna rapport analyseras de effekter en ekologiskt anpassad årsreglering får på Dalälvens vattenkraftsystem, framför allt elproduktionen. En förändrad flödedynamik med högre och framför allt mer långvariga vårflöden kommer även att påverka andra aspekter och samhällsintressen. I detta kapitel redovisas kortfattat några av dessa frågor, vilka behöver analyseras ingående inför ett eventuellt beslut om genomförande.

Syftet med detta kapitel är att identifiera framtida utredningsbehov – inte att ge svar på hur olika sektorer/intressen påverkas eller vilka avvägningar som är nödvändiga.

Dammsäkerhet

Dammsäkerhetsfrågor behöver beaktas vid utformning och prioritering av flera olika typer av miljöåtgärder som fiskvägar och förändrade vattenhushållningsbestämmelser. Detta kan medföra att miljöåtgärder måste utformas på annat sätt och/eller att särskilda åtgärder behöver genomföras i kraftverk och magasin för att bibehålla dammsäkerheten.

Innan dessa typer av miljöåtgärder beslutas behövs fördjupade utredningar och analyser för att verifiera om och i så fall hur åtgärderna påverkar de beräkningsunderlag, riktlinjer och normer som finns för dammsäkerhet. Samt vad som eventuellt behövs för att anpassa utförandet i syfte att bibehålla en god dammsäkerhet.

Ägare till kraftverk och regleringsmagasin har ansvar för dammsäkerheten och de skador som kan uppstå vid olyckor. Länsstyrelsen har som tillsynsmyndighet ansvar att tillse att normer och villkor uppfylls samt att förebyggande åtgärder genomförs. Det finns således ett gemensamt intresse av att dammsäkerheten bibehålls på en hög nivå.

Flödesdimensioneringsklass II-flöden (FLK II-flöden)

FLK II-flöden representerar flöden med en återkomsttid av ca 100 år. Beräkningarna görs med hjälp av frekvensanalyser av historiska tappningsdata men skall även inkludera frekvensanalyser på basis av beräknade 100-årstillrinningar till respektive anläggning.

De i denna rapport analyserade regleringsstrategierna för att uppnå de ställda målflödena innebär att Siljan inte kommer att tappas av på sedvanligt vis, utan istället fyllas på med tillrinning, så att Siljan i det läget då Västerdalälven flödar bidrar med så mycket vatten som möjligt i syfte att uppnå målflödena i Näs. På grund av Siljans tröghet samt de begränsade möjligheter som finns att påverka tillrinningen från Västerdalälven innebär det att målflödet om 800 m³/s under 25 dagar i praktiken inte kommer att nås i Näs med en jämn fördelning över tiden. Jfr figurerna för de genomförda beräkningarna i denna rapport. Vid snabb snösmältning och/eller kraftiga

regn kan det vissa år uppstå kortare flödestoppar i nivån 900-1000 m³/s eller till och med högre i extrema situationer.

Om den förändrade regleringsstrategin leder till att årsmaxima vid enskilda dammar ökar kan det leda till att beräknade 100-årsflöden förändras. Jfr Figur 5 för Näs kraftstation där Gumbelkurvan får en brantare lutning.

För alla dammanläggningar tillhörande flödesdimensioneringsklass I respektive II gäller kravet att FLK II-flödet skall kunna avbördas vid dämningssgräns. För Dalälvens kraftverk på sträckan Forshuvud-Älvkarleby kan det bli nödvändigt med utskovskompletteringar vid flera kraftverk om beräkningarna visar att FLK II flödet ökar.

Flödesdimensioneringsklass I-flöden (FLK I-flöden)

Den beräkningsmetodik som används för bestämmande av FLK I-tillrinningar bygger på modellsimuleringar som beskriver följderna av att extremt stora nederbördsmängder faller samtidigt som övriga flödesskapande faktorer kombineras på ett sätt som ger den mest kritiska flödeseffekten. För nu aktuella målscenarier är det framför allt följande två förhållanden som blir aktuella: (I) startvattenståndet för beräkningar och (II) dimensionerande nederbördssekvenser för olika områdesstorlekar/delområden.

- I. FLK I-beräkningsmetodiken förutsätter att de större regleringsmagasinen vid vårflodens ankomst är avsänkta till en för årstiden representativ nivå vilket vanligtvis sätts till medelvärde av till exempel de fem lägsta "vår-vattenstånden". Riktlinjerna anger att magasinerna ska avsänkas till nivåer som bedöms rimliga när vårfloden förväntas bli kraftig.

Om regleringen av älven förändras de år då vårfloden bedöms bli kraftig så att Siljan tvärt om dessa år ska hållas på en hög nivå vid vårflodens ankomst behöver dimensioneringsberäkningarna kontrolleras för hela huvudälven från Siljan/Trängslet till havet. Och det kan bli nödvändigt med damsäkerhetshöjande åtgärder.

- II. Beräkningar av dimensionerande nederbördssekvenser och dess avrinning ska genomföras för dels hela tillrinningsområdet och dels för mindre delar av tillrinningsområdet som Västerdalälven som då får högre flödesintensitet. I det senare fallet kombineras dessa modellerade flöden med uppmätta flödesnivåer för Österdalälven eller högre om denna nivå förändras till följd av en ny regleringsstrategi.

I det arbete som utfördes under senare delen av 1990-talet var det de så kallade totala dimensioneringarna som resulterade i de högsta och därmed dimensionerande flödena. För exempelvis Långhag blev det

dimensionerande flödet 3424 m³/s (i senare beräkningar har detta flöde ökat till 3576 m³/s).

Nya lokala dimensioneringsberäkningar när Siljan har förhöjda nivåer inför vårfloden kan resultera i högre dimensionerande flöden för anläggningarna nedströms i Dalälven. Även kraftverken längs sträckan Åsen-Siljan kommer att få nya förutsättningar för dimensioneringsberäkningar om Trängslet behöver bidra med extra tappningar för att höja Siljans vattennivå.

Idag är det inte ett strikt krav att kunna avbörda den dimensionerande FLK I-tillrinningen men det är ur samhällssynpunkt angeläget att bibehålla en god dammsäkerhet vid alla anläggningar. För de dammar som tillhör FLK I-klass (tre stycken i nedre älven samt två stycken i Österdalälven nedströms Trängslet) kan det då komma att ställas krav på kompletterande utskovskapacitet eller påbyggnad av dammarna för att möjliggöra överdämning.

De idag använda klass I flödena, dvs beräknade högsta flödena, är framtagna med äldre beräkningsmodeller. SMHI rekommenderar att beräkningar för nya regleringsförutsättningar genomförs med en modern modell som bättre beskriver extremflöden och möjliggör klimatkänslighetsanalyser. Klass II flödena behöver också beräknas om och sammantaget kommer kostnaden för dessa analyser att uppgå till över en miljon kronor.

Översvämningssrisker

I Figur 1 visas vattenflödena i Långhag under tidsperioden 1852 – 2012. Här framgår att flödestoppar på mellan 1000 och 1500 m³/s förekom regelbundet från 1920-talet till slutet av 1990-talet. De allra senaste åren har dock maxflödena legat på nivån 800 m³/s. Av Figur 7 framgår att åtkomsttiden för flödet 800 m³/s ligger på samma nivå sedan 1850-talet dvs. flöden på denna nivå förekommer statistiskt sett vartannat år. Skillnaden vid ekologiskt anpassade årsreglering är dessa flödesnivåer nu ska upprätthållas under en längre tidsperiod i förhållande till enstaka dagar som nu är vanligt. Se även bilaga 1 där varaktigheten av olika högflödesnivåer presenteras i figurer.

Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) och länsstyrelserna har tagit fram flera analyser och rapporter om både historiska översvämningars utbredning och effekter samt risken för nya högvatten med olika flödesnivåer. Kartskikt utvisande 100-års, 200-års och högsta beräknade flöde finns på dessa myndigheters hemsidor. I MSB:s rapport ”Översvämningsskartering utmed Österdalälven, Västerdalälven, Ore älv och Dalälven med biflödena Lillälven och Falun”, uppdaterad 2015-06-15, redovisas i bilaga 13a vilket flöde som dessa olika åtkomstnivåer motsvarar

på olika platser dels vid dagens klimat och dels vid ett beräknat klimat 2098. Ett 100-årsflöde i Dalälven motsvarar 1850 m³/s i Långhag idag och 1665 m³/s 2098. Högsta beräknade flöde är 3619 m³/s med dagens klimat. Noteras kan att det högsta uppmätta flödet sedan mätningarna inleddes 1852 är ett flöde på 2644 m³/s den 1 juli 1860.

Länsstyrelserna tar fram vägledning för hur kommunerna ska beakta risken för höga flöden och översvämningar i samhällsplaneringen. Länsstyrelsen Dalarna har nyligen remitterat en sådan vägledning för kommunerna, som publiceras inom kort. I vägledningen rekommenderas kommunerna att endast enklare anläggningar som parkeringar, förråd etc. bör planeras på lägre nivå än vad ett 100 års flöde orsakar, dvs 1850 m³/s i Långhag. Vid sommar/höstöversvämningen 1985 då flödet i Långhag översteg 1000 m³/s i 13 dagar var maxflödet 1500 m³/s. Vid flödet 1500 m³/s översvämmas några tiotal byggnader i Hedemora och Avesta, framför allt strandnära fritidshus, enligt VBB VIAK:s rapport "Samhällsplanering och extrema hydrologiska förhållanden i Dalälven" utgiven 1993-06-01.

Sammanfattningsvis bedöms inte flödesnivån 800 m³/s nedströms Långhag orsaka översvämningar av samhällsinfrastruktur längs Dalälven.

De beräkningar som genomförts för att uppnå målflödet 800 m³/s under 25 dagar i Näs visar att det uppkommer en ökad risk för ännu högre flöden i Dalälven, upp mot 1000 m³/s eller ännu högre. Vilket blir än mer gynnsamt för de ekologiska funktionerna - men kan påverka andra samhällsintressen negativt. Det är framför allt hanteringen av Siljan som ökar risken för högre översvämningar.

För att kunna öka tappningen från Siljan till över 300 m³/s måste nivån i Siljan höjas över högsta regleringsgränsen (161,78 meter). Med Siljan på en hög nivå redan i ett tidigt skede under våren kommer eventuell kraftig nederbörd under snösmältningen att orsaka så hög tillrinning till Siljan att det inte räcker att minska tappningen från Trängslet för att undvika att nivån stiger än mer i Siljan. När Siljans vattennivå stiger måste tappningen från Gråda ökas enligt vattendomens regler.

Regnområden som ger mycket nederbörd över Österdalälven ger normalt även mycket nederbörd över Västerdalälven. Västerdalälven är i huvudsak oreglerad och flödet ökar snabbt och kan bli mycket högt när det kommer riklig nederbörd under snösmältningen och då särskilt mot slutet av våren då marken är mättad av smältvatten. Med normal årsreglering hinner Västerdalälvens vårflöde kulminera och vara i sjunkande innan Siljans nivå når högsta regleringsgränsen och tappningen ur Siljan måste ökas.

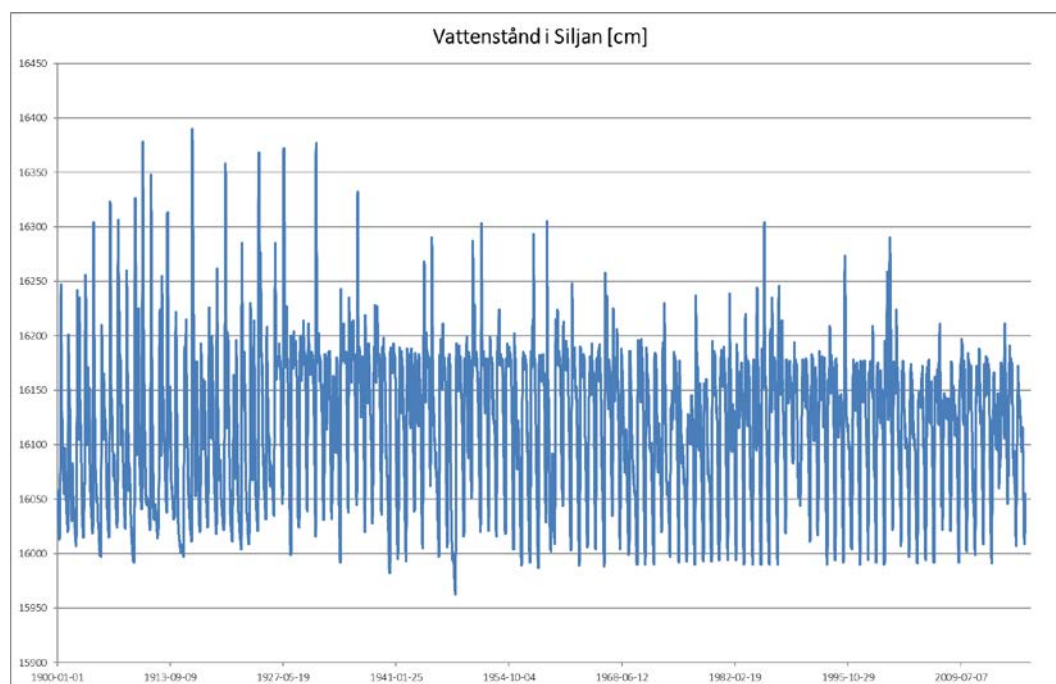
Men när nu Siljan behöver hållas vid högsta regleringsgränsen redan när flödet börjar öka i Västerdalälven innebär det att Österdalälvens och Västerdalälvens flödestoppar kommer mycket närmare varandra i tid. Med risk för att dessa bågge toppar kommer samtidigt och orsakar högre flöden än

beräknat (800 m³/s) i nedre Dalälven. Och det är då inte möjligt att begränsa flödet genom reglering.

Av det totala tillrinningsområdet på ca 27 000 km² till Näs kommer avrinningen från 20 000 km² direkt påverka flödet i älven utan möjlighet till någon aktiv reglering och flödesdämpning av kraftföretagen. 1 mm vatten som rinner av ett så stort område ger teoretiskt ett vattenflöde vid Näs på över 200 m³/s under ett dygn. Efter ett kraftigt regn som mättat marken behövs det bara en regnmängd av 5 mm per dygn för att upprätthålla en flödesnivå på ca 1 000 m³/s. För varje ytterligare mm regn närmar flödet sig snabbt nivåer där översvämningss problemen riskerar att öka utefter Dalälven.

Siljans vattennivå har vart tredje år sedan 1960-talet, på grund av hög nederbörd, stigit till en högre nivå än den högsta regleringsgränsen på 161,78. Och tre år även över 162,5 meter som nu är den nivå som vissa år kan behövs för att öka tappningen tillräckligt från Siljan. År 2000 låg Siljans nivå över 162,5 meter i 9 dagar i juli och över 40 dagar i november – december. Se Figur 42.

De nu diskuterade vattennivåerna förekommer således redan idag med några års mellanrum – orsakat av hög nederbörd. Men antalet tillfällen har avtagit efter 2000 vilket sannolikt beror på en kombination av tidigare redovisade klimatcykler och klimatförändringar.



Figur 42. Siljans vattennivå 1900 – 2017.

Översvämningssmygg i Nedre Dalälven

Nedre Dalälven, med dess återkommande översvämningar i såväl älvängar som svämlövskogar, är sedan länge känt för att drabbas av stora mängder stickmyggor. Under såväl 1980-talet som 1990-talet finns insamlingar som visar på stora mängder stickmyggor i området. De första mätningarna av mängden stickmyggor utfördes under översvämningssommaren 2000 och först då identifierades att översvämningssmyggan *Aedes sticticus* orsakade områdets stora stickmyggproblem.

Kommunerna vid Nedre Dalälven enades då om en aktionsplan för bekämpning och under 2001 etablerades Biologisk Myggkontroll som placerades inom det befintliga bolaget Nedre Dalälvens Utvecklings AB (NEDAB). De första bekämpningarna av översvämningssmyggor med biologiskt bekämpningsmedel utfördes 2002. Sedan dess sköts planering, genomförande och uppföljning av insatserna av Biologisk Myggkontroll inom NEDAB.

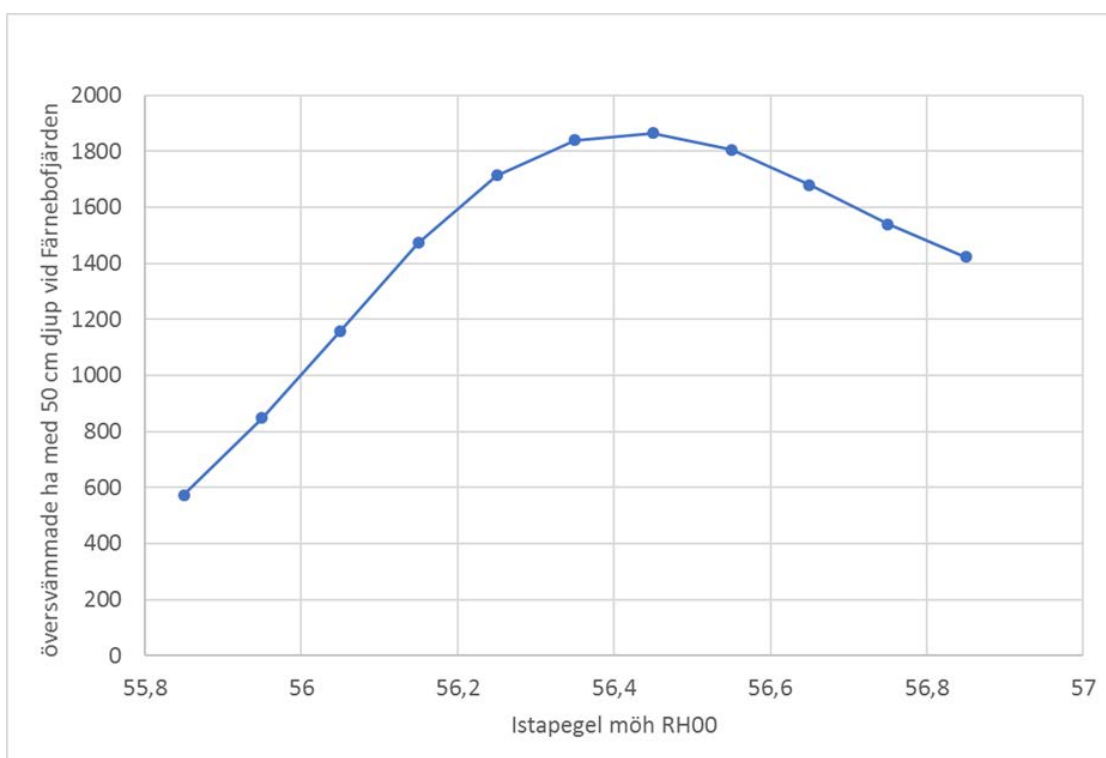
Översvämningssmyggor är som namnet anger särskilt anpassade för att trivas längs flackare stränder och älvängar med återkommande översvämningar och mellanliggande torrperioder. *Aedes sticticus* är den dominerande arten i nedre Dalälven. Dessa översvämningssmyggor utvecklas snabbt i stora mängder vid översvämning och hinner massföröka sig i flera generationer om återkommande översvämningar under maj till augusti.

Äggen kläcks inom ett dygn efter att de översvämmas. Temperaturen måste dock vara minst 8-10 grader för att äggen ska kläckas. Larverna behöver, beroende på vattentemperaturen, 8-14 dagar på sig för att utvecklas från ägg till mygg. Larverna trivs endast på grunt vatten eftersom de aktivt måste simma ner från ytan, där de hämtar luft, till den översvämmade vegetationen där de "betar" smådjur (infusorier). Larverna klarar sig inte på större djup än 0,5 meter – de trivs bäst på grundare vatten än 0,3 meter med mycket dött fjolårsgräs som gynnar infusorietillväxten. Näringsrikt vatten gynnar också tillväxten av larvernas mat. Myggorna lägger sina ägg i gräsmarker och där kan de överleva "torrt" i upp till 5-6 år, i väntan på nästa översvämning.

I nedre Dalälven börjar de flacka markerna kring älven succesivt att översvämmas när vattenflödet i Näs stiger över 400 m³. Myggsommaren 2000 var flödet högre än 400 m³ i Långhag (dvs högre upp i älven) under flera perioder; 25 april – 16 maj, 2 juni – 7 juni, 1 juli – 26 augusti och från 14 oktober långt in på nästa år. Det var således åtminstone 3 långvariga översvämningar under maj till augusti som är den produktiva perioden för översvämningssmyggor. Åren därefter har vår- och sommaröversvämningar med flöden över 400-450 m³ förekommit vart eller vart annat år vilket gynnat fortlevnaden av *Aedes sticticus* och andra arter översvämningssmyggor.

Hur kommer förutsättningarna för massutveckling av översvämningssmygg att förändras om det med några års mellanrum skapas våröversvämningar

med upp mot 800 m³/s i 25 dagar för att tillgodose översvämningssvängningen i områdets svämlövskogar? Eftersom larver av översvämningssmyggor förekommer främst inom grunda områden med mindre än 0,5 m vattendjup är det möjligt att beräkna den myggproduktiva vattenytan vid olika vattennivåer och vattenflöden. Beräkningar för Färnebofjärden visar att när vattenytan når en höjd av ca 56,4-56,5 möh i Ista (RH00) så uppnås den maximala ytan för produktion av översvämningssmyggornas larver (Figur XX). Det krävs ett vattenflöde på ungefär 800 m³/s för att ge översvämning med denna vattennivå, vilket innebär att det planerade ekologiska flödet kan innebära maximal produktionsyta för översvämningssmyggan *Aedes sticticus* vid Färnebofjärden.



Figur 43. Arealen översvämmad vattenyta med upp till 0,5 meter vattendjup i Färnebofjärden i förhållande till vattennivån vid Istapegeln. Maximal vattenyta uppnås när vattennivån är ca 56,4-56,5 möh, vilket uppnås då flödet är ca 800 m³/s från Näs kraftstation.

Mot bakgrund av de stora problem som är förknippade med massutvecklingen av *Aedes sticticus* är det viktigt att fördjupa analyserna av dessa konsekvenser inför beslut om ändrade regleringsrutiner. För att se om och i så fall hur tappningarna kan utformas så att mygglarvernas utveckling totalt sett inte gynnas – utan helst missgynnas. Se vidare kapitlet ”Hur går vi vidare” och avsnittet ”En adaptiv vattenhushållningsförvaltning”.

Jordbruk

Längs Dalälven finns stora arealer älvnära jordbruksmark, både betesmark och åkermark, som påverkas av älvens flödesdynamik med återkommande översvämningar.

Områden som påverkas

Det är för närvarande inte ovanligt att flöden på 800 m³/s sker under kortare perioder med några års mellanrum. Vissa marker längs älven svämmas då över eller blir svåra att dränera. Om översvänningsperioderna blir betydligt längre, som 25 dagar, kan älvens trånga sektioner bidra till att vattenytan stiger ytterligare i vissa områden, varvid ännu större arealer påverkas.

Det saknas kartmaterial och nivåmätningar för att identifiera mer i detalj vilka områden och arealer som översvämmas vid olika flödesnivåer. De kartor som tagits fram för 100-årsflöden (vilket dock är dubbelt så högt flöde som nu planerade 800 m³/s) visar att det framför allt är områdena kring Hovran och vissa partier längs älven från Torsång till Näs som översvämmas.

Färnebofjärden är det område där effekten på jordbruket är lättast att bedöma. Här är dock jordbruksarealen begränsad med tyngdpunkten vid Österfärnebo. Det är framför allt betesmarker längs Norrån och Västerån som helt eller delvis kommer att översvämmas.

Effekter för jordbruket

Vid översvämning av jordbruksmark, är det inte enbart den översvämmade arealen som påverkas. Åkermark som ligger upp till 1,15 meter högre än älvens vattenyta påverkas genom att dräneringen försämras, eftersom detta är normalt dräneringsdjup vid täckdikning. Detta gäller för växtodling, som är beroende av att marken torkar upp, men är mindre aktuellt för betesmark. Det kan i praktiken bli omöjligt att odla planerade grödor under de år då det blir långvariga översvämningar, varvid intäkterna uteblir.

Betet kan bli mindre smakligt efter en översvämning. Vattnet innehåller mineraljord och organisk substans som förstör smaken på betet. Varför djuren inte heller vill beta av marken senare under säsongen.

Översvämningar kan också leda till att brukningsvägarnas bärighet försämras och att det blir svårt med transporter till/från och inom enskilda lantbruksföretag. Detta är ett exempel på effekt på företagsnivå som kan drabba jordbruket. Ytterligare exempel är om en större del av gårdens areal påverkas så att man måste omstrukturera produktionen inom företaget.

Avvattningsföretag längs älven

Det finns ett 100-tal dikningsföretag för avvattning av jordbruksmark på den berörda sträckan längs älven. De är till för att skydda jordbruksmark och bevara markens produktionsförmåga och de är juridiskt bindande. För att de ska fungera förutsätts att vattenståndet i älven är tillräckligt lågt för att vattnet ska kunna avbördas dit.

Jordbrukarstöd

Jordbruksstöden är en betydelsefull intäkt för jordbruksföretagen. Stöden är förenade med regelverk som förutsätter normalt brukande under respektive årstid. Vid längre översvämningar kan följande stöd påverkas;

- Kompensationsbidraget för spannmål uteblir därför att det kräver att grödan odlas till minst axgång, vilket i praktiken blir omöjligt om marken är översvämmad eller dåligt upptorkad.
- Gårdsstöd och förgröningsstöd kan utebli för översvämmade arealer, eftersom det kräver aktiva skötselåtgärder varje år. Enligt jordbruksverkets instruktion, ska översvämmade marker inte tas med i ansökan om jordbrukarstöd.
- Miljöersättningsåtaganden blir nödvändiga att justera eller minska till sin omfattning. Miljöersättning för betesmark kan fungera, så länge inte all vegetation försvinner, vilket kan ske om marken blir översvämmad under lång tid.
- Att upphöra med att bruka mark i Natura 2000-områden, kan enligt reglerna för förgröningsstödet, leda till avdrag. Vilket bör kunna lösas genom justering av villkoren i Natura 2000-området, om syftet är att genomföra hållbara miljöåtgärder.

Lantbrukare ska anmäla förändringar i sina stödansökningar senast den 15 juni. Om ändringar görs därefter, innebär det ytterligare förluster eftersom man därefter bara kan dra tillbaks ansökan.

Fördjupade analyser

Det behövs noggrannare utredningar av vilka marker som kommer att påverkas och vilka effekter en förändrad regleringsregim kan få för lantbruket. Samt hur lantbruket kan kompenseras för minskade intäkter och ökade omkostnader.

Jordbruket behöver få en så tidig information som möjligt om planeringen inför tappningsförändringar dvs varje höst få information om det nästa vårvinter är aktuellt att pröva möjligheterna att genomföra åtgärden eller inte (vilket det kommer att vara de flesta år). De år beslutat fattats den 1 mars om förändrade tappningar för skapande av översvämningar ska brukarna längs älven omedelbart informeras, så att de kan planera vårbruket efter de nu förändrade förutsättningarna och vid behov revidera bidragsansökningar mm.

Diskussion och prioritering

I detta kapitel analyseras vilket eller vilka målscenarier som bör prioriteras i den fortsatta beredningen av ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälvens huvudflöde från sammanflödet av Väster- och Österdalälven till Älvkarleby.

Hydrologiska förutsättningar

Dalälvens vårflöden har naturligt varierat i omfattning mellan år - både beroende på snötillgången som bygger upp ett "fryst" vattenmagasin som utgör grunden för vårfloden samt vårens väder i form av temperatur och nederbörd som är avgörande för snösmältningsförloppet. Ytterligare en viktig faktor är hur "timingen" är mellan vårflödena från olika delområden och då inte minst om fjällfloden kommer samtidigt som vårfloden från övriga delområden. Vårflödestoppen i Långhag varierade under andra halvan av 1800-talet (dvs. före älvens årsreglering) från ca 400 m³/s år 1854 till över 2600 m³/s år 1860.

I denna studie har vi analyserat hur Dalälvens vattenflödesdynamik förändrats sedan mitten av 1800-talet fram till idag. Det är framför allt de långvariga höga flödena (t.ex. 800-1000m³/s under flera veckor) som blivit allt mer sällsynta sedan 1920-talet då älvens största sjöar började användas som årsregleringsmagasin. Se Figur 2. Analyserna indikerar samtidigt att frekvensen av dessa långa högflöden varierar naturligt med en viss periodicitet och att vi de senaste 10 - 20 åren sannolikt är inne i en period med låga vårflöden. Se Figur 6. De senaste årtiondena har klimatet förändrats så att snömängden i Dalälvens tillrinningsområde som helhet minskat. Vilket också bidrar till att minska förutsättningarna för stora vårflödesvolym. Se Figur 10 och Figur 7.

Klimatförändringarna orsakar samma typ av förändringar av Dalälvens vattenflödesdynamik som vattenkraftens årsreglering dvs. högre flöden under höst-vinter och svagare vårflöden. Dalälvens snömagasin har under de senaste 50 åren minskat sitt vatteninnehåll med nästan lika stor vattenmängd som Siljans årsregleringsvolym. Förutsättningarna för höga vårflöden bedöms minska än mer fram mot nästa sekel. Se kapitlet "Klimatförändringens effekter".

Energivärdet på Dalälvens vattenkraft ökar succesivt till följd av högre årsnederbörd och att en större del av tillrinningen sker under höst-vinter då elpriset är högt. Dagens årsregleringsmagasin är dimensionerade för att samla upp snösmältningens vatten och spara detta till nästa höst/vinter då efterfrågan på el är hög. Motsvarande funktion uppnås nu när allt mindre andel av höstens och vinterns nederbörd lagras i form av snö, utan direkt avrinner i form av regn under höst/vinter.

Prioritering av målnivå för ekologiskt anpassad årsreglering

De naturligt återkommande våröversvämningarna längs Dalälven har fram till 1920-talet skapat nuvarande zoner av olika naturtyper, beroende på hur ofta och länge respektive område översvämmades. I denna studie har vi tittat särskilt på de två Natura2000-naturtyperna älvängar och svämlövskog. Älvängar ligger nära älvens normalvattenyta och översvämmas redan vid flöden kring 450 m³/s medan svämlövskog, som ligger högre upp i svämplanet, översvämmas först vid högre flöden än 7-800 m³/s.

Huvuddelen av Dalälvens Natura2000-områden med dessa bägge naturtyper finns i nedre Dalälven. Och halva arealen inom Färnebofjärdens nationalpark som mot den bakgrunden är målområde för de analyser som genomförts av ekologiskt anpassad årsreglering.

Drygt hälften av Färnebofjärdens svämlövskog översvämmas när flödet överskrider 800-900 m³/s och nästan all svämlövskog när flödet är högre än 1250 m³/s i Näs. Det tyder på att flöden över 1250 m³/s, vilka naturligt förekommit med några års mellanrum, inte varit tillräckligt långvariga för att utveckla denna naturtyp "ovanför" dagens svämlövskogar. Ett flöde av 1250 m³/s i Näs motsvarar ungefär ett flöde av 1200 m³/s i Långhag. Under tidsperioden 1852-1930 överskreds flödesnivån 1200 m³/s vart tredje år i Långhag och då ofta i längre perioder på 10-25 dagar. Se bilaga 1.

En samlad bedömning indikerar att översvämningar behöver ha en varaktighet på ca 25 dagar för att ge ekologiska funktioner i svämlövskog.

I denna studie har ett målscenario för svämlövskogar på 800 m³/s under 25 dagar i Näs analyserats för att både belysa hur tappningarna behöver förändras för att uppnå denna flödesnivå och vilken påverkan det ger på framför allt elproduktionen. Notera att vid denna målnivå kommer endast halva arealen svämlövskog i Färnebofjärdens nationalpark att översvämmas. Övriga arealer svämlövskog kommer då på sikt att "torka ut" och riskerar att inte uppnå kriterierna för gynnsam bevarandestatus för denna naturtyp. Det är först vid flöden över 1250 m³/s i Näs som all svämlövskog översvämmas.

Analyser av vårflödena åren 1999, 2006, 2010 och 2015 visar att det med särskild hantering av Siljans reglering kompletterat med tappningar från Trängslet är möjligt att uppnå målscenario 800 m³/s i 25 dagar under särskilt gynnsamma "vårar". Beräkningarna visar dock att för dessa fyra år var det endast möjligt att uppnå målet 800 m³ i 25 dagar fullt ut år 2015. Övriga år blev varaktigheten kortare (eller flödet lägre). Denna ekologiskt anpassade årsreglering skulle dessa fyra typår ha minskat elproduktionen med 200-250 GWh/år. Påverkan på reglerkraften, från Trängslet och hela vägen ner till Älvkarleby, är tydlig. Reglerkraften blir i praktiken nära noll under viss del av året.

Mot bakgrund av att vårflödena den senaste 15-20 årsperioden generellt varit svagare än tidigare bedöms det möjligt att få bättre måluppfyllelse med mindre påverkan på elproduktion och reglerkraft under ”normala våtar”.

Noteras kan att vårflödestoppar på mellan 1000 - 1500 m³/s förekom frekvent i Långhag fram till år 2000. Åren därefter har flödet varit högre än 800 m³/s endast några få dagar år 2006, 2010 och 2015. MSB beräknade så kallade 100-årsflöde, vilket bland annat är styrande för samhällsplanering och dammsäkerhet ligger med dagens klimat på 1850 m³/s för Långhag.

Våröversvämningar med flöden på nivån 800 m³/s under 25 dagar i Dalälven kommer även att påverka andra samhällsintressen som dammsäkerhet, översvämningssrisker, jordbruk och översvämningssmygg. Det har inte ingått i denna studie att analysera påverkan på dessa områden och hur dessa frågor ska avvägas i förhållande till naturnyttan. Dessa frågor behöver analyseras mer ingående i den fortsatta beredningen och utvecklingen av denna åtgärd.

Risken för oplanerat höga flöden ökar när Siljan hålls på en hög nivå under våren de år då Västerdalälvens vårflod bedöms bli kraftig. Det förändrar förutsättningarna för beräkning av det så kallade 100-årsflödet, vilket är en central utgångspunkt för vägledning och normer för fysisk planering (lokalisering av bebyggelse och infrastruktur mm) respektive dammsäkerhet (dimensionering av utskov mm).

Långvariga våröversvämningar kommer också att försena vårbruket eller till och med omöjliggöra odling av planerade grödor vissa år på lågt liggande åkermark längs älven i bland annat Hovranområdet. Översvämningssmygg i nedre Dalälven riskerar att gynnas av dessa långa våröversvämningar.

Analyserna av målscenariot 800 m³/s i denna rapport har även innefattat beräkningar av vilken alternativ målnivå som kan uppnås utan extra tappningar från Trängslet. Beräkningarna visar att den tillgängliga vattenvolymen, under de fyra analyserade åren, endast räcker för att upprätthålla ett flöde av 800 m³/s under en tiodagarsperiod alternativt 650 m³/s under 25 dagar. Elproduktionen skulle då endast minska med ca 50 GWh under genomförandeåren och påverkan på reglerkraften är betydligt mindre i förhållande till om det behövs tappningar från Trängslet.

Men de ekologiska effekterna av detta tappningsalternativ blir otillräckliga med antingen för lågt flöde eller för kort varaktighet. Det är inte meningsfullt att genomföra åtgärder som ger svag miljönytta, bara för att de är mindre kostsamma i förhållande till andra alternativ.

Beroende på hur klimatpåverkan förändrar vårflödesvolymerna bör det vara möjligt att genomföra målet 800 m³/s i Näs under 25 dagar med en minskad elproduktion på 150-200 GWh under de gynnsamma ”våtar” åtgärden genomförs. Påverkan på reglerkraften blir samtidigt tydlig. Hur mycket reglernyttan minskar har dock inte kvantifierats i denna rapport. Om denna

nivå av ekologiskt anpassad årsreglering genomförs två eller tre gånger per årtionde ger det en minskad elproduktion på i genomsnitt 35 – 50 GWh/år.

Hållbar vattenkraft i Dalälven syftar till att prioritera de miljöåtgärder som ger störst miljönytta i förhållande till energipåverkan i form av årlig elproduktion och reglernytta. Under arbetet med denna rapport har det framkommit att det finns behov av att identifiera och analysera ytterligare en eller flera alternativa målnivåer för Färnebofjärden med andra flödesnivåer (till exempel 740 eller 770 m³/s) - i förhållande till det här beräknade scenariot på 800 m³/s i 25 dagar.

Fokus för dessa kompletterande analyser behöver då vara att klarlägga hur stora arealer svämlövskog som översvämmas vid alternativa flöden i Näs (t.ex. 740, 770 och 800 m³/s i 25 dagar. Då blir det även möjligt att beräkna åtgärdskostnaden i form av mått som till exempel minskad elproduktion per hektar svämlövskog - för dessa alternativa tappningar i Näs (och indirekt reglering av Siljan m. fl. magasin).

Följande faktorer behöver beaktas vid värdering av naturvårdsnyttan med alternativa målscenarier;

- Vattenflödet som påverkar hur högt upp vattnet stiger dvs hur stora arealer, av olika naturtyper, som översvämmas. Flödesnivån avgör således hur stor andel av de prioriterade naturtyperna som långsiktigt kommer att få den översvämningsdynamik som gör att de har gynnsamt bevarandetillstånd. Vilket ger en tydligare gräns för vilka arealer som gynnas av åtgärden.
- Översvämningarnas varaktighet som avgör om en viss översvämning initierar de ekologiska processer med artsuccessioner som är själva syftet. Av denna rapport framgår att det behövs mer än 20 dagar, sannolikt ca 25 dagar, för att uppnå dessa funktioner. För kort översvämningstid riskerar att ge marginell naturvårdsnytta.
- Frekvensen av översvämningar som samverkar med varaktigheten och på lång sikt stärker naturtypernas ekologiska funktion. Vi känner till den historiska frekvensen men bedömningen av de naturvetenskapliga behoven är osäkrare. Det är samtidigt oklart hur klimatförändringar påverkar de hydrologiska förutsättningarna och därmed hur ofta det är möjligt att i framtiden genomföra ekologiskt anpassad årsreglering, med skäligen energipåverkan.

I denna studie har också ett målscenario för älvängar på 450 m³/s under 60 dagar analyserats. Före älvens årsreglering var flödet högre än 450 m³/s i långa perioder på 6 – 8 veckor nästan varje vår-försommar. Detta mål har i analyserna kombinerats med målet på 800 m³/s för svämlövskog så att det samlade målet för älvängar blir 800 m³/s i 25 dagar + 450 m³/s i ytterligare 35 dagar.

Beräkningarna visar att om tappningarna anpassas för att nå målnivån 800 m³/s i 25 dagar kommer flödet att överstiga 450 m³/s under ytterligare upp

mot två veckor före/efter dessa tillfällen på grund av älvens flödesdämpning. Dvs. måluppfyllelsen kommer dessa år att bli förhållandevis god, men dessa högvattenperioder återkommer betydligt mer sällan i jämförelse med de naturliga oreglerade förhållandena.

Sammanfattningsvis prioriteras inte något specifikt vattenflödesmål för naturtypen älvängar eftersom flödesnivån 450 m³/s uppnås redan idag under 30-40 dagar under vattenrika år. Jfr Figur 22. Älvängar är dessutom ofta beroende av flera samverkande faktorer som översvämning, slätter och bete för att bibehålla en gynnsam bevarandestatus.

Mot ovanstående bakgrund föreslås följande utgångspunkter för fortsatta analyser och beredning av ekologiskt anpassad årsreglering av Dalälven:

- Målnaturtyp är svämlövskog längs hela Dalälven från Torsång till Älvkarleby.
- Färnebofjärdens svämlövskogar utgör primärt målområde för att ta fram målscenario för anpassning av Dalälvens årsflödedynamik nedströms Siljan.
- Målscenariot 800 m³/s under 25 dagar i Näs under tidsperioden 15 april – 30 juni kompletteras med analyser av alternativa målscenarier med lägre flödesvolym.
- Miljönyttan i form av arealen svämlövskog som ges möjlighet att upprätthålla gynnsamt bevarandetillstånd och energipåverkan i form av minskad elproduktion (GWh/år) och minskad reglerförmåga beräknas för de olika målscenarierna.
- Val av målscenario beslutas i samband med den samlade avvägningen mellan olika åtgärdstyper och prioritering av objekt i åtgärdsplanen för Hållbar vattenkraft i Dalälven.

Det är viktigt att i den samlade prioriteringen av miljöåtgärder för Dalälven komma ihåg att de nu genomförda beräkningarna av minskad elproduktion och reglerkraft för ekologiskt anpassad årsreglering inkluderar spill vid flöden över utbyggnadsvattenföring vid alla kraftverk. Vilket således även inkluderar erforderligt vattenflöde och dess energipåverkan för miljöanpassade flöden i de bägge kvillområdena Båtfors och Bredforsen.

Ompröva tillstånd och vattenhushållningsbestämmelser

Dalälvens vattenregleringsföretag och kraftverksägare har idag tillstånd att reglera Dalälven inom vissa fastställda gränser för att producera elenergi. Ramarna för vattenregleringen dvs vilka vattennivåer och vattenflöden tappningarna måste hållas inom kallas vattenhushållningsbestämmelser. Dessa bestämmelser har också utgjort underlag för skadereglering.

Ekologiskt anpassad vattenreglering innebär att regleringarna av de större magasinen under vissa år behöver utföras med delvis annat syfte och ibland

på ett helt annat sätt. Sannolikt behövs en samlad omprövning av de större kraftverkens/magasinens vattenhushållningsbestämmelser även om de beräkningar som genomförts pekar på att de tappningsförändringar som behöver ändras framför allt kommer i konflikt med Siljans högsta regleringsgräns.

Omprövning av en hel älvs vattenregleringsstrategi med alla effekter det riskerar att orsaka för olika samhällsintressen är en komplicerad process som behöver föregås av fördjupade analyser. I det skedet ska en samlad MKB (miljökonsekvensbeskrivning) utarbetas som belyser påverkan på alla andra intressen, som endast översiktligt beskrivits i denna rapport.

Mark och miljödomstolen beslutar om vattenhushållningsbestämmelser. Eftersom dessa bestämmelser påverkar så många intressen är de ofta förhållandevis detaljerade och reglerar hur tappningar ska genomföras vid specifika datum, vattennivåer eller förhållanden i övrigt. I vissa fall kan dock beslut om detaljutformning delegeras till tillsynsmyndigheten. Exempelvis för att fördela ett av domstolen beslutat vattenflöde i en fiskväg under året för att få en så optimal fiskvandring som möjligt.

Utformning av vattenhushållningsbestämmelser för den form av ekologiskt anpassad årsreglering som beskrivs i denna rapport behöver utvecklas vad gäller bland annat villkorsformuleringar i tillstånd, tillämpning och tillsynsmyndighetens roll. De juridiska aspekterna behöver klarläggas vad gäller ansvar för eventuella skador vid genomförande av en ekologiskt anpassad årsreglering.

Beslutsfunktionen är en central fråga - dvs. att fastställa vem/vilka och hur beslut ska fattas om det faktiska genomförandet av en ekologiskt anpassad årsreglering de år förutsättningarna är gynnsamma.

Hur går vi vidare?

I detta avsnitt redovisas en övergripande strategi för att dels vidareutveckla kunskaperna om hur ekologisk anpassad årsreglering kan utformas och genomföras dels ta fram underlag inför ett eventuellt beslut om genomförande i framtiden.

Etablera en adaptiv vattenhushållningsförvaltning

För att det ska vara möjligt att vissa år genomföra en ekologiskt anpassad årsreglering med den typen av målscenarier som skissats i denna rapport behövs både en beredningsfunktion som varje vinter/vår analyserar de hydrologiska förutsättningarna och en beslutsfunktion som fattar beslut om ett eventuellt genomförande. Dessa bägge frågor behöver utvecklas innan ett slutgiltigt ställningstagande fattas om ett genomförande.

Ett lämpligt sätt att öka kunskapen om hur en ekologiskt anpassad reglering kan genomföras är att under några år utprova denna nya regleringsstrategi parallellt med varje års vanliga vårflödesregleringen. Det kan ske genom att en arbetsgrupp inför och under vårflödena ”torrsimmar” genom att testa och vidareutvecklar beslutsunderlag samt ta fiktiv ställning till om förutsättningarna ”i vår är de rätta”. Samt på hösten utvärdera både beslutsunderlag och resultat.

När arbetsgruppen fattat ett fiktivt ”beslut” om att i år genomföra en alternativ reglering av Dalälven kan en sådan reglering simuleras parallellt i en modell. Verkliga startnivåer läggs in och planeringen görs med verkliga prognoser på tillrinning och uppdateras med verkligt utfall. Gruppen bör finjustera modellens tappning minst en gång i veckan under perioden fram till vårfloden och efter behov under själva vårfloden. Till gruppen knyts Nedre Dalälvens intresseförenings kompetens om översvåmningsmygg.

I ett framtida genomförandeskede är det lämpligt att lyfta det skarpa beslutet om genomförande ”i år eller inte” till det förvaltningsråd som planeras för Dalälven för den samlade åtgärdsplanens genomförande. Denna grupp behöver då ha ett möte inlagt varje år i månadsskiftet februari/mars.

Ett sådant arbetssätt ger kunskap om vilka problemställningar som måste lösas före, efter och under vårfloden – som till exempel hur vårfloden ska värderas, hur tappningsbeslut påverkar elproduktion och vattennivåer samt hur risker för oönskat höga flöden ska värderas och hanteras. Från det att simuleringen startas kommer den verkliga regleringen och regleringar i modellen inte ha något samband fysiskt. Arbetssättet möjliggör även alternativa strategier under samma år eftersom flera simuleringar kan köras samtidigt med mycket lite merarbete.

Arbetet bidrar också till ökad kunskap om i vilken utsträckning nuvarande vattenhushållningsbestämmelser behöver överskridas i jämförelse med den

verkliga regleringen. Och därmed ge ett underlag för eventuella framtida omprövningar.

Ett första steg är lämpligen att inom ramen för de åtgärder som prioriteras inom Hållbar vattenkraft i Dalälven kvantifiera denna åtgärds preliminära omfattning i form av minskad elproduktion per år - för att möjliggöra jämförelser med andra åtgärder. Och samtidigt beräkna hur stor spillvattenvolym det motsvarar i genomsnitt per år. Då blir det möjligt att år efter år, när åtgärden inte genomförs, bygga upp en fiktiv vattenvolymsfond som därefter kan "användas" för att genomföra ekologiskt anpassad årsreglering de år förhållandena är de rätta - t.ex. i genomsnitt två eller tre gånger per årtionde. Åtgärden bör då också kunna beräknas ekonomiskt och lyftas in i årsbokslut/balansräkning.

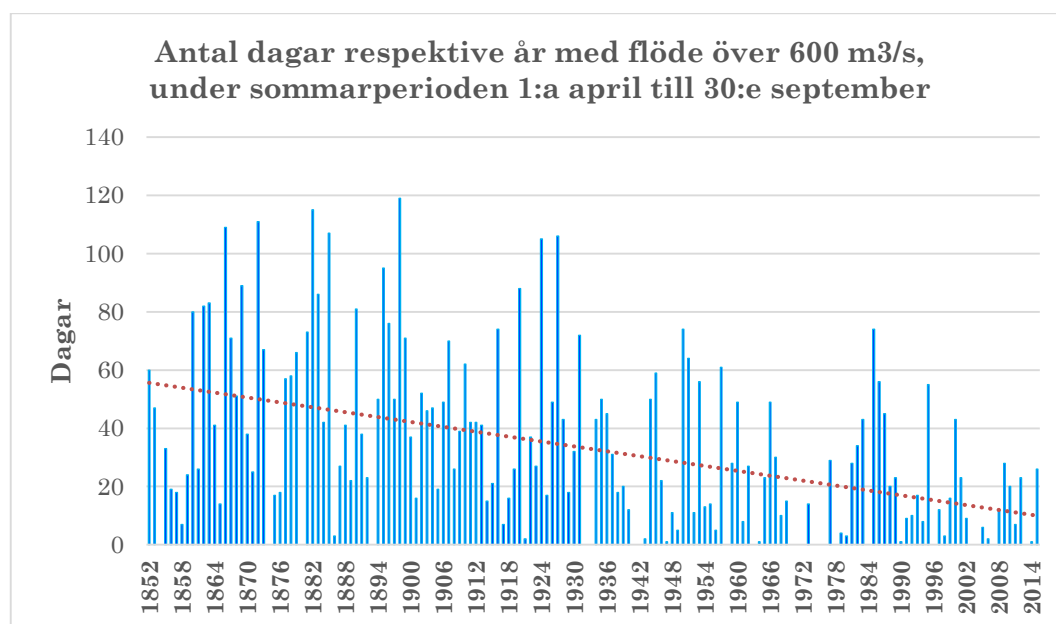
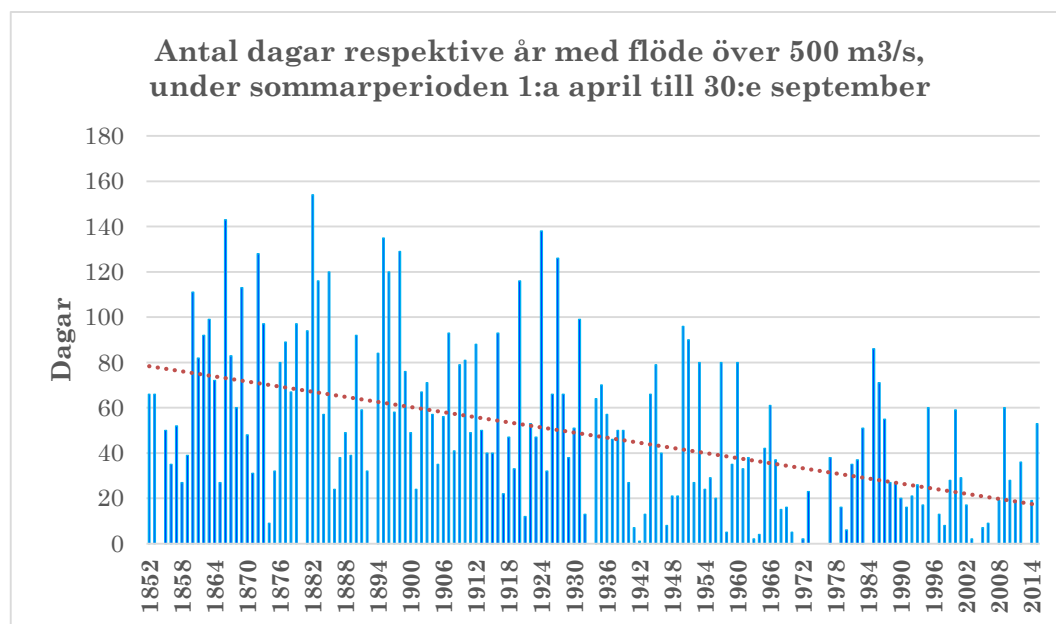
Samtidigt möjliggör ett sådant arbetssätt en adaptiv anpassning av åtgärderna så att de i ett längre tidsperspektiv kan varieras för att stärka vårflöden med alternativ nivå och längd – för att uppnå så stor ekologisk funktion som möjligt inom den givna kostnadsramen dvs. "vattenfonden".

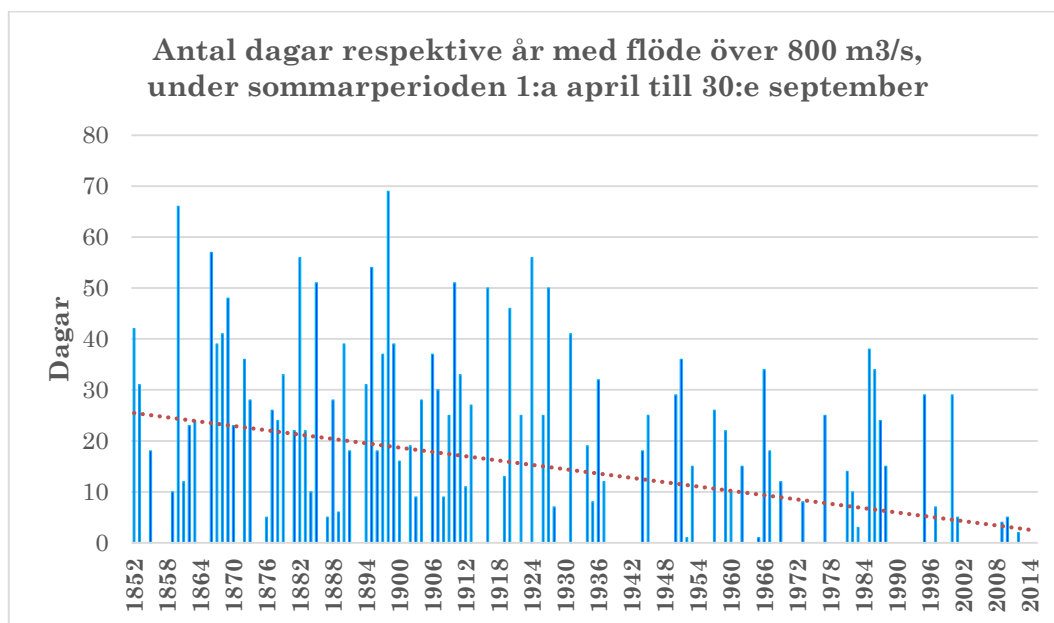
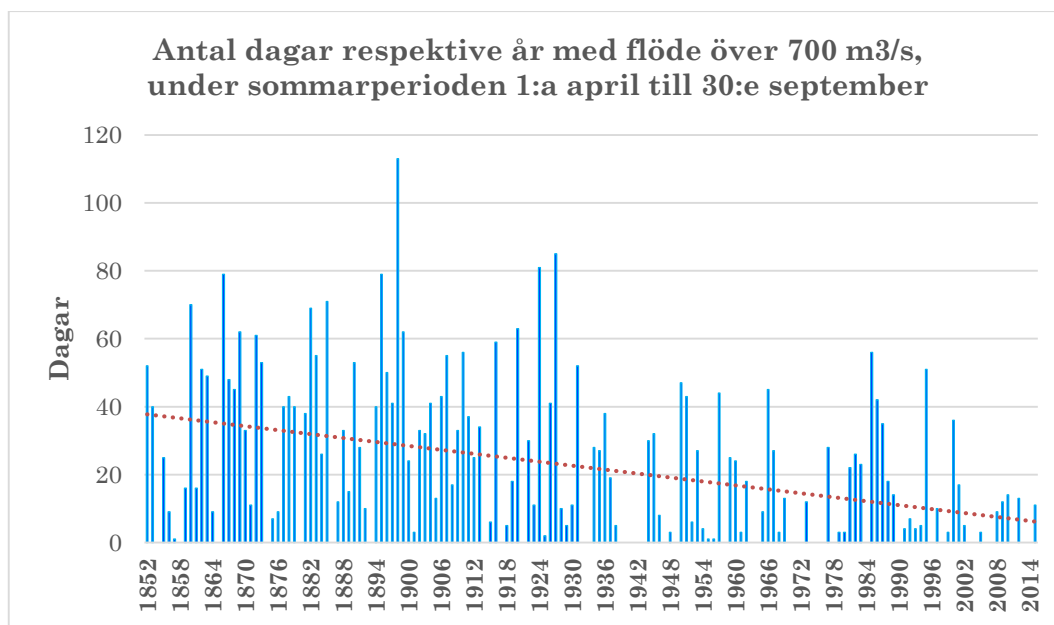
Det är en öppen fråga hur många år en arbetsgrupp behöver arbeta för att en tillräcklig variation av vårflöden ska inträffa så att gruppen får en bra grund för vidare rekommendationer. Men åtminstone 5 år, med start våren 2018, är en lämplig planeringshorisont. Både arbetsgrupp och förvaltningsråd bör redan initialt sammansättas med de funktioner och personer som ska ta dessa beslut i ett framtida skarpt genomförandeskede.

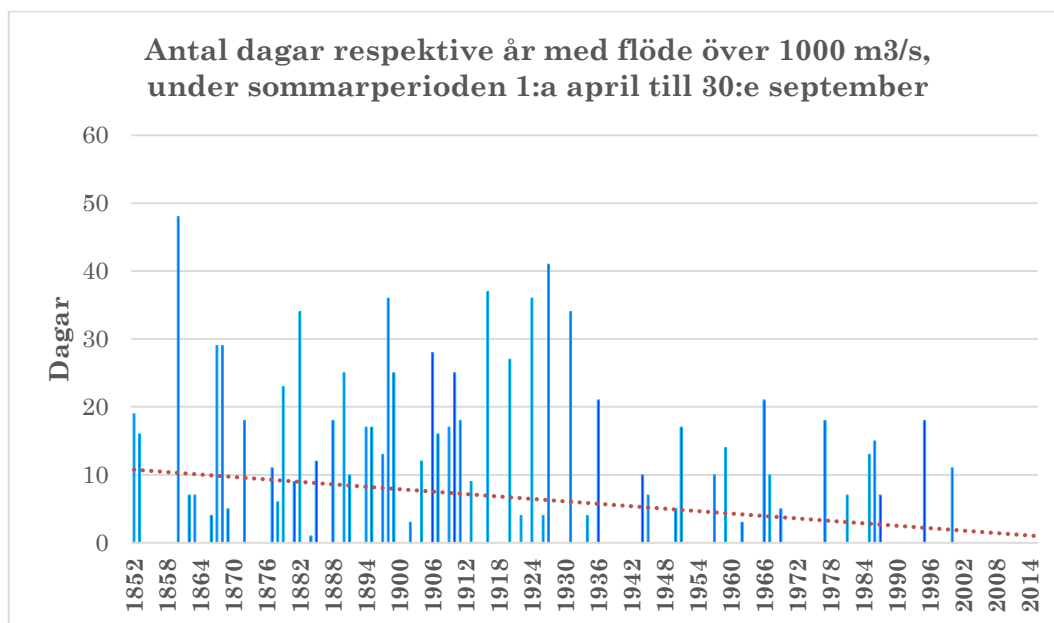
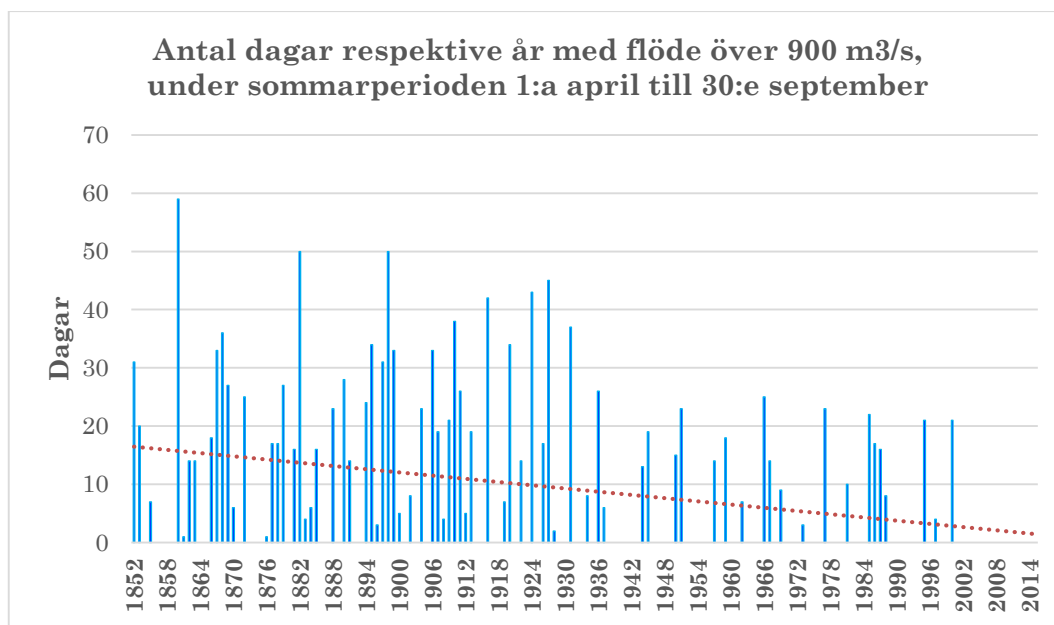
Bilagor

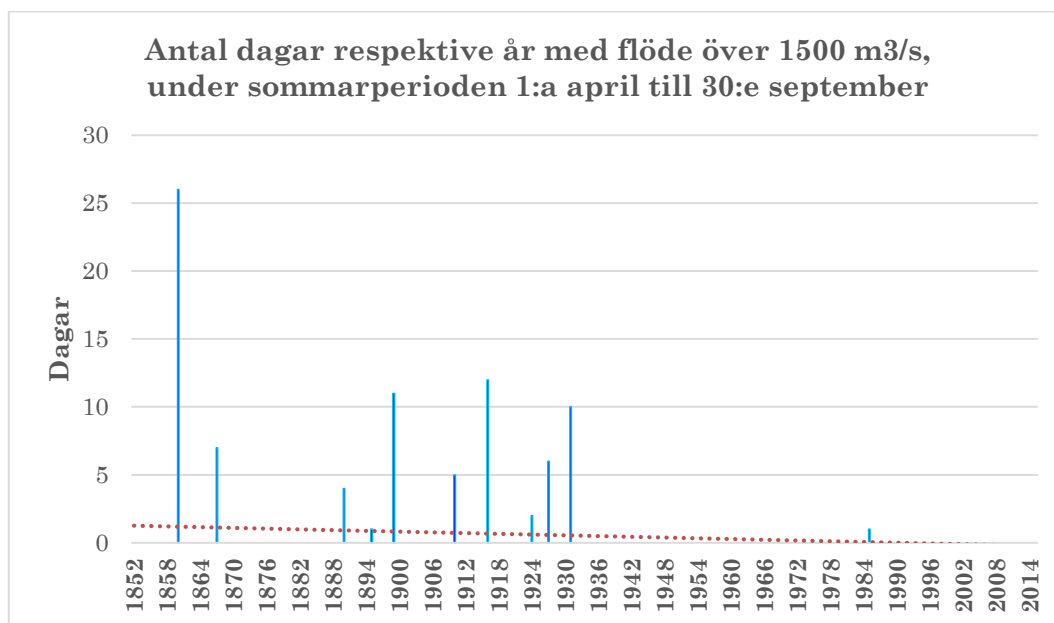
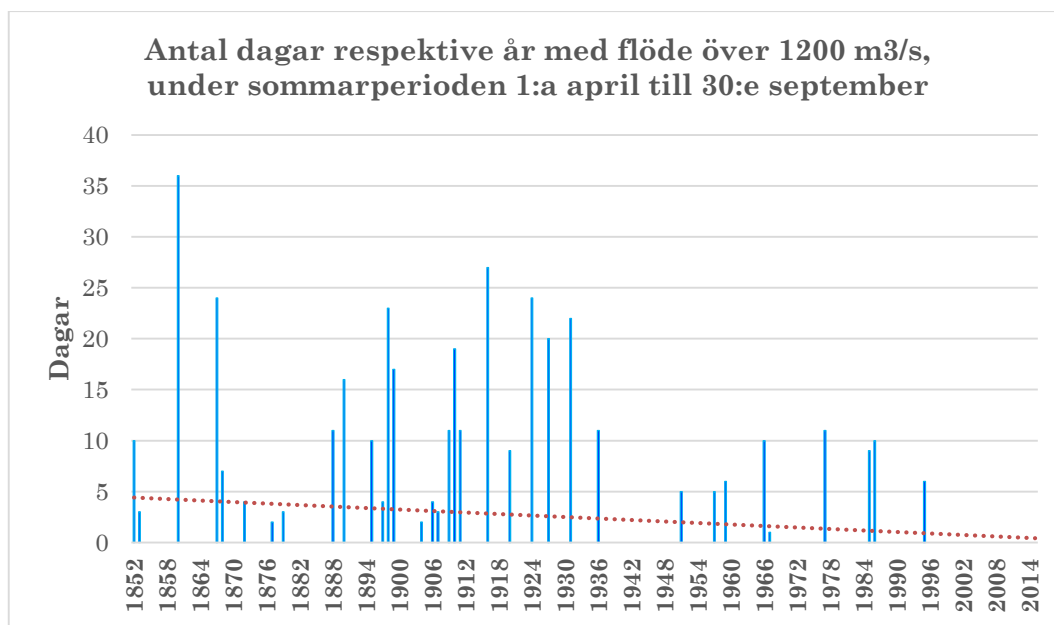
Bilaga 1 Varaktighet av olika flöden i Långhag 1852-2015

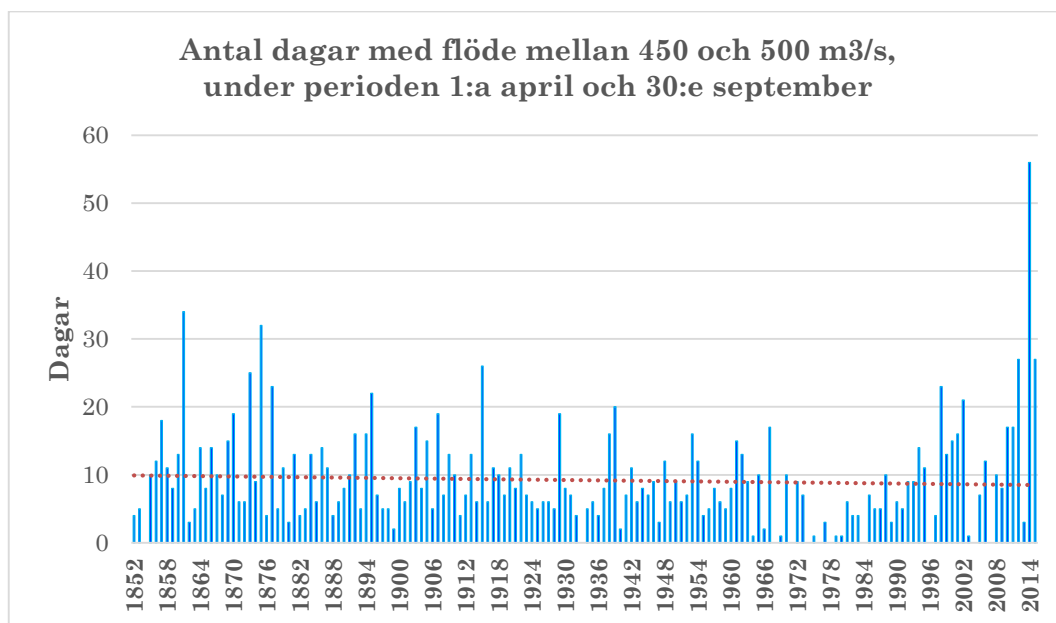
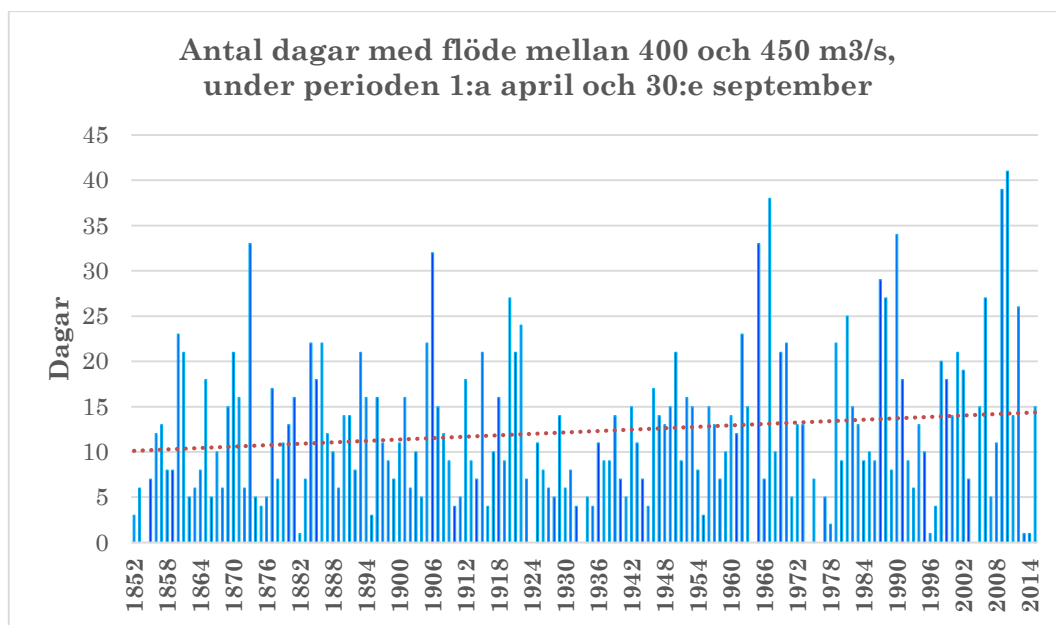
Figurerna i bilaga 1 visar det totala antalet dagar som flödet översteg eller låg mellan angivna vattenflödesnivåer under sommarhalvåret, dvs tidsperioden 1 april – 30 september. Röd prickad linje är en linjär trendlinje.











Långhag 1852-2015: Antal dagar resp. år med vattenflöde över 800 m3/s

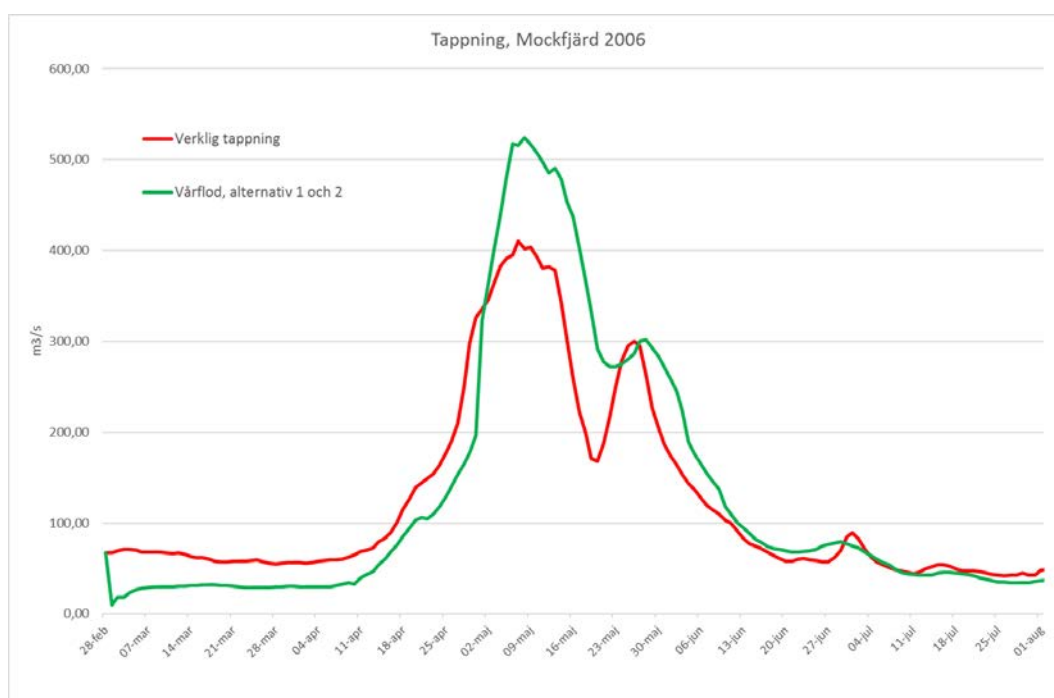
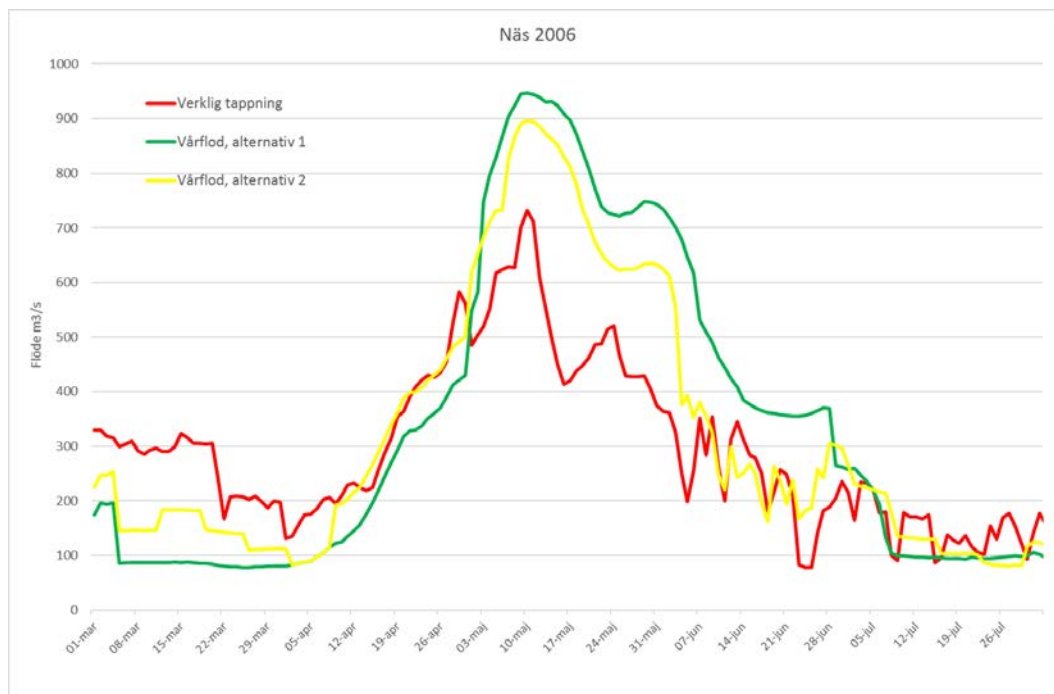
År	Hela året	1 april-30 sept.	1 okt.-31 mars
1852	42	42	0
1853	31	31	0
1854	0	0	0
1855	18	18	0
1856	0	0	0
1857	0	0	0
1858	0	0	0
1859	10	10	0
1860	75	66	9
1861	12	12	0
1862	23	23	0
1863	24	24	0
1864	0	0	0
1865	0	0	0
1866	60	57	3
1867	39	39	0
1868	41	41	0
1869	48	48	0
1870	23	23	0
1871	0	0	0
1872	66	36	30
1873	28	28	0
1874	0	0	0
1875	0	0	0
1876	5	5	0
1877	26	26	0
1878	24	24	0
1879	33	33	0
1880	0	0	0
1881	22	22	0
1882	56	56	0
1883	22	22	0
1884	10	10	0
1885	65	51	14
1886	0	0	0
1887	5	5	0
1888	28	28	0
1889	6	6	0
1890	39	39	0
1891	18	18	0
1892	0	0	0
1893	12	0	12
1894	31	31	0

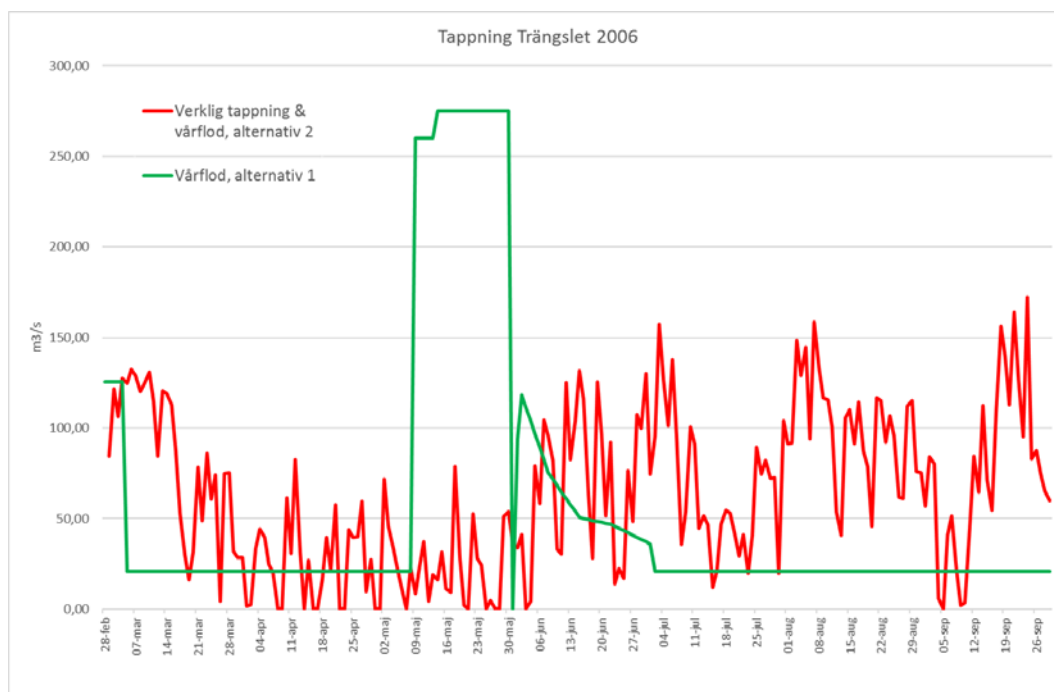
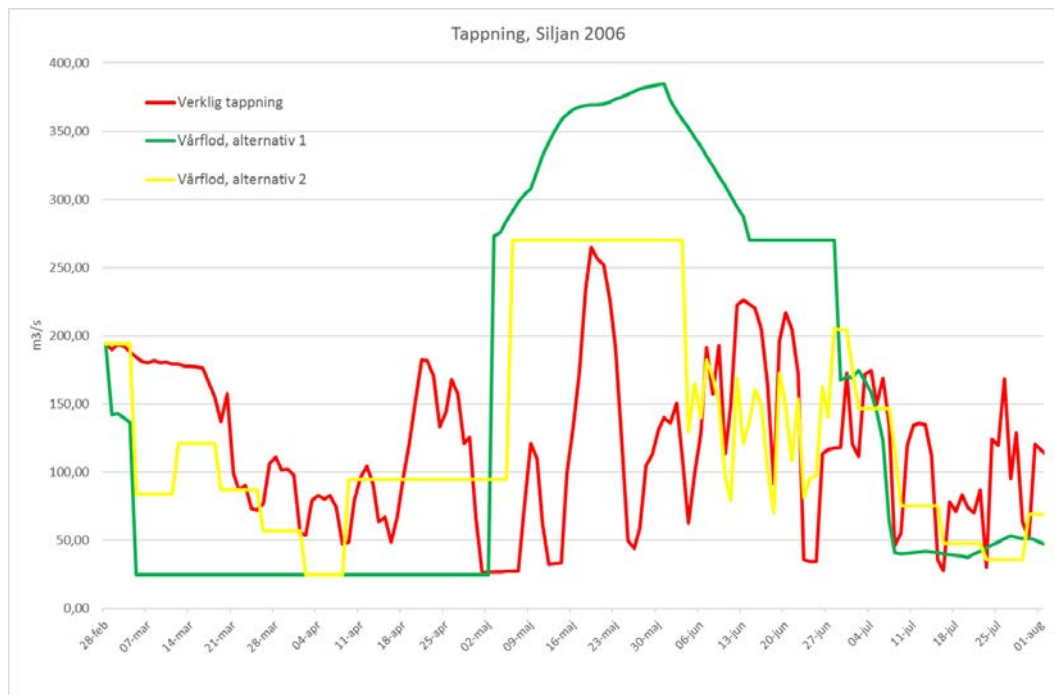
1895	54	54	0
1896	18	18	0
År	Hela året	1 april-30 sept.	1 okt.-31 mars
1897	37	37	0
1898	69	69	0
1899	39	39	0
1900	16	16	0
1901	0	0	0
1902	19	19	0
1903	9	9	0
1904	28	28	0
1905	0	0	0
1906	37	37	0
1907	30	30	0
1908	9	9	0
1909	33	25	8
1910	51	51	0
1911	33	33	0
1912	11	11	0
1913	27	27	0
1914	0	0	0
1915	0	0	0
1916	50	50	0
1917	0	0	0
1918	0	0	0
1919	13	13	0
1920	46	46	0
1921	0	0	0
1922	25	25	0
1923	0	0	0
1924	56	56	0
1925	0	0	0
1926	25	25	0
1927	61	50	11
1928	7	7	0
1929	4	0	4
1930	0	0	0
1931	41	41	0
1932	0	0	0
1933	0	0	0
1934	19	19	0
1935	26	8	18
1936	32	32	0
1937	12	12	0
1938	5	0	5
1939	0	0	0
1940	0	0	0
1941	0	0	0
1942	0	0	0
1943	0	0	0
1944	18	18	0
1945	25	25	0

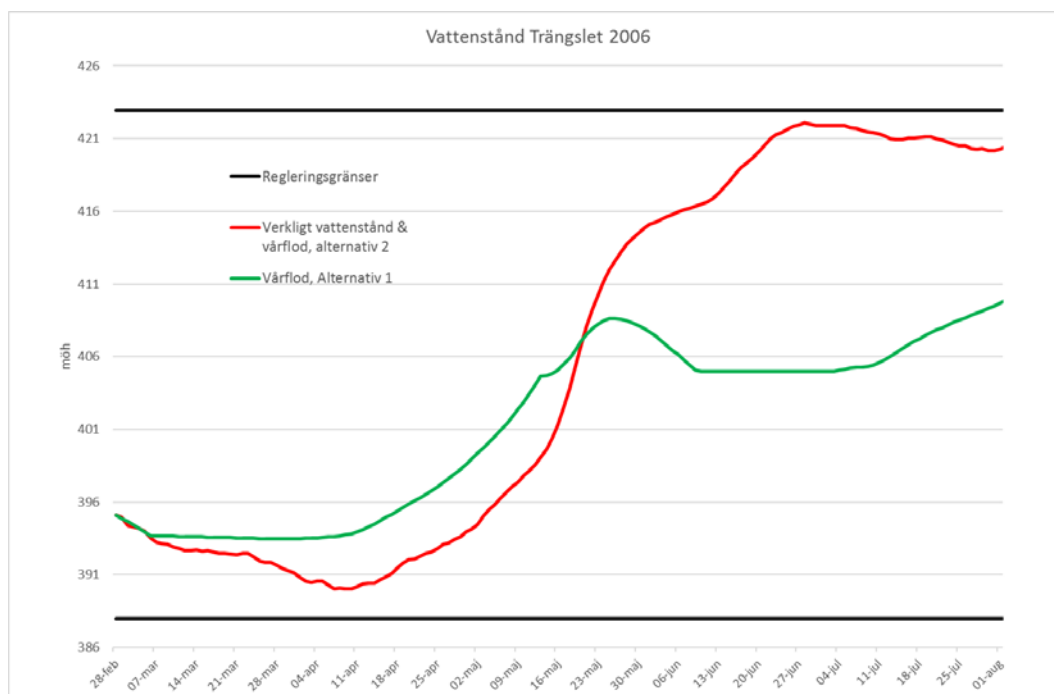
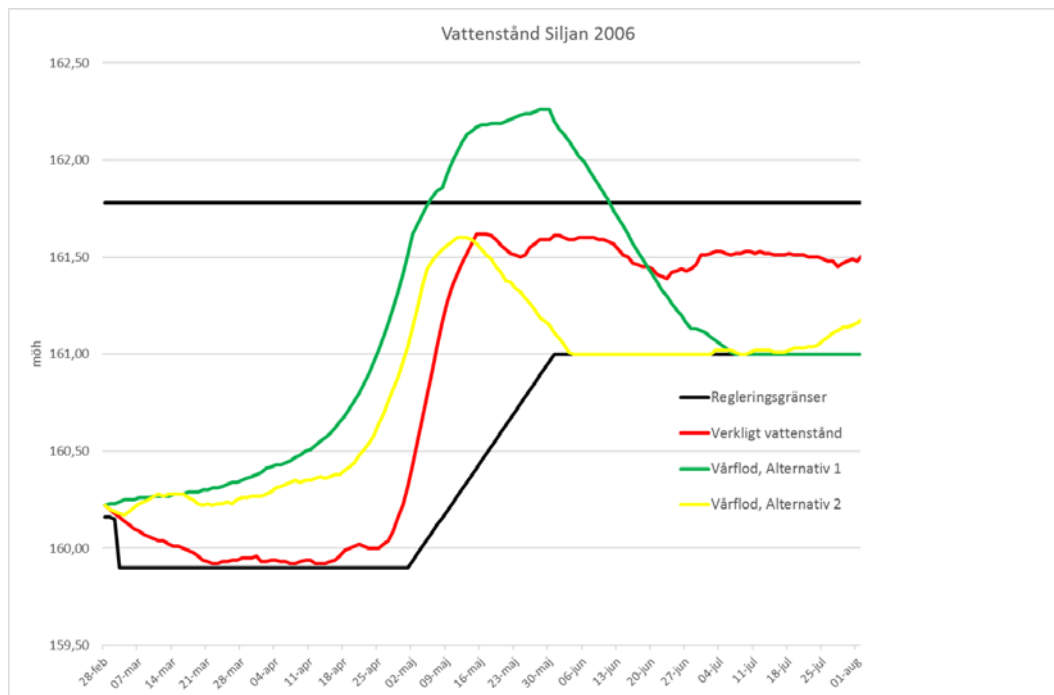
1946	0	0	0
1947	0	0	0
År	Hela året	1 april-30 sept.	1 okt.-31 mars
1948	0	0	0
1949	0	0	0
1950	29	29	0
1951	36	36	0
1952	1	1	0
1953	15	15	0
1954	0	0	0
1955	0	0	0
1956	0	0	0
1957	26	26	0
1958	0	0	0
1959	22	22	0
1960	10	10	0
1961	2	0	2
1962	15	15	0
1963	0	0	0
1964	5	0	5
1965	1	1	0
1966	34	34	0
1967	18	18	0
1968	0	0	0
1969	12	12	0
1970	0	0	0
1971	0	0	0
1972	0	0	0
1973	8	8	0
1974	0	0	0
1975	0	0	0
1976	0	0	0
1977	25	25	0
1978	0	0	0
1979	0	0	0
1980	0	0	0
1981	14	14	0
1982	10	10	0
1983	3	3	0
1984	25	0	25
1985	38	38	0
1986	34	34	0
1987	32	24	8
1988	15	15	0
1989	0	0	0
1990	0	0	0
1991	0	0	0
1992	0	0	0
1993	0	0	0
1994	0	0	0
1995	29	29	0
1996	0	0	0

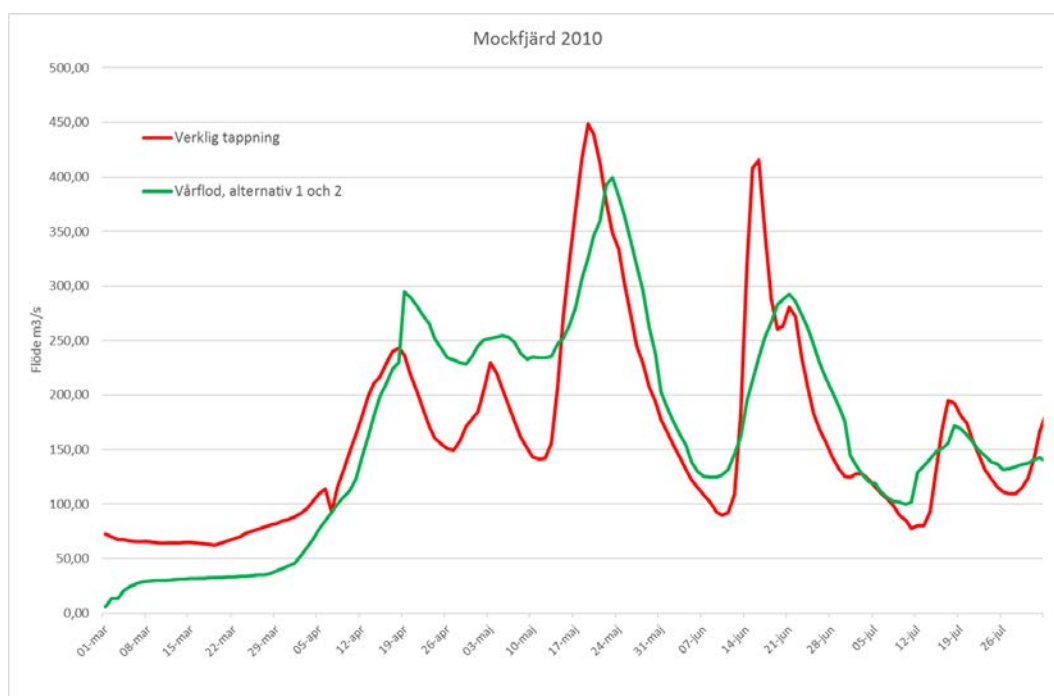
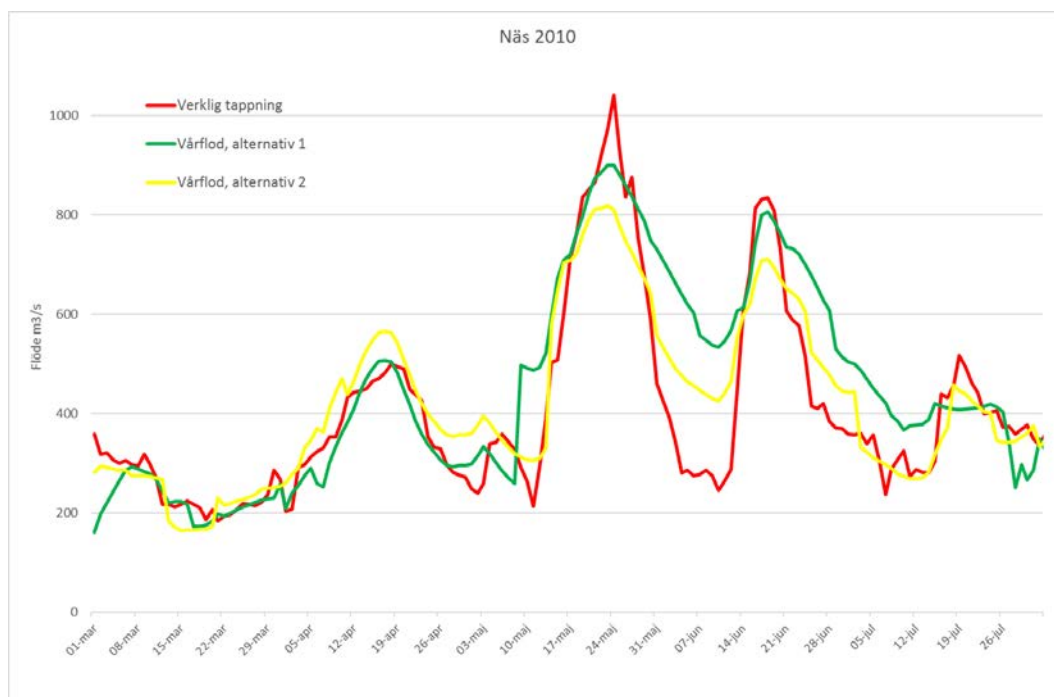
1997	7	7	0
1998	4	0	4
År	Hela året	1 april-30 sept.	1 okt.-31 mars
1999	0	0	0
2000	81	29	52
2001	5	5	0
2002	0	0	0
2003	0	0	0
2004	0	0	0
2005	0	0	0
2006	15	0	15
2007	0	0	0
2008	0	0	0
2009	4	4	0
2010	5	5	0
2011	0	0	0
2012	2	2	0
2013	0	0	0
2014	6	0	6
2015	0	0	0

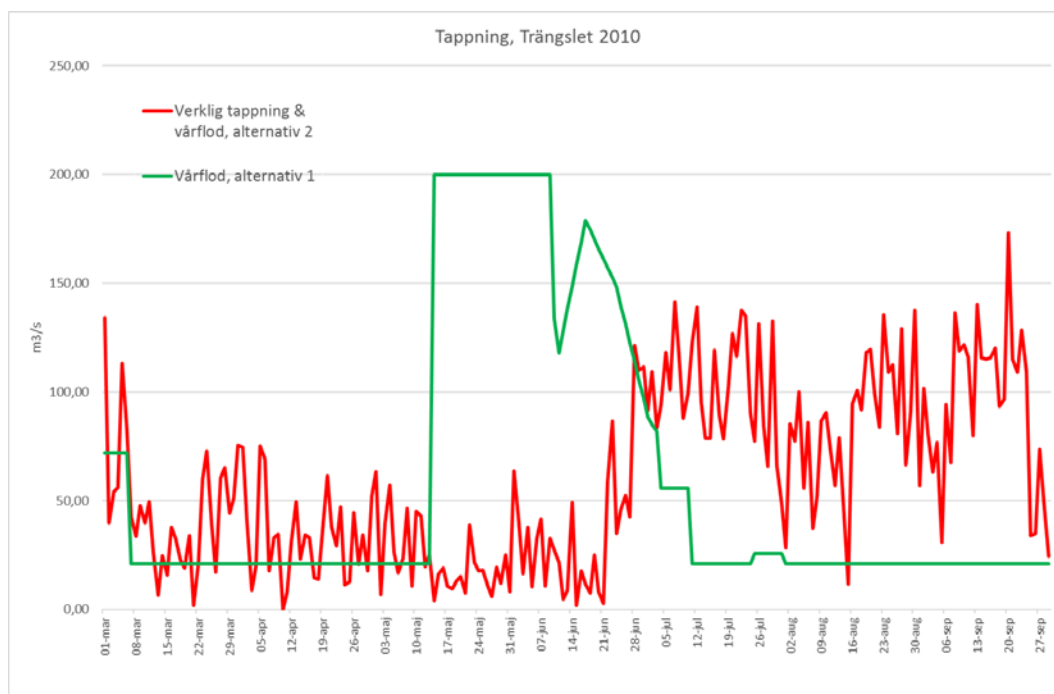
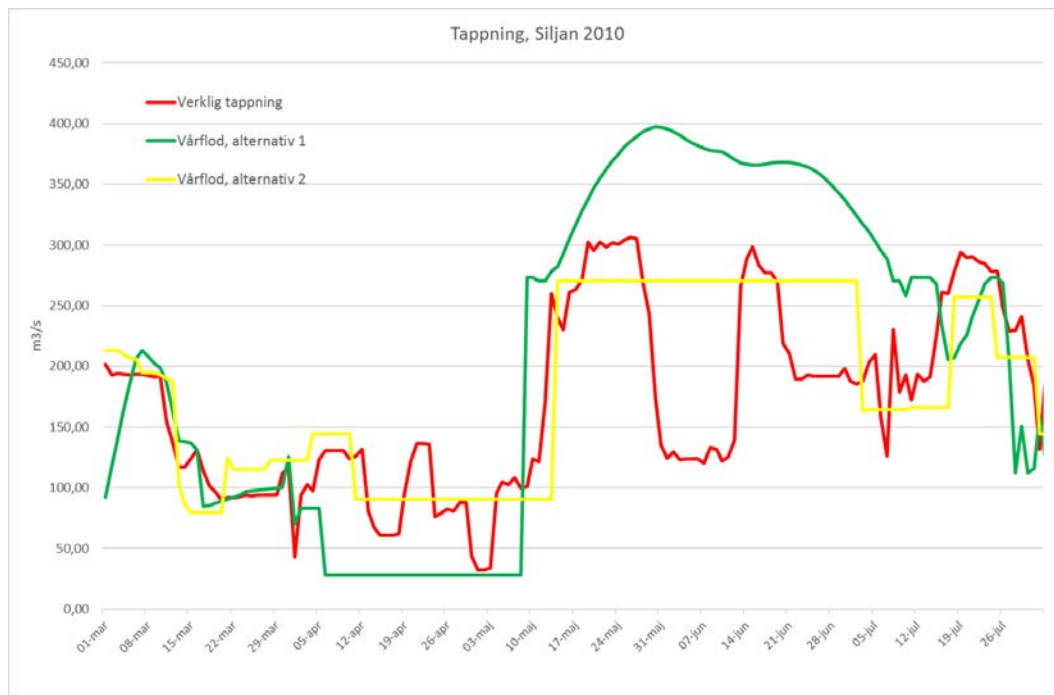
Bilaga 2 Vattenregleringsföretaget - diagram med tappningar och magasinssnivåer

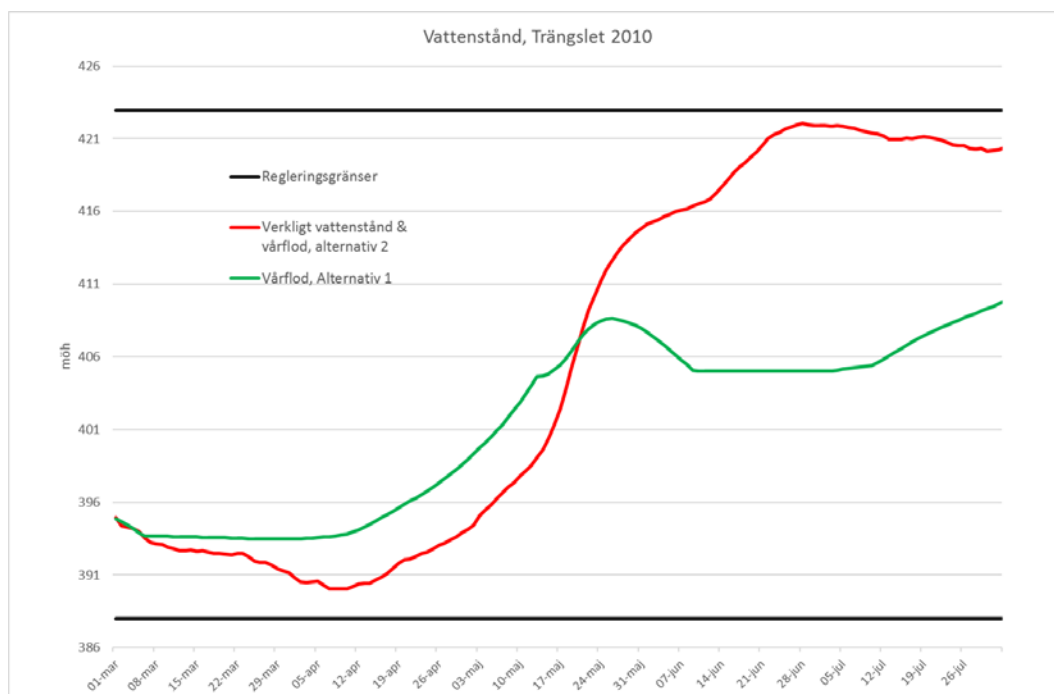
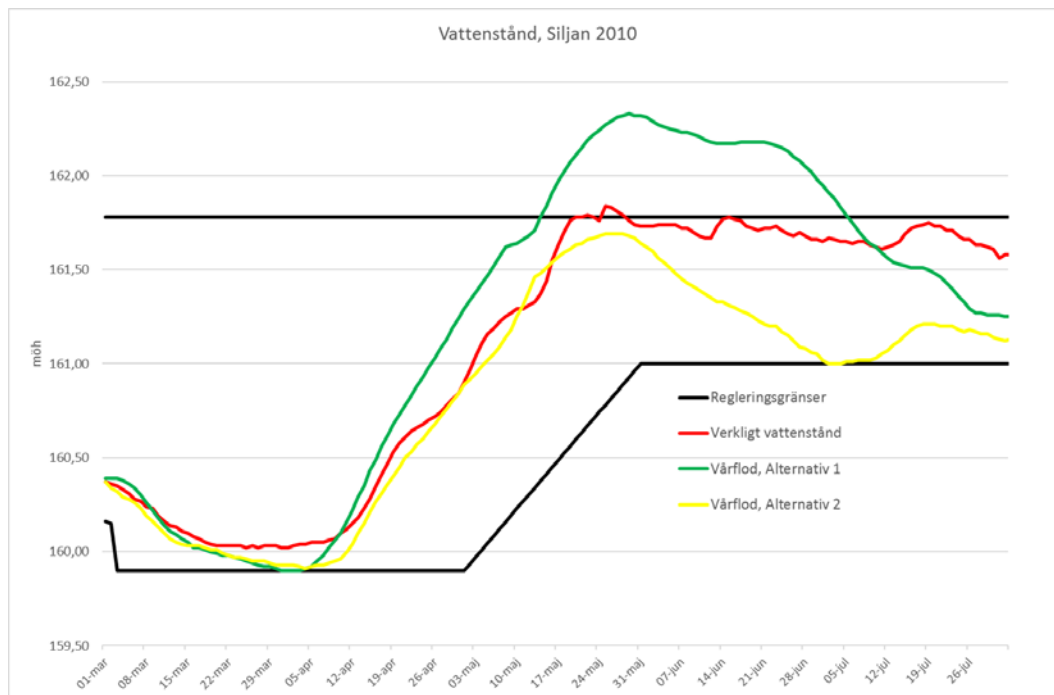


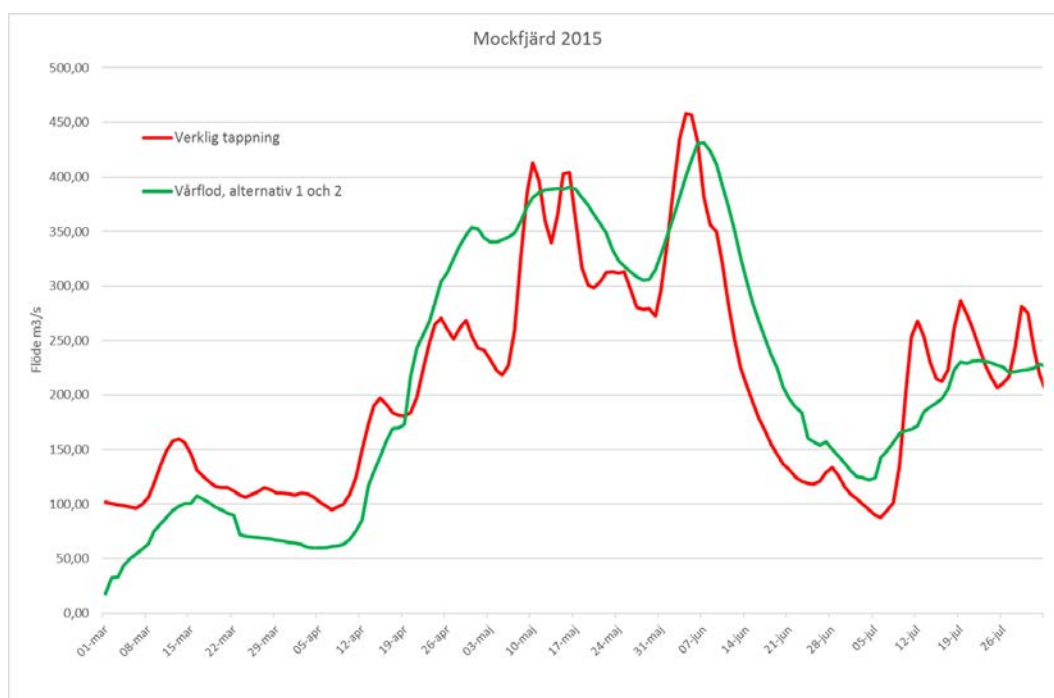
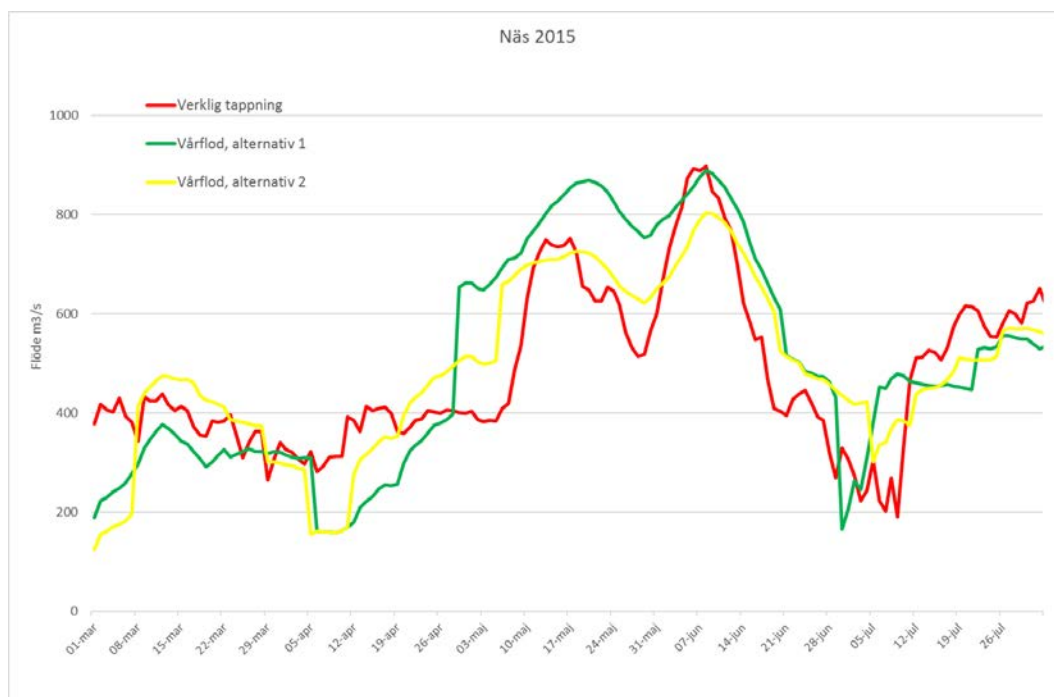


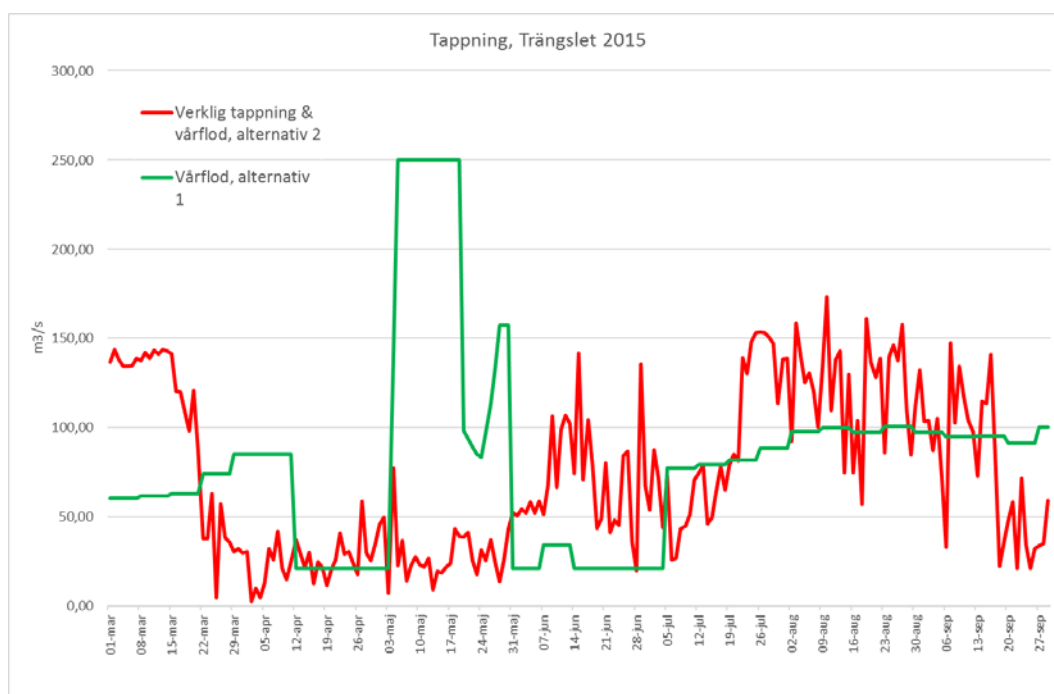
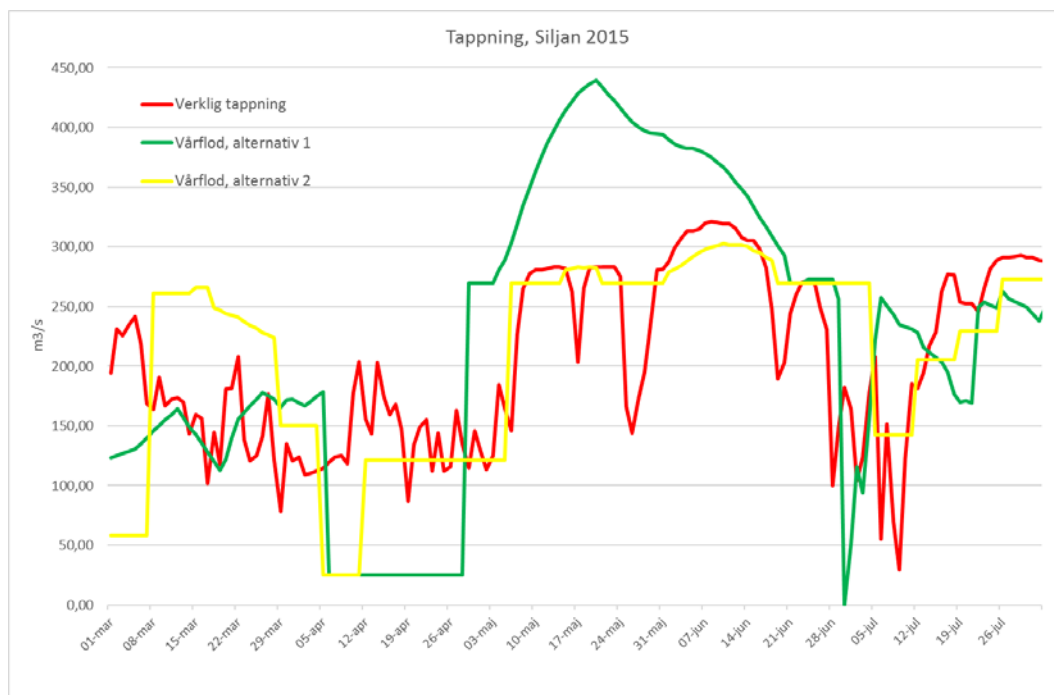


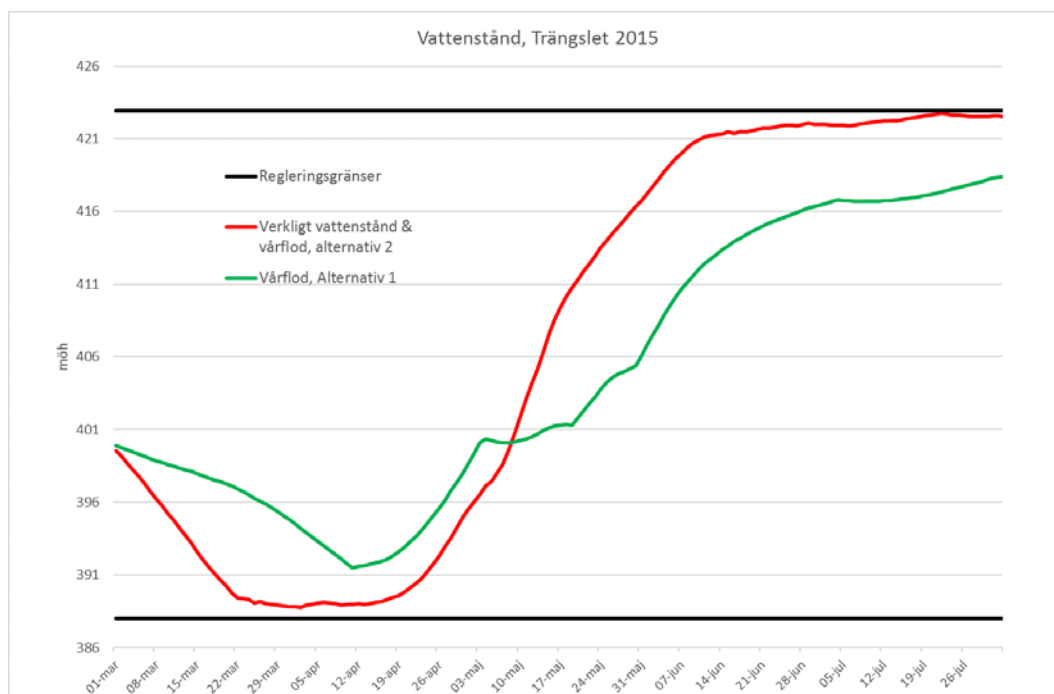
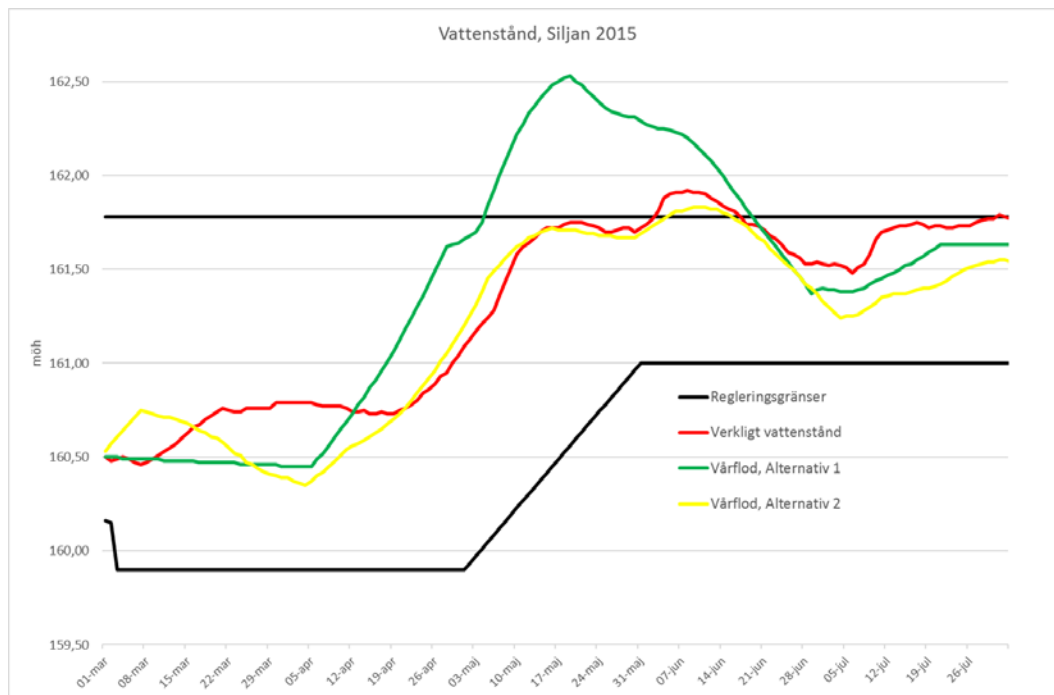












Bilaga 3 Vattenfall/ÅF Rapport - Reglerade översvämningar i nedre Dalälven - Beräkning av produktionsbortfall

Rapporten ”Reglerade översvämningar i nedre Dalälven – Beräkning av produktionsbortfall” har utarbetats av Dag Wisaeus, ÅF-Industri AB, på uppdrag av Vattenfall. Rapporten redovisas på sidorna 105-149.



RAPPORT

1 (45)

Handläggare
Dag Wisaeus

Datum
2017-04-06

Uppdragsnr
611 54 72

Mobil 070-539 69 15

dag.wisaeus@afconsult.com

Reglerade översvämningar i nedre Dalälven

Beräkning av produktionsbortfall

ÅF-Industry AB

Dag Wisaeus

ÅF-Industry AB, Frösundaleden 2 (goods 2E), SE-169 99 Stockholm
Telefon +46 10 505 00 00. Fax +46 10 505 00 10. Säte i Stockholm. www.afconsult.com
Org.nr 556224-8012.

SAMMANFATTNING

Bakgrund och förutsättningar

Dalälven karakteriseras av höga tillrinningar under våren och låga tillrinningar under vintern. Älven regleras för att inverkan av tillrinningsvariationerna ska utjämnas. Vid ett jämnt flöde minskar spillet vid kraftverken vilket medför ökad energiproduktion. Dessutom medför regleringen att produktion kan styras över från våren då det råder överskott på energi till vintern då behovet av energi är som störst. En följd av regleringen är att översvämningarna som förut regelbundet förekom i nedre Dalälven nu endast inträffar vid sällsynta tillfällen.

Syftet med denna studie är att beräkna produktionsbortfallet i Dalälvens kraftverk om översvämningar i nedre Dalälven åter införs genom ändrade regleringar av Trängslet och Siljan.

Vid normal reglering är Siljans magasin nära sänkningsgränsen när vårflodens högsta flöden kommer. När en reglering för översvämningar i nedre Dalälven ska genomföras ska Siljans magasin då istället vara fullt. Genom att öppna Grådas utskovsluckor vid Siljans utlopp i Österdalälven ca 2 dygn innan flödestoppen från Västerdalälven, Svärdsjövattdraget och Dalälven nedströms Gråda beräknas anlända till nedre Dalälven, kan mycket höga flöden med medföljande översvämningar åstadkommas.

Översvämningar med 5-10 års intervall skulle kunna genomföras genom att Trängsletsjön och Siljan regleras för att s.k. målflöden skall uppnås vid Näs kraftstation i nedre Dalälven under vattenrika år. Regleringarna kommer att medföra lägre fallhöjd vid Trängslets kraftstation, ökat spill i kraftverken mellan Trängslet och Älvkarleby samt högre fallförluster i samtliga kraftverks yttre vattenvägar mellan Trängslet och Älvkarleby. Energiproduktionen i Dalälven kommer därmed att minska.

För att en uppfattning om produktionsbortfallens storlek ska erhållas beräknas bortfallen som de ändrade regleringarna skulle ha gett upphov till under de vattenrika åren 1999, 2006, 2010 samt 2015. Två scenarier med målflödena 800 respektive 450 m³/s vid Näs kraftstation studeras:

Scenario 1: Under 25 sammanhängande dygn i perioden april-juni ska flödet i Näs överskrida 800 m³/s. Därefter ska flödet överskrida 450 m³/s under 50 dygn under perioden april-augusti. Magasinen Trängsletsjön och Siljan utnyttjas för att åstadkomma målflödena.

Scenario 2: På motsvarande sätt utnyttjas enbart Siljans magasin för att åstadkomma högsta möjliga flöden i Näs under 25 respektive 50 dygn.

De viktigaste slutsatserna av denna studie sammanfattas i följande punkter:

- Det hade inte gått att uppnå målflödet 800 m³/s vid Näs under 25 dygn under våtåren 1999, 2006, 2010 och 2015. Med de föreslagna regleringarna skulle målflödet ha uppnåtts under 14, 5, 15 respektive 12 dygn.
- Inte ens vid naturliga oreglerade förhållanden skulle målflödet ha uppnåtts under 25 dygn under alla de studerade åren. 1999, 2006 och 2015 skulle målflödet ha uppnåtts under 19, 16 respektive 15 dygn, år 2010 dock under 26 dygn.

- Regleringarna medför att årsreglerkraft flyttas från vintern, då det råder energibrist, till vårfloden då det råder överskott på energi.
- Beräkningarna är utförda med statistik och "facit i hand". I verkligheten är det mycket svårt att prognostisera när flödestopparna från Västerdalälven, Svärdsjövattdraget och nedre Dalälven når Näs. Risken är därför stor att tappning från Siljan startar för tidigt eller för sent vilket får till följd att antalet dygn i Näs med flöden > 800 m³/s skulle ha blivit färre än vad som här beräknats.
- Det är i det närmaste omöjligt att redan den 1 mars göra en vårflodsprognos som utgör en säker grund för att ta beslut om regleringar av Trängslet och Siljan ska genomföras för att målflödet vid Näs ska uppnås.
- Vattendomen från Siljan måste frångås då regleringarna för att uppnå målflöden i Näs förutsätter att Siljans nivå medvetet tvingas upp över regleringsgränsen.
- På grund av systemets dynamiska tröghet går det endast att marginellt påverka tappningen från Gråda när den har satts igång.
- Trängsletsjöns nivå kommer under sommaren att ligga lågt under år med reglering för översvämning vilket medför negativ miljöpåverkan för boende och friluftsliv.
- Säkerhetsmarginalerna minskar vid kraftiga regn när Siljan tvingas upp över regleringsgränsen under vårfloden.
- Regleringen medför att systemet används till ett ändamål det ursprungligen ej är designat för. Säkerhetsaspekter med anledning av detta har ej analyserats i detalj.

Beräkningsmetodik och underlag

Detaljerade beräkningar har utförts för att beskriva hur Trängsletsjöns och Siljans reglerbara volymer kan utnyttjas för att uppnå Näs målflöden samt vilka produktions-förluster som de ändrade regleringarna ger upphov till på grund av ökat spill vid kraft-verken samt lägre fallhöjd i Trängslet.

Beräkningarna utgår från SMHI:s stationskorrigerade och naturliga dygnsflöden. SMHI uppdaterade dessa flöden medan arbetet med denna rapport pågick. På grund av tidsbrist kom inte alla uppdateringarna med i beräkningarna vilket innebär att de i denna rapport beräknade kostnaderna kan vara något övervärderade medan antalet dygn då målflödena uppnås kan vara undervärderade.

Produktionen vid följande alternativ beräknas:

Alternativ 0: Nuvarande förhållanden.

Alternativ 1: Både Trängslet och Siljans magasin medverkar för att målflödena 800 respektive 450 m³/s ska uppnås vid Näs.

Alternativ 2: Endast Siljans magasin utnyttjas för att åstadkomma höga flöden vid Näs.

Produktionsbortfallen vid alternativen 1 och 2 beräknas som skillnaden mellan dessa och Alternativ 0.

Beräkningarna baseras bl.a. på följande förutsättningar och grundmaterial:

- Vid beräkning av produktionen för Alternativ 0 används SMHI:s stationskorrigerade dygnsflöden.
- Vid motsvarande beräkningar för Alternativ 1 och 2 behandlas Grådas flöden separat eftersom de ändrade regleringarna ger upphov till ett helt nytt flödesmönster från Gråda. För varje kraftstation nedströms Gråda beräknas reducerade dygnsflöden genom att Grådas stationskorrigerade dygnsflöden subtraheras från den aktuella stationens stationskorrigerade dygnsflöden. Därefter adderas de separat beräknade dygnsflödena från Gråda till varje kraftstations reducerade dygnsflöde.
- De separata flödena från Gråda baseras på SMHI:s naturliga tillrinningar till Siljan och Trängsletsjön.

Till skillnad mot vanliga regleringsmagasin kan inte höga tillrinningar till Siljan enkelt avbördas genom att utskovsluckorna öppnas eftersom den ca 20 km långa älvsträckan mellan Siljans utlopp och Gråda har begränsad avbördningskapacitet. Vid Siljans regleringsgräns +161,78 m kan maximalt 293 m³/s tappas vid Gråda kraftverk. Om tillrinningen hastigt ökar till 400 m³/s kan denna tillrinning inte tappas förrän Siljans nivå stigit till +162,34 m.

En excelmodell av Dalälven har konstruerats där Siljans avbördnings i förhållande till tillrinningen samt magasineringen beräknas med en "routingmetod". Beräkningarna visar att systemet är trögt. När Siljans nivå befinner sig över regleringsgränsen kan inte flödet från Siljan höjas med omedelbar verkan även om tappningarna från Trängslet och Oreälven ökar snabbt. Om tillrinningen till Siljan höjs med 100 m³/s under ett dygn när Siljan ligger på regleringsgränsen +161,78 m skulle nivån under detta dygn höjas med mindre än 0,02 m och flödet från Siljan skulle öka med 4 m³/s, från 293 till 297 m³/s.

Av samma anledning går det inte att hastigt minska flödet från Siljan när dess nivå ligger högre än regleringsgränsen. Det tar lång tid innan en minskning av flödet från Tränglet får någon betydande inverkan på flödet från Siljan. Ett par dygn efter det att tillrinningen från Trängsletsjön sänkts med 200 m³/s minskar flödet från Siljan med 10-20 m³/s, efter 8 dygn har det minskat med ca 60 m³/s under förutsättning att Grådas utskovsluckor är öppna.

Produktionsbortfall och resultat

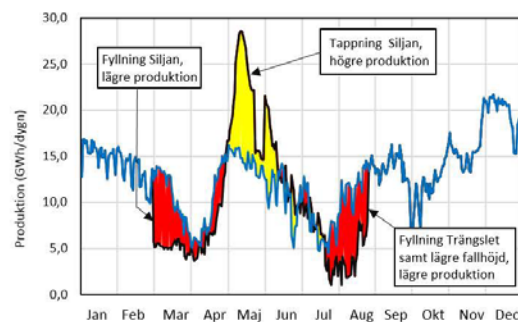
Följande produktionsbortfall i GWh har beräknats:

Alternativ	1999	2006	2010	2015
1	190	174	200	215
2	54	47	35	54

Produktionsbortfall i GWh

Följande figur visar hur produktionen flyttas från främst vintermånaden mars till vårflodsperioden samt hur produktionsbortfallet fördelas under år 2006. Den blå linjen

visar historisk produktion i GWh/dygn medan den svarta visar beräknad produktion med ny reglering. På grund av att uppfyllningen av Siljan minskar Dalälvens produktion av värdefull reglerkraft under mars-april med 220 GWh jämfört med om regleringen skulle utförts normalt. Under vårfloren när tappningen från Siljan startar ökar istället produktionen med 282 GWh. Under juli och augusti då Trängsletsjön fylls minskar Dalälvens produktion med 236 GWh på grund av spill och lägre fallhöjd i Trängslet. Den totala produktionen år 2006 skulle ha förändrats med: $-220+282-236 = -174$ GWh.



I produktionsberäkningarna har ingen hänsyn tagits till att ökade flöden p.g.a. regleringar för översvämningar medför högre fallförluster i kraftverkens yttre vattenvägar nedströms Trängslet. Den beräknade produktionsökningen i maj-juni är därför något övervärderad.

Antal dygn som målflödena 800 respektive 450 m³/s överskrids för alternativen 1 och 2 har beräknats. I nedanstående tabeller redovisas även antal dygn som målflödena skulle ha överskridits vid naturliga flöden samt vid nuvarande förhållanden, alternativ 0, med SMHI:s stationsreglerade flöden.

Eftersom flödena under många dygn ligger strax under 800 respektive 450 m³/s redovisas även motsvarande antal dygn för flödena 700 respektive 400 m³/s.

Antal dygn i april-juni med flöden >800 m³/s respektive 700 m³/s:

Alternativ	Antal dygn då $q > 800$ m ³ /s				Antal dygn då $q > 700$ m ³ /s			
	1999	2006	2010	2015	1999	2006	2010	2015
Alternativ 0	0	0	7	4	14	0	15	12
Alternativ 1	14	6	15	12	21	12	24	26
Alternativ 2	14	5	11	7	18	7	18	22
Naturligt	19	16	26	15	25	31	41	35

Antal dygn i apr-aug med flöden mellan 450 och 800 m³/s resp. 400 och 700 m³/s:

	Antal dygn då $450 \text{ m}^3/\text{s} < q < 800 \text{ m}^3/\text{s}$				Antal dygn då $400 \text{ m}^3/\text{s} < q < 700 \text{ m}^3/\text{s}$			
	1999	2006	2010	2015	1999	2006	2010	2015
Alternativ 0	48	34	42	64	51	41	51	122
Alternativ 1	63	33	57	70	59	31	76	11
Alternativ 2	30	23	37	68	43	27	49	110
Naturligt	62	33	75	89	65	24	81	88

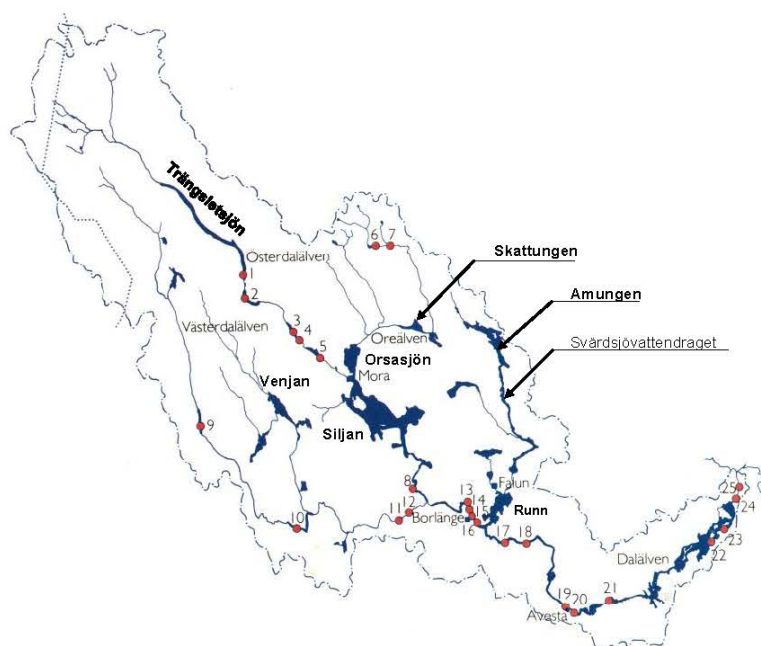
En slutsats av beräkningarna är att Alternativ 2 är nästan lika bra som Alternativ 1 men betydligt billigare att genomföra.

INNEHÅLLSFÖRTECKNING

1	INTRODUKTION	7
2	VATTENHUSHÅLLNINGSBESTÄMMELSER	9
2.1	Trängsletsjön	9
2.2	Vässinjärvi	9
2.3	Skattungen	9
2.4	Siljan	10
2.5	Venjansjön	11
2.6	Amungen	11
2.7	Runn	11
2.8	Sammanställning av reglerbara volymer	12
2.8.1	Trängslet och Siljan	12
2.8.2	Övriga magasin	12
2.8.3	Slutsats	13
3	HYDROLOGI	14
3.1	Gemensamt	14
3.2	Tillrinningar	14
3.2.1	SMH:s naturliga flöden i Näs	16
3.3	Magasins- och avbördningskurvor	16
3.3.1	Magasinskurvor	16
3.3.2	Siljans avbördningskurva	17
4	BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR OCH METODIK	18
4.1	Beräkningsförutsättningar	18
4.2	Beräkningsmetodik	19
4.2.1	Gemensamt	19
5	BERÄKNINGAR	21
5.1	Gemensamt	21
5.2	Flöden och nivåer 1999	21
5.2.1	Reglering med Trängslet och Siljan	21
5.2.2	Reglering med Siljan	25
5.3	Flöden och nivåer 2006	27
5.3.1	Med Trängslet och Siljan	27
5.3.2	Reglering med Siljan	31
5.4	Flöden och nivåer 2010	33
5.4.1	Reglering med Trängslet och Siljan	33
5.4.2	Reglering med Siljan	36
5.5	Flöden och nivåer 2015	38
5.5.1	Reglering med Trängslet och Siljan	38
5.5.2	Reglering med Siljan	42
6	SLUTSATS	45

1 INTRODUCTION

Nedanstående karta från Svensk Energis sammanställning "Hydropower in Sweden" visar Dalälvens 25 kraftverk som är större än 10 MW.



1. Trängslet	8. Gråda	15. Bullerforsen	22. Söderfors
2. Åsen	9. Lima	16. Domnarvet	23. Untra
3. Väsa	10. Hummelforsen	17. Långhag	24. Länforsen
4. Blyberg	11. Mockfjärd	18. Skedvi	25. Älvkarleby
5. Spjutmo	12. Lindbyn	19. Avesta Storfors	
6. Vässinkoski	13. Forshuvud	20. Avesta Lillfors	
7. Noppikoski	14. Kvarnsveden	21. Näs	

Figur 1:1. Kraftverk > 10 MW i Dalälvens avrinningsområde.

Dalälvens totala produktion är ca 4,8 TWh/år vid en total installerad effekt av ca 1170 MW.

Dalälven karakteriseras av höga tillrinningar under våren och låga tillrinningar under vintern. Älven regleras för att inverkan av tillrinningsvariationerna ska utjämnas. Vid ett jämnt vattenflöde minskar spillet vid kraftverken vilket medför ökad energiproduktion. Dessutom medför regleringen att produktion kan styras över från våren då det råder överskott på energi till vintern då behovet av både energi och reglerkraft är som störst. Regleringen innebär att magasinerna töms under vintern för att kunna ta emot vårflöden som därefter sparas till nästa vinter. En konsekvens av detta är att översvämningarna

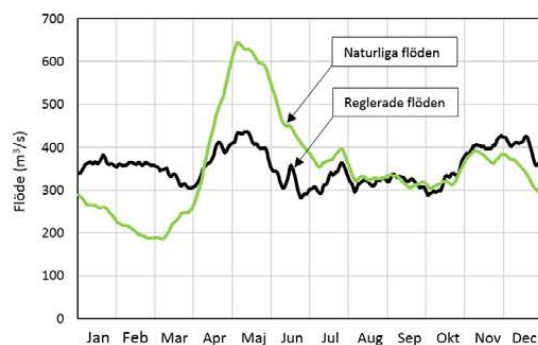
som tidigare regelbundet förekom i nedre Dalälven nu endast inträffar vid sällsynta tillfällen.

Avsikten med denna studie är att beräkna produktionsbortfallet i Dalälvens kraftverk om översvämningar i nedre Dalälven åter införs genom ändrade regleringar av främst Trängsletsjön och Siljan. Regleringar för översvämningar ska genomföras under vattenrika år med 5-10 års intervall. För att en uppfattning om produktionsbortfallens storlek ska erhållas beräknas de bortfall som de ändrade regleringarna skulle ha gett upphov till under de vattenrika åren 2009, 2006, 2010 samt 2015.

Följande scenarier med målflödena 800 respektive 450 m³/s vid Näs kraftstation i nedre Dalälven studeras:

- Under 25 sammanhängande dygn i perioden april-juni ska flödet vid Näs kraftverk överskrida 800 m³/s. Därefter ska flödet överskrida 450 m³/s under 50 dygn under perioden april-augusti. Samtliga magasin i Dalälven utnyttjas för att åstadkomma målflödena.
- På motsvarande sätt utnyttjas enbart Siljans magasin för att åstadkomma högsta möjliga flöden i Näs under 25 respektive 50 dygn.

Figur 1:2 visar medelvärden av reglerade och oreglerade dygnsflöden vid Näs kraftverk under den 17 år långa perioden 1999-2015. Oreglerade flöden utgörs av SMHI:s rekonstruerade naturliga flöden medan reglerade flöden består av mätta flöden. Under några år var vårflödena betydligt högre än de medelflöden som visas i diagrammet medan vårflödena under andra år var betydligt lägre. Under de vattenrika åren 1999, 2006, 2010 och 2015 uppnådde de beräknade naturliga flödena nivåer mellan 900-1000 m³/s. Flödena översteg då 800 m³/s under 15-26 dygn per år.



Figur 1:2. Naturliga och reglerade flöden vid Näs 1999-2015

2 VATTENHUSHÅLLNINGSBESTÄMMELSER

2.1 Trängsletsjön

Trängsletsjöns regleringsvolym är 880 Mm³.

Dämningsgräns: +422,95 m.

Sänkningsgräns: +398,00 m.

Vid vårflodens start får Trängsletsjöns nivå inte överstiga +421,00 m.

Den 1 juni ska nivån vara uppe vid +405,00 m.

För tappning från Trängslet gäller följande under tiden 1 maj - 30 juni då Siljans nivå är lägre än +161,00:

- Om vattenståndet i Trängslet är lägre än +406,00 m skall minst 50 m³/s tappas från Trängslet. Om tillrinningen är lägre än 50 m³/s tappas enbart tillrinningen.
- Om vattenståndet i Trängslet är högre än +406,00 m skall tappningen från Trängslet vara 25 m³/s högre än tappningen vid Gråda.

2.2 Vässinjärvi

Vässinjärvis regleringsvolym är 70 Mm³.

Dämningsgräns: +424,50 m

Sänkningsgräns: +408,00 m

Inga mintappningskrav finns.

Efter vårflödet till och med oktober får magasinering ske endast om vattenståndet i Skattungen överstiger +6,10 m (lokalt höjdsystem).

2.3 Skattungen

Nivåerna i vattenhushållningsbestämmelserna anges i ett lokalt höjdsystem.

Dämningsgräns: +7,20 m

Sänkningsgräns: +4,50 m

Från vårflödets början till den 1 oktober får vattennivån inte överstiga +6,85 m. Från 1 mars till vårflödets inträde får vattennivån inte understiga +6,00 m.

Enligt SMHI:s sjöregister är Skattungens area 19,51 km². Med regleringsamplituden 0,85 m under sommaren blir den reglerbara volymen 16,6 Mm³ vilket är betydligt mindre än den totala reglervolymen 83 Mm³.

Mintappningen från Skattungen är 8 m³/s från vårfloden till den 31 oktober och 6 m³/s under övrig tid.

2.4 Siljan

Siljan och Orsasjön utgör ett gemensamt magasin som regleras från Gråda kraftstation. Den totala regleringsvolymen är 658 Mm³.

Från Gråda kraftverk ska alltid framläppas minst 25 m³/s.

Magasinet saknar dämningssgräns, istället har en regleringsgräns införts.

- Regleringsgräns: +161,78 m.
- Sänkningsgräns: +159,90 m.

Vid nivåer under regleringsgränsen är högsta tillåtna tappning 293 m³/s.

Vid vattenstånd över regleringsgränsen ska tappning ske enligt nedanstående tabell:

Siljan vattenstånd (m)	Tappning Gråda (m ³ /s)
161,78	293
161,80	297
161,90	315
162,00	334

Tabell 2:1.

För att motverka att Siljan stiger över regleringsgränsen under sommar- och höstflöden ska tappningen ökas upp till 293 m³/s om nivån i Siljan beräknas stiga över +161,78 m, även om detta medför att nivån tillfälligt sjunker. Detta gäller inom den tidsram det finns tillförlitliga tillrinningsprognoser, således inte flera veckor i förväg.

Vid avsänkningen under vintern får vattenståndet inte understiga +160,40 m den 1 februari och +160,15 m den 1 mars.

Mellan 10 januari och vårflodens början må vattenståndet i Siljan under islagd tid inte stiga mer än 0,20 m över lägsta vattenstånd efter isläggningen.

Sedan vattenståndet i Siljan under vårfloden stigit till +161,00 m får det före 15 augusti inte sänkas under denna nivå och därefter inte under de nivåer som erhålles vid rätlinjig interpolation mellan +161,00 m den 15 augusti och +160,20 m den 1 november.

2.5 Venjansjön

Den reglerbara volymen är 137 Mm³.

Följande nivåer enligt vattenhushållningsbestämmelserna anges i ett lokalt höjdsystem:

Dämningsgräns: +97,11 m.

Sänkningsgräns: +93,00 m.

Under tiden från vårflodens fram till isläggningen får Venjansjön inte avsänkas under nivån +96,45 m.

Enligt SMHI:s sjöregister är Venjans area 34,26 km². Med regleringsamplituden 0,66 m under sommaren blir den reglerbara volymen under sommaren 22,6 Mm³ vilket är betydligt mindre än den totala reglervolymen 137 mm³.

Året runt skall mintappningen 4 m³/s släppas från sjön såvida inte tillrinningen är mindre, i så fall ska tillrinningen släppas.

2.6 Amungen

Inga dämnings- eller sänkingsgränser finns angivna.

En sommarnivå som Regleringsföretaget försöker följa är +227,1 m. Enligt SMHI:s sjöregister är sjöytans högsta nivå +228,02 m och arean 60,7 km². Den reglerbara volymen under sommaren är då 55,8 Mm³.

Ett problem med att utnyttja denna reglervolym är att översvämningsproblem uppstår när tappningen från Amungen överskrider 20 m³/s.

2.7 Runn

Den reglerbara volymen är 117 Mm³.

Dämningsgräns: +107,05 m vid flöden mindre än 740 m³/s vid Torsångs bro.

Sänkingsgräns: +106,40 m vid Torsångs bro 1 maj till 31 oktober.

Under övriga året är den lägsta tillåtna nivån +105,1 m.

Enligt SMHI:s sjöregister är Runns area 63,52 km². Med regleringsamplituden 0,65 m under sommaren blir den reglerbara volymen under sommaren 41,3 Mm³ vilket är mindre än den totala reglervolymen 117 Mm³.

2.8 Sammanställning av reglerbara volymer

2.8.1 Trängslet och Siljan

Trängslets totala regleringsvolym är 880 Mm³. Under sommaren begränsas regleringen av att nivån inte får underskrida +405,00 m den 1 juni. Volymen mellan dämningss-gränsen +422,95 m och +405,00 m är 560,3 Mm³.

Siljans totala regleringsvolym inklusive Orsasjön är 568 Mm³.

Den totala reglerbara volymen i Siljan, Orsasjön och Trängslet är 1448 Mm³ medan den reglerbara sommarvolymen är 700,8 Mm³.

Trängsletsjöns medeltillrinning under vårmånaderna april-juni 1999-2015 var ca 124,6 m³/s. Uppskattningsvis måste i genomsnitt minst ca 30 m³/s av tillrinningarna tappas vidare till Siljan enligt vattenhushållningsbestämmelserna. Hela den återstående vartillrinningen 94,6 m³/s med volymen 735 Mm³ kan lagras i Trängsletmagasinet.

Även Siljan med den reglerbara volymen 658 Mm³ har stor betydelse för utjämningen av Dalälvens flöden. Medeltillrinningen till Gråda vid Siljans utlopp under perioden april-juni 1999-2015 skulle ha varit ca 131 m³/s om endast mintappning hade släppts från Trängsletsjön. Mintappningen från Gråda är 25 m³/s vilket innebär att av det för energiproduktion tillgängliga flödet 106 m³/s med volymen ca 824 Mm³ kan 80 % lagras i Siljan.

Dalälvens reglerbara magasins-volym är 2 125 Mm³. De största magasinen är Trängsletsjön med volymen 880 Mm³ och Siljan med volymen 658 Mm³.

Dalälvens övriga magasin, förutom Trängsletsjön och Siljan, har den totala reglerbara volymen 587 Mm³. Flertalet av dessa magasin måste enligt vattenhushållningsbestämmelserna uppnå sina "sommarnivåer" senast den 1 maj. Eftersom amplituden mellan dämningssgränserna och sommarnivåerna är små kan bara en mindre del av den totala volymen 587 Mm³ utnyttjas för översvämningssregleringarna.

2.8.2 Övriga magasin

Övriga magasins reglerbara sommar- och totalvolym har sammanställts:

Avrinningsområde	Sommarvolym (Mm ³)	Total volym (Mm ³)
Vässinjärvi	70,0	70
Skattungen	16,6	83
Venjan	22,6	137
Amungen	55,8	176
Runn	41,3	117
Totalt	206,3	583

Tabell 2.2: Grådas tillrinningar från övriga områden.

Den totala sommarvolymen från ovanstående magasin räcker för att tappa 47,8 m³/s under 50 dygn utöver den ordinarie tillrinningen.

2.8.3 Slutsats

Trängslets och Siljans regleringsvolym utgör merparten av det vatten som utnyttjas för att i Näs åstadkomma målflödet $800 \text{ m}^3/\text{s}$ under 25 dygn någon gång under perioden april t.o.m. juni samt flödet $450 \text{ m}^3/\text{s}$ under 50 dygn någon gång under perioden april t.o.m. augusti.

Magasinen Vässinjärvi och Skattungen avbördas till Siljan. Som framkommer av beräkningar i kapitel 5 är systemet så trögt att tillfälliga tappningar till Siljan med vatten från dessa magasin har en försumbar inverkan på flödet från Siljan.

Övriga magasins regleringsvolym skulle kunna användas för utfyllnad när vattnet från Trängslet och Siljan inte räcker till. På grund av tappningsbegränsningar skulle dock inverkan på flödet i Näs bli litet. Som också framgår av beräkningarna i kapitel 5 skulle det behövas tillfälliga flödestillskott på $100\text{--}200 \text{ m}^3/\text{s}$ för att "fylla ut" när övriga flöden avtar.

Av ovanstående anledningar utnyttjas enbart vattnet från Trängsletsjön och Siljan i nedanstående regleringar för höga flöden vid Näs.

3 HYDROLOGI

3.1 Gemensamt

Tillrinningshydrografer till Gråda kraftverk som ligger ca 20 km nedströms Siljans utlopp i Dalälven konstrueras för vart och ett av åren 1999, 2006, 2010 samt 2015 och används därefter för beräkningar av utgående flöden från Gråda kraftverk med hänsyn till uppdämningen av Siljan. Samband mellan maximal möjlig tappning från Gråda och Siljans vattennivå beskrivs av Siljans avbördningskurva enligt pkt 3.3.2.

Hydrograferna baseras på SMHI:s s.k. naturliga tillrinningar 1999-2015.

OBS ! Beräkningarna i denna studie baseras delvis på inaktuellt material eftersom SMHI gjorde en uppdatering av det hydrologiska grundmaterialet 2017-02-07 som inte upptäcktes förrän arbetet med studien var avslutat. Följande tabell visar de reglerade maxflödena i m³/s i Näs före och efter uppdateringen.

År	Före uppdatering	Efter uppdatering
1999	798	782
2006	656	731
2010	869	1040
2015	823	898

Tabell 3:1.

Av tabellen framgår att de uppdaterade flödena troligen skulle få en icke försumbar inverkan på beräkningsresultatet.

3.2 Tillrinningar

Huvudtillrinningarna till Siljan är Österdalälven och Oreälven som står för 82,5 % eller 135,4 m³/s av den totala tillrinningen 164,0 m³/s enligt SMHI:s stationskorrigerade flöden 1981-2010. Deras avrinningsområden är högt belägna och genererar därför en senare vårfloed än de låglänta tillrinningsområdena runt Siljan. Även den betydligt mindre Våmån som mynnar i Orsasjön har sina källflöden i den högt belägna i Orsa Finnmark.

Övriga områden i nedanstående tabell består av ett antal mindre vattendrag som mynnar i Siljan. Eftersom de är lägre belägna än Österdalälvens och Oreälvens källflöden är nederbörden och därmed även avrinningen lägre för dessa än för de övriga. Vårfloden kommer dessutom tidigare.

Avrinningsområde	Avr. område (km ²)	MQ (m ³ /s)	Avrinning (mm/år)	Regleringsvolym (Mm ³)	Regl. grad (%)
Österdalälven	6 653	98,1	451	937	33
Oreälven	2 708	37,3	438	197	17
Våmån (till Orsasjön)	366	5,0	424	0	0
Övriga områden	2 545	23,6	310	33 ^(*)	2,8 ^(*)
Σ (=Gråda)	12 272	164,0	424	1 825 ^(**)	35,4 ^(**)

^(*) Exklusive Siljans magasin 658 Mm³, ^(**) Inklusivt Siljans magasin 658 Mm³

Tabell 3:2. Grådas tillrinningar från huvudavrinningsområdena.

De största tillflödena bland övriga områden med arean 2 545 km² är:

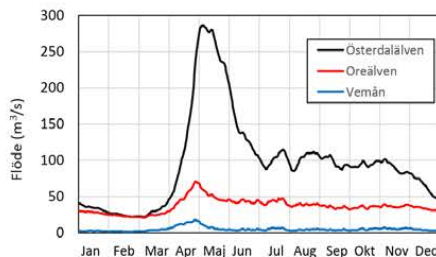
Avrinningsområde	Avr. område (km ²)	MQ (m ³ /s)	Avrinning (mm/år)
Enån (utlopp Rättvik)	295	3,1	451
Ickån (norr om Rättvik)	247	2,6	438
Ryssån (västra Siljan)	247	3,3	310
Limån (sydvästra Siljan)	230	2,7	369
Ospecificerade områden	1 526	11,9	246

Tabell 3:3. Grådas tillrinningar från övriga områden.

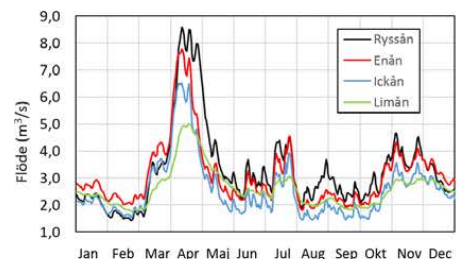
De ospecificerade avrinningsområdena bland de övriga områdena består av låglänta områden med samma avrinningsegenskaper som Ickån, Ryssån, Våmån och Limån.

Om Siljans tillrinningshydrograf skulle proportioneras enbart på Österdalälvens flöden skulle flödestoppen till Siljan bli för hög eftersom flödestopparna från de låglänta avrinningsområdena kommer i mitten av april medan Österdalälvens flödestopp kommer i början av maj. När hänsyn tas till de olika avrinningsområdenas egenskaper blir flödestoppen lägre och mer utjämnad.

Medeldygsflöden under perioden 1999-2015 från de höglänta avrinningsområdena Österdalälven, Oreälven samt Vemån visas i Figur 3:1 medan medeldygsflöden från de låglänta områdena Ryssån, Enån, Ickån samt Limån visas i Figur 3:2.



Figur 3:1. Tillrinningar från höglänta områden

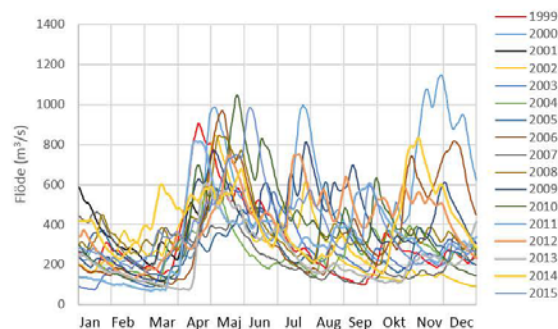


Figur 3:2. Tillrinningar från låglänta områden

Tillrinningshydrograferna konstrueras genom att SMHI:s naturliga dygntillrinningar summeras från vart och ett av avrinningsområdena Österdalälven, Oreälven, Enån, Ickån, Ryssån, Våmån, Limån samt det ospecificerade området med medelflödet 11,9 m³/s. Det ospecificerade områdets tillrinningar antas proportionella mot tillrinningarna från Ryssån, Enån, Ickån och Limån. Det ospecificerade områdets tillrinningar enligt tabell 3:2 utgör 7,3 % av Grådas totala tillrinning.

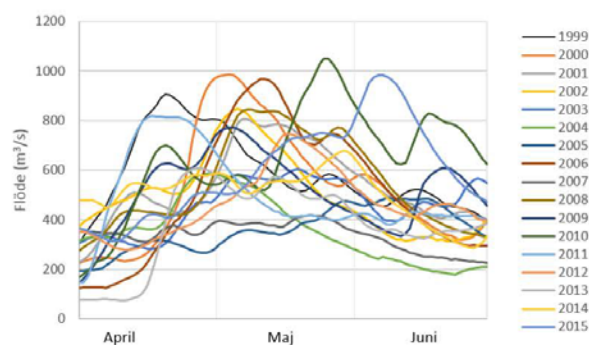
3.2.1 SMHI:s naturliga flöden i Näs

Nedanstående figur visar SMHI:s beräknade naturliga flöden i Näs. Som framgår av figuren är det bara under enstaka år som målflödet 800 m³/s överskrids under mer än några dygn i perioden april-juni.



Figur 3.3. Naturliga flöden i Näs jan-dec 1999-2015.

För att tydliggöra de naturliga flödena i april-juni visas nedanstående utdrag:

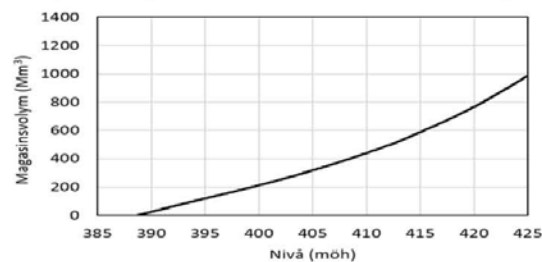


Figur 3.4. Naturliga flöden i Näs april-juni 1999-2015.

3.3 Magasins- och avbördningskurvor

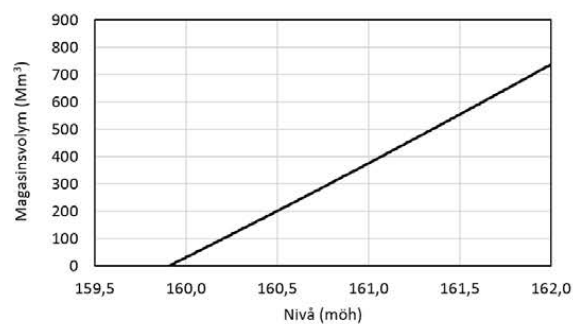
3.3.1 Magasinskurvor

Trängslets magasinsskurva visas i nedanstående diagram:



Figur 3.5. Trängslets magasinsskurva.

Följande diagram visar Siljans magasinsskurva:

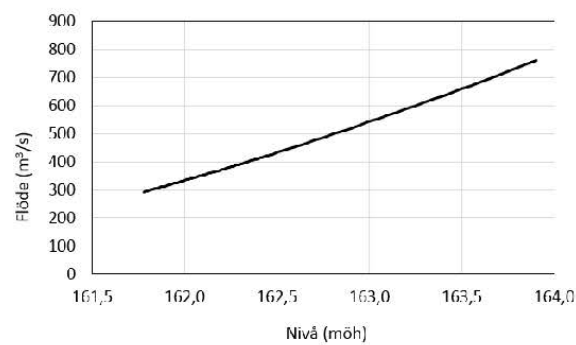


Figur 3:6. Siljans magasinsskurva.

3.3.2 Siljans avbördningskurva

Siljan avbördas genom Gråda kraftverk som är beläget i Dalälven ca 20 km nedströms utloppet. Fallförlusterna mellan utloppet och Gråda begränsar tappningen från Siljan.

Samband mellan Siljans nivå och maximal totaltappning visas i Figur 3:6.



Figur 3:7. Siljans avbördningskurva

4 BERÄKNINGSFÖRUTSÄTTNINGAR OCH METODIK

4.1 Beräkningsförutsättningar

Enligt länsstyrelsens i Dalarnas förutsättningar ska beslut fattas den 1 mars om en reglering ska genomföras för att målflödet 800 m³/s i Näs ska uppnås under 25 sammanhängande dygn under perioden 1 april till och med den 30 juni.

Medan regleringen för 800 m³/s i Näs pågår fattas också beslut om en efterföljande reglering ska genomföras för att målflödet 450 m³/s ska uppnås under 50 sammanhängande dygn fram till och med 31 augusti.

Det första beslutet om en reglering med målflödet 800 m³/s tas med utgångspunkt från snökarteringar i Dalälvens övre avrinningsområde. Om förutsättningarna bedöms gynnsamma och ett positivt beslut fattas låses magasin nivåerna i Trängslet och Siljan på de nivåer som råder den 1 mars och nivåerna får därefter inte höjas förrän vårfloden kommer.

När vårfloden kommer påbörjas fyllningen av Siljan medan Trängslets nivå ligger kvar på samma nivå som den 1 mars.

När magasin nivåerna hålls konstanta innebär det att tillrinningarna tappas rakt igenom magasinen och Siljans tillrinningar från Österdalälven kan betraktas som s.k. "naturliga tillrinningar".

Vattnets gångtid mellan Gråda och Näs är 2 dygn. För att flodvågen från Siljan ska sammanfalla med maxtillrinningarna från övriga Dalälven startar tappningen från Siljan 2 dygn innan det övriga maxflödet beräknas inträffa.

Den dag som både Trängslet och Siljan återgått till sina normala nivåer efter de båda tappningsperioderna anses inverkan av tappningarna vara avslutad. Med normala nivåer avses de beräknade nivåer som skulle förekommit om magasinen reglerats på normalt sätt under de aktuella åren.

Produktionsförluster uppstår på grund av regleringarna för att uppnå målflödena mellan den 1 mars och den dag som både Trängslet och Siljan återgått till normala nivåer.

Vid beräkningar av produktionsförluster tas hänsyn till följande restriktioner i vattenhushållningsbestämmelserna:

- Fyllningen av Siljan får inte påbörjas innan vårfloden kommer. I beräkningarna förutsätts vårfloden komma då SMHI:s beräknade naturliga vattenföringar stiger från ca 50 m³/s till över 100 m³/s.
- Mintappningen 25 m³/s måste alltid släppas från Gråda, även under fyllnadsskedet.
- Trängslets nivå får inte underskrida +405,00 m efter den 1 juni. Det innebär att om nivån i slutet av maj är lägre stoppas flödet från Trängsletsjön tills nivån stigit till

+405,00 m. Om Siljans nivå då är högre än +161,0 m behöver ingen mintappning ske från Trängsletsjön under påfyllnadsskedet, annars tappas mintappning från Trängslet enligt pkt 2.1.

- Skattungen ska ha uppnått sommarnivån den 1 maj. I beräkningarna förutsätts endast mintappningen 8,0 m³/s till Siljan från Oreälven före den 1 maj. Därefter förutsätts att SMHI:s naturliga flöden för Oreälven tillförs Siljan medan Vässinjärvi och Skattungen ligger på konstanta nivåer. Se pkt 2.2.

Enligt vattenhushållningsbestämmelserna måste tappningen från Gråda öka till 293 m³/s om det bedöms att regleringsgränsen annars kommer att överskridas. Denna bestämmelse går inte att följa eftersom målsättningen med den ändrade regleringen är att Siljans regleringsgräns ska överskridas för att tappningen från Siljan i kombination med vårfloden ska ge ett mycket högt flöde i Näs. Från och med den dag som vårfloden kommit till Siljan stängs därför Gråda och endast mintappningen 25 m³/s släpps förbi kraftstationen för att magasinet ska kunna stiga upp till regleringsgränsen så snabbt som möjligt.

4.2 Beräkningsmetodik

4.2.1 Gemensamt

Detaljerade beräkningar har utförts för att beskriva hur Trängsletsjöns och Siljans reglerbara volymer kan utnyttjas för att uppnå Näs målflöden samt vilka produktionsförluster som de ändrade regleringarna ger upphov till på grund av ökat spill vid kraftverken.

Produktionen beräknas för följande alternativ:

Alternativ 0: Nuvarande förhållanden.

Alternativ 1: Trängsletsjöns och Siljans magasin medverkar för att målflödena 800 respektive 450 m³/s ska uppnås vid Näs.

Alternativ 2: Endast Siljans magasin utnyttjas för att åstadkomma höga flöden vid Näs.

Produktionsbortfallen vid alternativen 1 och 2 beräknas som skillnaden mellan dessa och Alternativ 0.

Vid beräkning av produktionen för Alternativ 0 används SMHI:s stationskorrigerade dygnsflöden.

Vid motsvarande beräkningar för Alternativ 1 och 2 behandlas Grådas flöden separat eftersom de ändrade regleringarna ger upphov till ett helt nytt flödesmönster från Gråda. För varje kraftstation nedströms Gråda beräknas i ett första steg reducerade dygnsflöden genom att Grådas stationskorrigerade dygnsflöden subtraheras från den aktuella stationens stationskorrigerade dygnsflöden. I nästa steg adderas de separat beräknade dygnsflödena från Gråda till varje kraftstations reducerade dygnsflöde.

De separata flödena från Gråda baseras på SMHI:s naturliga tillrinningar till Siljan och Trängsletsjön enligt ovanstående kapitel 3.

Till skillnad mot vanliga regleringsmagasin kan inte höga tillrinningar till Siljan enkelt avbördas genom att utskovsluckorna öppnas eftersom den 20 km långa älvsträckan mellan Siljans utlopp och Gråda har begränsad avbördningskapacitet. Vid Siljans regleringsgräns +161,78 m kan maximalt 293 m³/s tappas vid Gråda kraftverk. Om tillrinningen ökar till 400 m³/s kan inte denna tillrinning tappas förrän Siljans nivå stigit till +162,34 m enligt Siljans avbördningskurva.

Ett kraftverks avbördningskapacitet som funktion av magasinsnivån som i sin tur beror av hur stor andel av tillrinningen som avbördas när magasinet stiger går inte att beskriva i konventionella produktionsoptimeringsprogram som Prodrisk m.fl.

En excelmodell av Dalälven har därför konstruerats där Siljans avbördning i förhållande till tillrinningen samt magasineringen beräknas med en "routingmetod" som beskrivs i läroboken Applied Hydrology av Ven Te Chow, se kap 8 "Lumped Flow Routing".

Indata för dessa beräkningar är Siljans avbördnings- och magasinskurvor samt Siljans tillrinningshydrografer för de år som ska studeras, dvs 1999, 2006, 2010 samt 2015.

5 BERÄKNINGAR

5.1 Gemensamt

Hänsyn har tagits till vattenhushållningsbestämmelserna:

- Fr.o.m. 1 mars till den dag vårfloden kommer ligger Siljans nivå låst på samma nivå som den 1 mars.
- Under fyllnadsskedet av Siljan, d.v.s. från den dag vårfloden kommit till den dag tappningen börjar tappas minflödet 25 m³/s från Gråda.
- Från Skattungen tappas endast minflödet 8 m³/s t.o.m. 30 april. Det förutsätts att sjön fylls fram till detta datum. Fr.o.m. 1 maj tappas hela tillrinningen vidare.
- Trängsletsjöns nivå måste nå upp till +405,00 den 1 juni vilket innebär att inget vatten tappas från Trängsletsjön till Siljan de sista dagarna i maj om Trängsletsjöns nivå understiger +405,00 m. Om Siljans nivå då är lägre än +161,00 m måste dock mintappning tappas från Trängslet.

För vart och ett av de studerade åren har två beräkningar utförts. I Alternativ 1 antas både Trängsletsjön och Siljan medverka, i Alternativ 2 medverkar endast Siljan.

Antal dygn som målflödena 800 och 450 m³/s skulle ha uppnåtts under april-juni respektive april-augusti redovisas i tabeller. Motsvarande sammanställningar har även utförts för de lägre flödena 700 och 400 m³/s. Dygnen som redovisas är de totala antalet dygn inom perioderna, dygnen är således inte sammanhängande.

OBS ! I följande diagram som visar nivåer och flöden vid översvämningsregleringar visas beräknade nivåer och flöden endast under perioderna fr.o.m. den 1 mars t.o.m. det dygn då de beräknade nivåerna i Trängsletsjön och Siljan ansluter till de uppmätta nivåerna vid konventionell reglering.

5.2 Flöden och nivåer 1999

5.2.1 Reglering med Trängslet och Siljan

Magasinen befann sig på följande nivåer den 1 mars 1999:

1 mars 1999	Nivå (möh)	Volym (Mm ³)
Trängslet	401,74	246,6
Siljan	160,34	145,7

Tabell 5:1. Nivåer och volymer 1999.

År 1999 skulle den naturliga vårfloden kommit till Siljan omkring den 1 april. Under några dygn skulle tillrinningarna ha stigit från ca 50 m³/s till över 200 m³/s.

Det reglerade maxflödet 798 m³/s och det enligt SMHI naturliga maxflödet 916 m³/s i Näs inträffade den 21 respektive den 20 april. Tappningen från Siljan skulle därför ha inletts den 19 april på grund av gångtiden till Näs. Tappningen skulle ha avslutats 25

dygn senare den 13 maj. Siljans naturliga medeltillrinning från den 1 april till och med den 18 april var 305,2 m³/s inklusive Skattungens minflöde 8 m³/s.

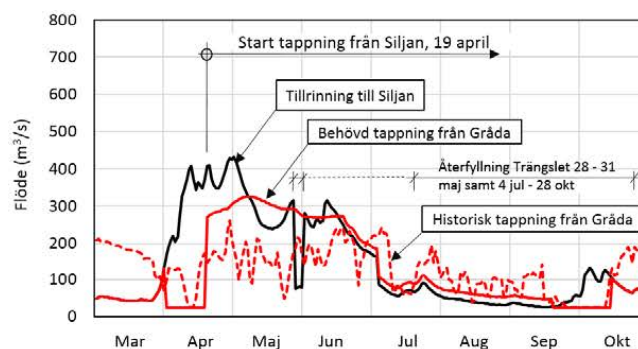
Av denna tillrinning skulle 25 m³/s ha tappats vidare genom Gråda som mintappning medan 280,2 m³/s kunde ha lagrats. Den 18 april skulle Siljans volym ha ökat till:

$$145,7 + 280,2 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 18 / 1000000 = 581,5 \text{ Mm}^3$$

Siljan hade då legat på nivån +161,57 m vilket är 0,21 m under regleringsgränsen. När tappningen från Siljan inleddes den 19 april skulle Trängsletsjöns nivå legat på nivån +401,74 m sedan den 1 mars. Från Österdalälven skulle den naturliga tillrinningen kommit till Siljan t.o.m. den 27 maj då tappningen från Trängslet skulle ha stoppats för att Trängsletsjöns medeltillrinning 228,3 m³/s under perioden 28-31 maj skulle kunna fylla upp Trängsletsjöns nivå från 401,74 till +405,24 m den 1 juni. Från och med denna dag kunde återigen hela tillrinningen till Trängslet tappas vidare till Siljan. Eftersom Siljans nivå hade legat högre än +161,00 m under påfyllnadsperioden hade ingen mintappning tappats från Trängsletsjön.

Tillrinningen till Siljan från Oreälven t.o.m. den 30 april hade bestått av Skattungens mintappning 8 m³/s. Det förutsätts att Skattungen hade uppnått sin sommarnivå den 1 maj och att Oreälvens totala naturliga tillrinning därefter avbördats till Siljan.

Följande figur visar Grådas tillrinningshydrograf baserad på naturliga flöden med hänsyn till vattenhushållningsbestämmelserna. Figuren visar även genomförda historiska tappningar samt behövda totaltappningar om regleringar för att uppnå målscenarierna hade utförts. Både Trängslet och Siljan skulle ha återgått till normalt reglerade nivåer den 28 oktober enligt figurerna 5:2 och 5:3.

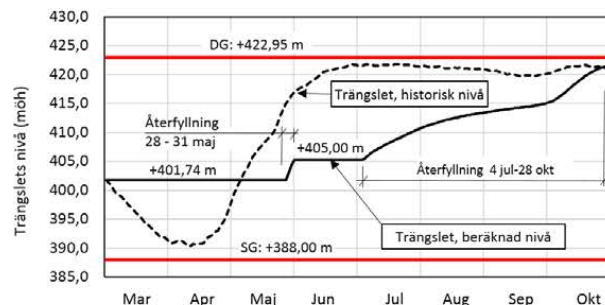


Observera att när tillrinningen från Trängslet minskar med ca 200 m³/s under 4 dygn så minskar flödet från Gråda med endast ca 10 m³/s.

Figur 5:1. Flöden vid Gråda 1999, reglering av Trängslet+Siljan.

Figurerna 5:2 och 5:3 visar uppmätta nivåer i Trängsletsjön och Siljan samt beräknade nivåer om regleringar för att uppnå målscenarierna hade genomförts.

På grund av regleringarna för att uppnå målscenarierna avviker Trängsletsjöns nivåer från de normalt reglerade fr.o.m. 1 mars t.o.m. 28 oktober.



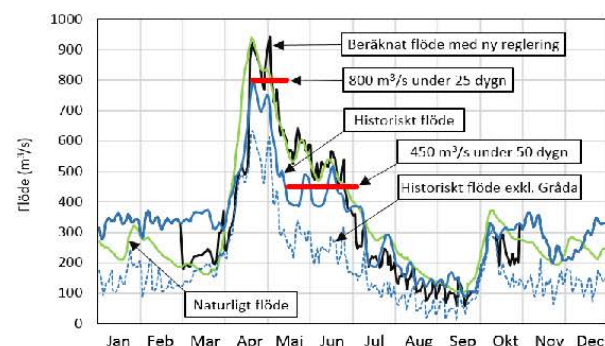
Figur 5:2. Trängslets nivåer 1999, reglering av Trängslet och Siljan.

Även Siljans nivåer avviker. Sjön fylls upp tidigare och regleringsgränsen överskrids med ca 0,17 m. Under ca 20 dygn överskrids regleringsgränsen.



Figur 5:3. Siljans nivåer 1999, reglering av Trängslet och Siljan.

Figur 5:4 visar naturliga, historiska samt beräknade flöden med ny reglering vid Näs kraftstation 1999. Dessutom visas historiska flöden exklusive Grådas.



Figur 5:4. Flöden vid Näs kraftstation 1999, reglering av Trängslet och Siljan.

Antal dygn då målflödena 800 respektive 450 m³/s överskrids liksom antal dygn som de lägre flödena 700 respektive 400 överskrids har beräknats. Dessutom har motsvarande sammanställningar utförts för Alternativ 0 samt för alternativet med naturliga flöden:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800$ m ³ /s	Dygn då $800 < q < 450$ m ³ /s
Alternativ 0	0	48
Alternativ 1	14	63
Naturligt	19	62

Tabell 5:3. Alt 1, 1999. Antal dygn då målflödena 800/450 m³/s överskrids.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700$ m ³ /s	Dygn då $700 > q > 400$ m ³ /s
Alternativ 0	14	51
Alternativ 1	21	59
Naturligt	25	65

Tabell 5:4 Alt 1, 1999. Antal dygn då målflödena 700/400 m³/s överskrids.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Trängslet	64,84	0,00	625,07	0,00	603,65	21,43
Åsen	67,91	0,06	133,32	6,68	120,31	13,01
Väsa	85,28	0,00	65,41	7,94	59,32	6,09
Blyberg	85,28	0,00	68,52	7,94	62,14	6,38
Spjutmo	86,69	0,00	135,51	4,33	128,74	6,77
Totalt	-	-	1027,8	-	974,2	53,68

Tabell 5:5. Prod.förluster 1999 vid reglering av Trängsletsjön för att uppnå målsценarierna.

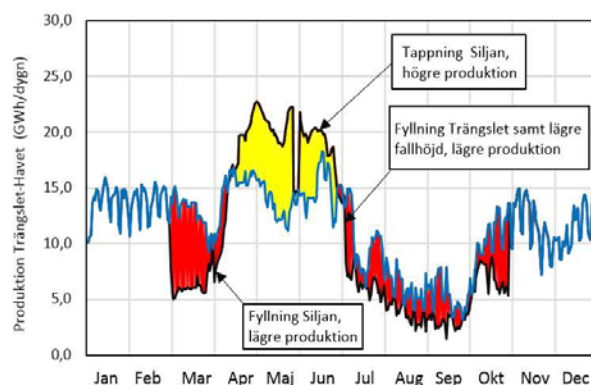
Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	143,1	0,0	114,9	5,4	110,6	4,3
Forshuvud-Bullerf.	265,9	1,0	694,7	8,7	674,6	20,0
Domnarvet	265,9	6,5	128,9	24,8	119,8	9,1
Långhag	309,8	10,7	295,0	25,5	280,4	14,6
Skedvi	310,8	14,9	235,6	33,3	221,0	14,6
Åvesta Storfors	323,5	29,2	202,1	51,0	187,1	15,0
Lillfors	323,5	12,1	136,5	26,1	130,3	6,1
Näs	328,0	14,9	137,2	31,1	130,2	7,1
Söderfors	344,3	17,1	107,6	31,9	102,7	4,9
Untra	344,9	28,5	335,1	49,3	313,1	22,0
Lanforsen	347,7	8,5	240,3	17,3	234,1	6,2
Älvkarleby	347,7	4,2	564,5	11,8	552,0	12,6
Totalt			3192,3		3055,7	136,6

Tabell 5:6. Prod.förluster 1999 vid reglering av Trängslet och Siljan för att uppnå målsценarierna.

Den totala produktionsförlusten av regleringen år 1999 har beräknats till 190 GWh.

I Figur 5:5 visar den blå linjen den totala historisk produktionen 1999 i kraftverken fr.o.m. Trängslet t.o.m. Älvkarleby medan den svarta visar motsvarande produktion vid reglering för att uppnå målflödena i Näs.

Det första röda fältet visar att produktionen blir 228 GWh lägre fr.o.m. 1 mars när Trängsletsjön och Siljan inte tappas ur och Siljan fylls. Det gula fältet visar att när tappningen från Siljan startar i början av maj blir produktionen 373 GWh högre än vid vanlig reglering. Siljans nivå har då tvingats upp ca 0,1 m över regleringsgränsen. Flödena blir så höga att mycket vatten spills bort. Det andra röda fältet visar produktionsförlusten 335 GWh, dels på grund av att Trängslets nivå ligger lägre än vid normal reglering och dels på grund av att Trängslet fylls upp fram till slutet av augusti.



Figur 5:5. Produktion 1999, Trängslet t.o.m. Älvkarleby, i GWh/dygn vid historisk reglering och ny reglering.

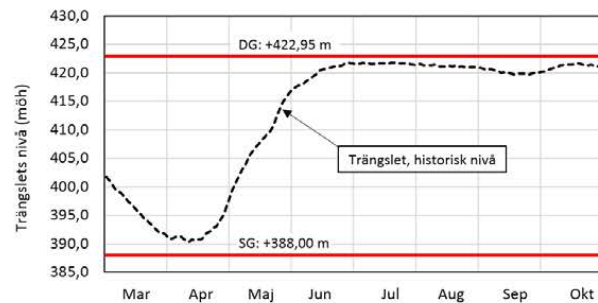
Regleringen för att uppnå målflödena i Näs medför bland annat att från månaden mars då behovet av reglerkraft är stort flyttas produktionen 228,4 GWh till april-juni då det råder över-skott på reglerkraft.

5.2.2 Reglering med Siljan

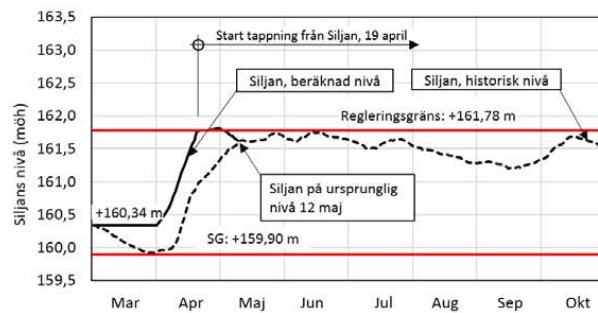
Produktionsförluster och antal dygn som målflödena överskrids i Näs då endast Siljan regleras, Alternativ 2, beräknas på motsvarande sätt som för fallet där även Trängslet regleras, Alternativ 1.



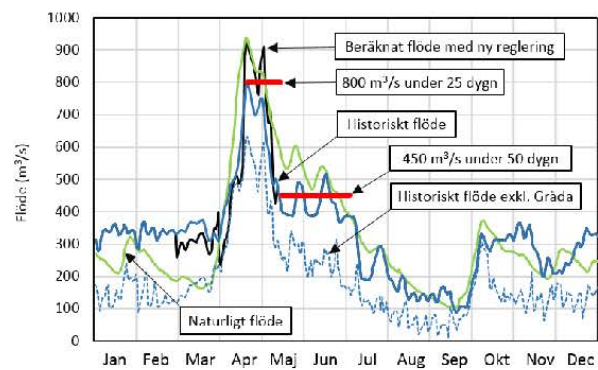
Figur 5:6. Flöden vid Gråda 1999, reglering av Siljan.



Figur 5:7. Trängslets nivåer 1999, reglering av Siljan.



Figur 5:8. Siljans nivåer 1999, reglering av Siljan.



Figur 5:9. Flöden vid Näs kraftstation 1999, reglering av Siljan.

Antal dygn som överskrider målflödena 800 respektive 450 m³/s samt de lägre flödena 700 respektive 400 har beräknats år 1999 för Alternativ 2:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800$ m ³ /s	Dygn då $800 > q > 450$ m ³ /s
Alternativ 2	14	30

Tabell 5:7. Alt 2, 1999. Antal dygn då flödena 800/450 m³/s överskrider i Näs.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700$ m ³ /s	Dygn då $700 > q > 400$ m ³ /s
Alternativ 2	18	43

Tabell 5:8. Alt 2, 1999. Antal dygn då flödena 700/400 m³/s överskrider i Näs.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	143,1	0,0	114,9	1,3	113,9	1,0
Forshuvud-Bullerf.	265,9	1,0	694,7	5,6	682,7	11,9
Domnarvet	265,9	6,5	128,9	12,4	125,9	3,0
Långhag	309,8	10,7	295,0	16,1	289,7	5,3
Skedvi	310,8	14,9	235,6	20,2	231,4	4,2
Avesta Storfors	323,5	29,2	202,1	33,6	199,1	3,0
Lillfors	323,5	12,1	136,5	17,6	134,1	2,4
Näs	328,0	14,9	137,2	20,3	134,9	2,4
Söderfors	344,3	17,1	107,6	22,3	105,8	1,7
Untra	344,9	28,5	335,1	32,9	330,5	4,6
Lanforsen	347,7	8,5	240,3	14,9	235,7	4,6
Älvkarleby	347,7	4,2	564,5	10,4	554,3	10,2
Totalt	-	-	3192,2	-	3137,9	54,3

Tabell 5:9. Produktionsförluster 1999 vid reglering av Siljan för att uppnå målsценarierna.

5.3 Flöden och nivåer 2006

5.3.1 Med Trängslet och Siljan

Magasinen befann sig på följande nivåer den 1 mars 2006:

Magasin	Nivå (möh)	Volym (Mm ³)
Trängslet	398,26	175,2
Siljan	160,20	98,5

Tabell 5:10. Nivåer och volymer 2006.

År 2006 kom vårfloden till Siljan omkring den 15 april. Under några dygn steg de naturliga tillrinningarna från ca 40 m³/s till över 100 m³/s.

Det reglerade maxflödet 656 m³/s i Näs inträffade den 10 maj. Tappningen från Siljan skulle därför ha inletts den 8 maj eftersom det är 2 dygns gångtid till Näs. Tappningen

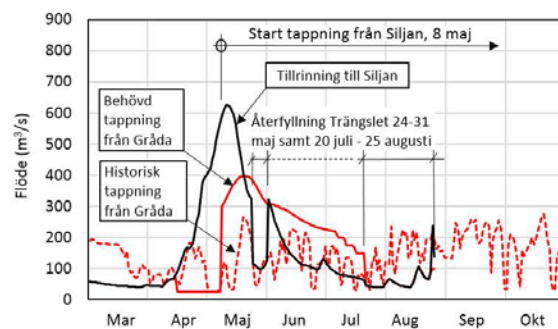
skulle ha avslutats den 1 juni. Den naturliga medeltillrinningen till Siljan från vårflodens början den 15 april till den 7 maj var 301,4 m³/s inklusive Skattungens mintappning 8,0 m³/s. Av denna tillrinning skulle 25 m³/s ha tappats vidare genom Gråda som minflöde medan 276,4 m³/s kunde ha lagrats. Den 7 maj skulle Siljans volym ha ökat till:

$$98,5 + 276,4 \cdot 3600 \cdot 24 \cdot 23 / 1000000 = 647,8 \text{ Mm}^3$$

Siljan hade då legat på nivån +161,75 m, dvs 0,03 m under regleringsgränsen.

Enligt vattenhushållningsbestämmelserna ska Trängslets nivå vara minst +405,0 m och dess volym 319,7 Mm³ den 1 juni. För att stiga till denna nivå måste volymen öka med 144,5 Mm³. Eftersom Siljans vattenstånd hade varit högre än +161,0 m hade ingen mintappning behövt tappas från Trängslet. Om tappningen från Trängslet stoppats den 24 maj skulle Trängslets magasin fyllts på med 157 Mm³ under dessa 8 dygn med medelflödet 229,3 m³/s och den 1 juni hade nivån 405,6 uppnåtts. Från och med den 2 juni kunde återigen hela tillrinningen till Trängslet tappas vidare till Siljan.

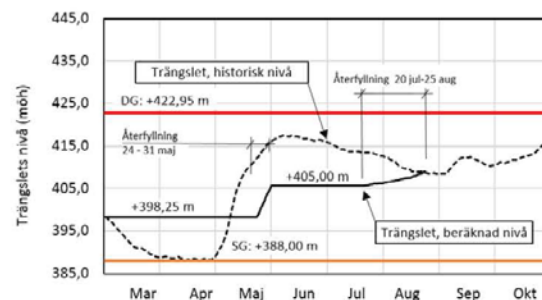
Följande diagram visar Siljans tillrinningshydrograf baserad på naturliga flöden men med hänsyn till vattenhushållningsbestämmelserna under perioden mars-augusti 2006.



Observera att när tillrinningen från Trängslet minskar med ca 200 m³/s under 8 dygn så minskar flödet från Gråda med endast ca 50 m³/s.

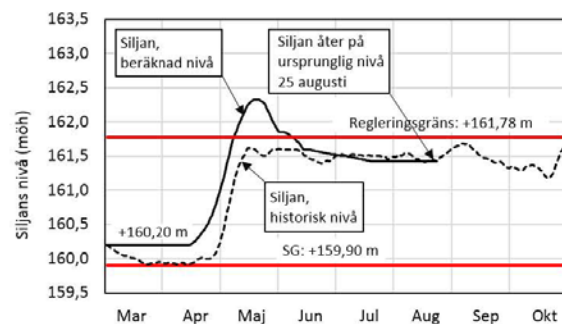
Figur 5.10. Tillrinningar och flöden vid Gråda 2006.

På grund av reglering för målscenarierna avviker Trängsletsjöns nivåer från de ursprungliga fr.o.m. 1 mars t.o.m. 25 augusti.



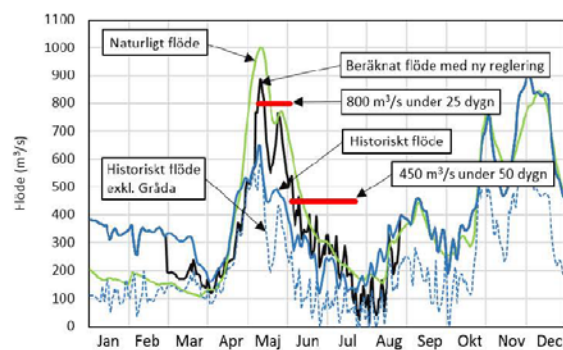
Figur 5.11. Trängslets nivåer 2006, reglering av Trängslet och Siljan.

Även Siljans nivåer avviker. Sjön fylls upp tidigare och regleringsgränsen överskrids under ca 25 dygn, som mest med ca 0,5 m.



Figur 5.12. Siljans nivåer 2006, reglering av Trängslet och Siljan.

Figur 5.12 visar naturliga, uppmätta reglerade samt beräknade flöden vid Näs kraftstation 2006. Dessutom visas reglerade flöden exklusive Grådas.



Figur 5.13. Flöden vid Näs kraftstation 2006, reglering av Trängslet och Siljan.

Antal dygn då målflödena 800 respektive 450 m³/s överskrids liksom antal dygn som de lägre flödena 700 respektive 400 överskrids har beräknats. Dessutom har motsvarande sammanställningar utförts för Alternativ 0 samt för alternativet med naturliga flöden:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $800 < q > 450 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	0	34
Alternativ 1	6	33
Naturligt	16	33

Tabell 5.11. Alt 1, 2006. Antal dygn då målflödena 800/450 m³/s överskrids.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $700 > q > 400 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	0	41
Alternativ 1	12	31
Naturligt	31	24

Tabell 5.12. Alt 1, 2006. Antal dygn då målflödena 700/400 m³/s överskrids.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk		Normal reglering	Reglering för målflöden	
-----------	--	------------------	-------------------------	--

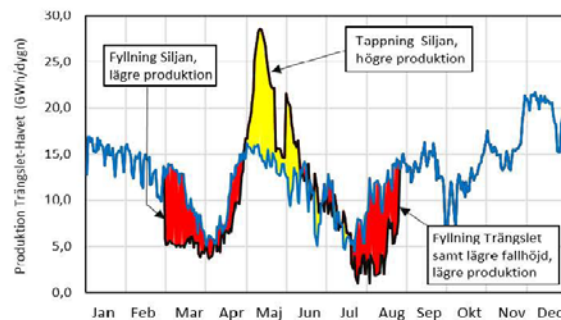
	Tillrinning (m ³ /s)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Förlust (GWh/år)
Trängslet	70,3	0,0	662,8	0,0	649,6	13,15
Åsen	72,5	1,1	140,2	13,3	116,4	23,84
Väsa	95,7	2,2	71,7	16,6	60,7	11,04
Blyberg	95,7	2,2	75,1	16,6	63,6	11,56
Spjutmo	95,6	0,3	149,0	12,5	130,0	19,02
Totalt	-	-	1098,8	-	1020,2	78,60

Tabell 5.13. Prod.förluster 2006 vid reglering av Trängsletsjön för att uppnå målsценarierna.

Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för mållöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	178,8	5,7	139,1	9,2	136,3	2,82
Forshuvud-Bullerf.	325,5	15,5	813,1	22,7	794,1	19,05
Domnarvet	325,5	30,7	146,5	43,0	140,4	6,10
Långhag	367,0	32,8	329,5	43,5	319,0	10,50
Skedvi	368,0	41,0	260,4	53,3	250,5	9,82
Avesta Storfors	383,7	69,4	215,8	81,9	207,2	8,62
Lillfors	383,7	35,2	152,7	45,9	148,1	4,68
Näs	388,8	41,3	152,3	53,3	147,1	5,26
Söderfors	404,5	44,3	118,4	56,4	114,4	3,98
Untra	405,0	68,0	356,9	80,8	343,4	13,46
Lanforsen	407,4	22,7	272,6	29,9	267,5	5,15
Ålvkarleby	407,4	13,6	647,3	17,5	640,9	6,40
Totalt			3604,7		3508,8	95,84

Tabell 5.14. Prod.förluster 2006 vid reglering av Trängslet och Siljan för att uppnå målsценarierna.

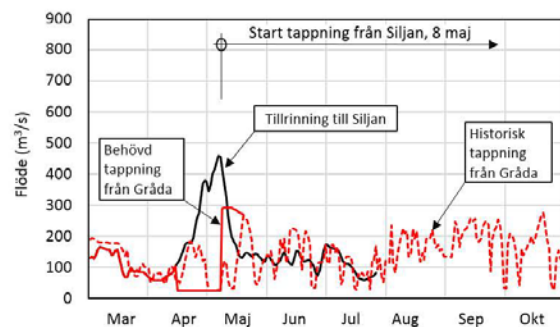
Den totala produktionsförlusten av regleringen år 2006 har beräknats till 174 GWh pga ökat spill i kraftverken mellan Trängslet och havet samt lägre fallhöjd i Trängslets kraftstation. Figur 5.14 visar att regleringen medför att från mars-april då behovet av årsreglerkraft är stort minskar produktionen med 220 GWh medan produktionen ökar med 282 GWh i maj-juni då det råder överskott på energi. I juli-augusti minskar energiproduktionen med 236 GWh.



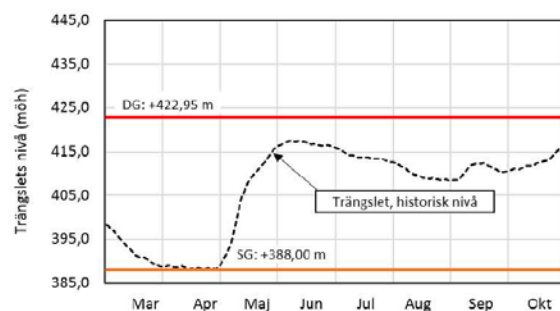
Figur 5.14. Produktion 2006, Trängslet t.o.m. Ålvkarleby, i GWh/dygn vid historisk reglering och ny reglering.

5.3.2 Reglering med Siljan

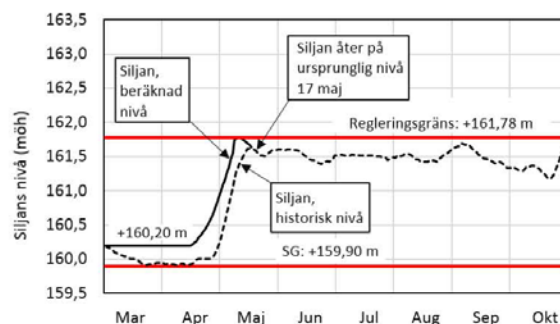
Produktionsförluster och antal dygn som målflödena överskrids i Näs då endast Siljan regleras, Alternativ 2, beräknas på motsvarande sätt som för fallet där även Trängslet regleras, Alternativ 1.



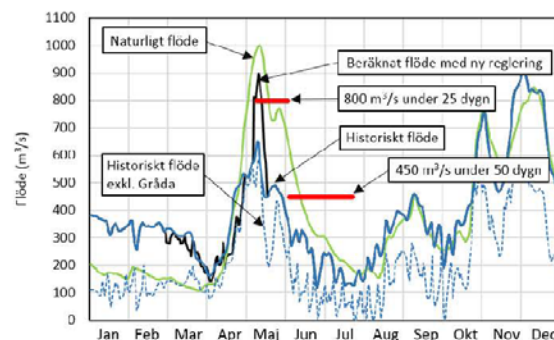
Figur 5:15. Flöden vid Gråda 2006, reglering av Siljan.



Figur 5:16. Trängslets nivåer 2006, reglering av Siljan.



Figur 5:17. Siljans nivåer 2006, reglering av Siljan.



Figur 5:18. Flöden vid Näs kraftstation 2006, reglering av Siljan.

Antal dygn som överskrider målflödena 800 respektive 450 m³/s samt de lägre flödena 700 respektive 400 har beräknats år 2006 för Alternativ 2:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $800 > q > 450 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 2	5	23

Tabell 5:15. Alt 2, 2006. Antal dygn då flödena 800/450 m³/s överskrids i Näs.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $700 > q > 400 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 2	7	27

Tabell 5:16. Alt 2, 2006. Antal dygn då flödena 700/400 m³/s överskrids i Näs.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	178,8	5,7	139,1	6,7	138,2	0,8
Forshuvud-Bullerf.	325,5	15,5	813,1	19,9	801,6	11,6
Domnarvet	325,5	30,7	146,5	36,5	143,6	2,9
Långhag	367,0	32,8	329,5	38,3	324,1	5,4
Skedvi	368,0	41,0	260,4	46,8	255,7	4,6
Avesta Storfors	383,7	69,4	215,8	73,3	213,1	2,7
Lillfors	383,7	35,2	152,7	40,6	150,4	2,4
Näs	388,8	41,3	152,3	46,7	149,9	2,4
Söderfors	404,5	44,3	118,4	49,4	116,7	1,7
Untra	405,0	68,0	356,9	71,8	352,9	4,0
Lanforsen	407,4	22,7	272,6	27,7	269,0	3,6
Älvkarleby	407,4	13,6	647,3	16,8	642,0	5,3
Totalt	-	-	3604,7	-	3557,3	47,4

Tabell 5:17. Produktionsförluster 2006 vid reglering av Siljan för att uppnå målscenarierna.

5.4 Flöden och nivåer 2010

5.4.1 Reglering med Trängslet och Siljan

Magasinen befann sig på följande nivåer den 1 mars 2010 då beslut skulle ha fattats om att genomföra översvämningstappningar:

1 mars 2010	Nivå (möh)	Volym (Mm ³)
Trängslet	394,95	111,0
Siljan	160,37	155,8

Tabell 5:18. Nivåer och volymer 2010.

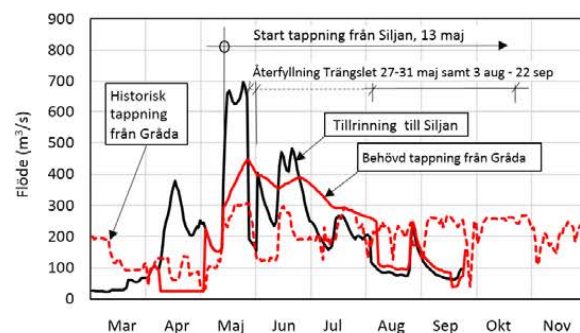
År 2010 kom vårfloden till Siljan omkring den 5 april. Under några dygn skulle de naturliga tillrinningarna stigit från ca 70 m³/s till över 200 m³/s.

Den 19 maj var det reglerade flödet i Näs 761 m³/s. Några dagar senare, den 24 maj, uppmättes maxflödet 869 m³/s. Tappningen från Siljan skulle ha inletts redan den 17 maj på grund av 2 dygns gångtid till Näs.

Den naturliga tillrinningen till Siljan efter vårflodens början den 5 april var hög och Siljan skulle ha varit full den 2 maj. Den 3 maj t.o.m. den 12 maj skulle då Trängslets hela tillrinning 95,35 m³/s sparats eftersom det inte finns några mintappningskrav från Trängslet då Siljans nivå är högre än +161,00 m. Trängslets volym skulle ha ökat med 82,4 Mm³, från 111,0 till 193,4 Mm³ och nivån hade stigit från +394,95 m till +399,17 m.

Enligt vattenhushållningsbestämmelserna ska Trängslets nivå vara minst +405,0 m och dess volym 319,7 Mm³ den 1 juni. För att stiga till denna nivå måste volymen öka med 126,3 Mm³. Eftersom Siljans vattenstånd hade varit högre än +161,0 m hade ingen mintappning behövt tappas från Trängslet. Om tappningen från Trängslet stoppats den 27-31 maj skulle Trängslets magasin under dessa dygn fyllts på med 149 Mm³ och den 1 juni hade nivån 405,94 uppnåtts. Från och med den 2 juni kunde återigen hela tillrinningen till Trängslet tappas vidare till Siljan. Den 22 september hade både Siljan och Trängslet varit tillbaka på de nivåer som uppmättes vid normal reglering.

Nedanstående diagram visar Siljans tillrinningshydrograf baserad på naturliga flöden men med hänsyn till vattenhushållningsbestämmelserna från och med den 1 mars t.o.m. den 22 september 2010. Diagrammet visar också Grådas historiska tappningar samt beräknade totaltappningar om en översvämningsreglering hade genomförts.



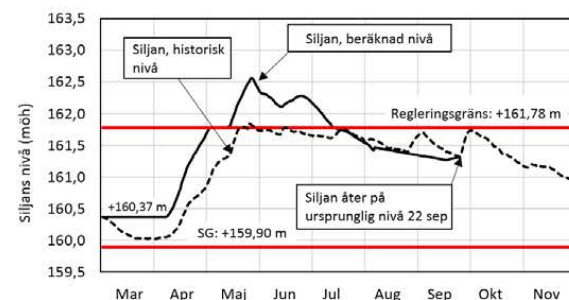
Figur 5:19. Flöden vid Gråda 2010, reglering av Trängslet+Siljan.

På grund av ändrade regleringar avviker Trängslets och Siljans nivåer från de uppmätta fr.o.m. 1 mars t.o.m. 22 september.



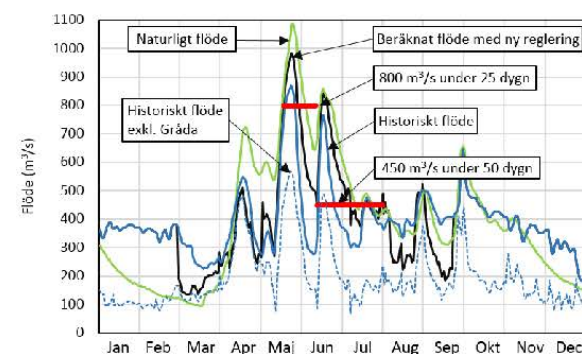
Figur 5:20. Trängslets nivåer 2010, reglering av Trängslet och Siljan.

Även Siljans nivåer avviker. Sjön fylls upp tidigare och regleringsgränsen överskrids under ca 60 dygn, som mest med ca 0,78 m.



Figur 5:21. Siljans nivåer 2010, reglering av Trängslet och Siljan.

Figur 6:12 visar naturliga, uppmätta reglerade samt beräknade målflöden vid Näs kraftstation 2010. Dessutom visas reglerade flöden exklusive Grådas.



Figur 5:22. Flöden vid Näs kraftstation 2010, reglering av Trängslet och Siljan.

Antal dygn då målflödena 800 respektive 450 m^3/s överskrids liksom antal dygn som de lägre flödena 700 respektive 400 överskrids har beräknats. Dessutom har

motsvarande sammanställningar utförts för Alternativ 0 samt för alternativet med naturliga flöden:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $800 > q > 450 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	7	42
Alternativ 1	15	57
Naturligt	26	75

Tabell 5:19. Alt 1, 2010. Antal dygn då målflödena 800/450 m^3/s överskrids.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $700 > q > 400 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	15	51
Alternativ 1	24	76
Naturligt	41	81

Tabell 5:20. Alt 1, 2010. Antal dygn då målflödena 700/400 m^3/s överskrids.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m^3/s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m^3/s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m^3/s)	Prod. (GWh/år)	
Trängslet	75,0	0,0	719,2	0,0	692,2	27,0
Åsen	77,3	0,2	151,4	9,4	133,4	18,0
Väsa	96,6	0,5	73,7	10,0	66,4	7,3
Blyberg	96,6	0,5	77,2	10,0	69,6	7,6
Spjutmo	102,4	0,1	160,0	7,6	148,2	11,8
Totalt			1181,4		1092,7	71,7

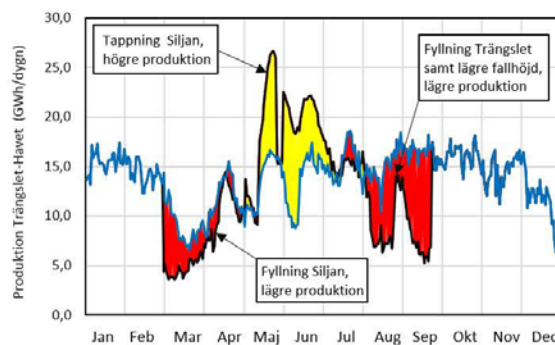
Tabell 5:21. Prod.förluster 2010 vid reglering av Trängsletsjön för att uppnå målsценarierna.

Kraftverk	Tillrinning (m^3/s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m^3/s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m^3/s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	199,1	1,5	158,8	15,0	147,9	10,9
Forsh.-Bullerforsen	342,0	8,3	875,2	16,9	852,4	22,8
Domnarvet	342,0	19,7	160,1	35,1	152,4	7,7
Långhag	375,2	15,6	354,6	27,7	342,7	11,9
Skedvi	376,2	21,3	282,6	36,3	270,7	11,9
Avesta Storfors	388,5	42,9	237,3	60,8	225,0	12,3
Lillfors	388,5	15,6	163,4	27,6	158,2	5,2
Näs	392,9	19,0	163,9	32,1	158,1	5,7
Söderfors	406,5	19,5	127,2	32,0	123,1	4,1
Untra	407,1	35,7	393,4	51,8	376,3	17,1
Lanforsen	409,7	8,3	284,4	17,4	278,0	6,4
Älvkarleby	409,7	3,9	667,0	11,3	654,8	12,2
Totalt			3867,9		3739,7	128,2

Tabell 5:22. Prod.förluster 2010 vid reglering av Trängslet och Siljan för att uppnå målsценarierna.

Totala produktionsförlusten av regleringen år 2010 har beräknats till ca 200 GWh pga ökat spill i kraftverken mellan Trängslet och havet samt lägre fallhöjd i Trängslets kraftstation. Figur 5:23 visar att regleringen medför att från mars-april då behovet av årsreglerkraft är stort minskar produktionen med 173 GWh medan produktionen ökar

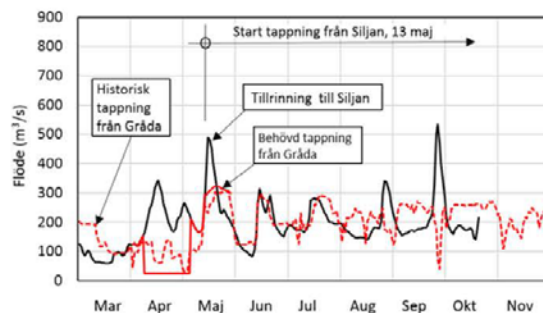
med 342 GWh i maj-juni då det råder överskott på energi. I juli-september minskar energiproduktionen med 369 GWh.



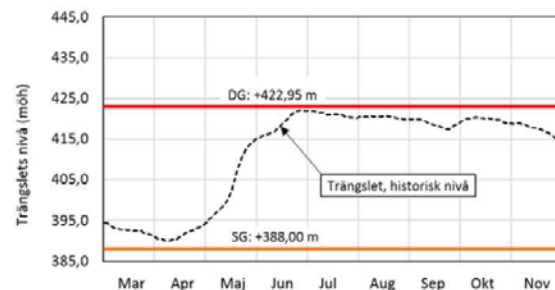
Figur 5.23. Produktion 2010, Trängslet t.o.m. Älvkarleby, i GWh/dygn vid historisk reglering och ny reglering.

5.4.2 Reglering med Siljan

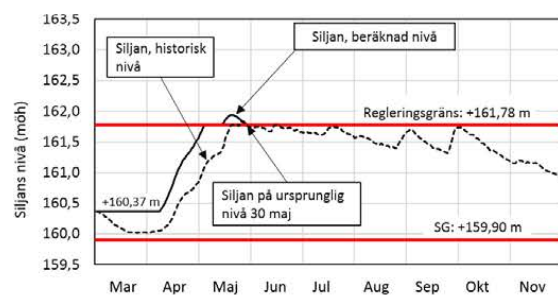
Produktionsförluster och antal dygn som målflödena överskrider i Näs då endast Siljan regleras, Alternativ 2, beräknas på motsvarande sätt som för fallet där även Trängslet regleras, Alternativ 1.



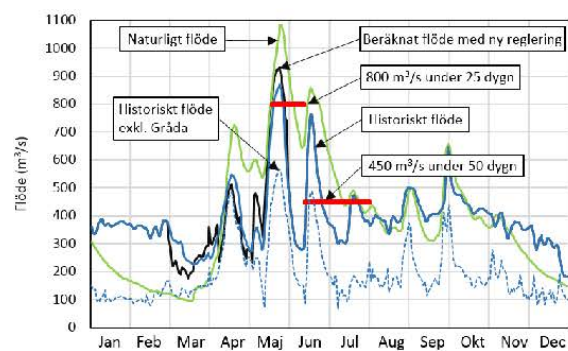
Figur 5.24. Flöden vid Gråda 2010, reglering av Siljan.



Figur 5.25. Trängslets nivåer 2010, reglering av Siljan.



Figur 5:26. Siljans nivåer 2010, reglering av Siljan.



Figur 5:27. Flöden vid Näs kraftstation 2010, reglering av Siljan.

Antal dygn som överskrider målflödena 800 respektive 450 m³/s samt de lägre flödena 700 respektive 400 har beräknats år 2010 för Alternativ 2:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $800 > q > 450 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 2	11	37

Tabell 5:23. Alt 2, 2010. Antal dygn då flödena 800/450 m³/s överskrids i Näs.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $700 > q > 400 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 2	18	49

Tabell 5:24. Alt 2, 2010. Antal dygn då flödena 700/400 m³/s överskrids i Näs.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m³/s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	199,1	1,5	158,8	5,1	155,8	3,0
Forsh.-Bullerforsen	342,0	8,3	875,2	11,9	865,6	9,6
Domnarvet	342,0	19,7	160,1	24,2	157,8	2,3
Långhag	375,2	15,6	354,6	19,7	350,6	4,0
Skedvi	376,2	21,3	282,6	25,8	279,0	3,6
Avesta Storfors	388,5	42,9	237,3	46,3	235,0	2,3
Lillfors	388,5	15,6	163,4	19,4	161,7	1,7
Näs	392,9	19,0	163,9	22,0	162,6	1,3
Söderfors	406,5	19,5	127,2	20,7	126,8	0,4
Untra	407,1	35,7	393,4	37,3	391,7	1,7
Lanforsen	409,7	8,3	284,4	10,3	283,0	1,4
Älvkarleby	409,7	3,9	667,0	6,3	663,0	4,0
Totalt			3867,9		3832,7	35,2

Tabell 5:25. Produktionsförluster 2010 vid reglering av Siljan för att uppnå målscenarierna.

5.5 Flöden och nivåer 2015

5.5.1 Reglering med Trängslet och Siljan

Magasinen befann sig på följande nivåer den 1 mars 2015 då beslut skulle ha fattats om att genomföra översvämningstappningar:

1 mars 2015	Nivå (moh)	Volym (Mm³)
Trängslet	399,55	201,0
Siljan	160,5	199,6

Tabell 5:26. Nivåer och volymer 2015.

År 2015 kom vårfloden till Siljan omkring den 15 april. Under drygt en vecka steg de naturliga tillrinningarna från ca 100 m³/s till över 300 m³/s.

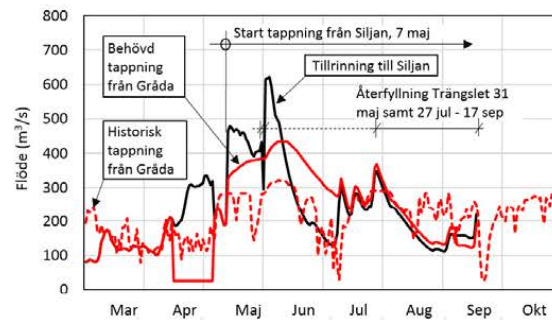
Det reglerade maxflödet 823 m³/s i Näs inträffade den 7 juni. En tidigare flödestopp inträffade den 15 maj då flödet vid Näs var 691 m³/s för att några dagar sedan nå upp till drygt 700 m³/s. Om tappningen från Siljan inleds den 13 maj, på grund av 2 dygns gångtid till Näs, kan både den första och den sista flödestoppen utnyttjas för att erhålla flödet 800 m³/s i Näs.

Den naturliga medeltillrinningen till Siljan efter vårflodens början den 15 april var hög. På grund av detta skulle Siljan ha varit full den 5 maj. Den 6 maj t.o.m. den 12 maj skulle då Trängslets hela tillrinning sparats eftersom det inte finns några mintappningskrav från Trängslet då Siljans nivå är högre än +161,00 m. Trängslets volym hade då ökat med 111 Mm³, från 201,0 till 312 Mm³.

När tappningen inleddes den 13 maj skulle Trängslets nivå legat på nivån +404,67 m. Siljan hade varit full.

Enligt vattenhushållningsbestämmelserna ska Trängslets nivå vara minst +405,0 m och dess volym 319,7 Mm³ den 1 juni. För att stiga till denna nivå måste volymen öka med 7,7 Mm³. Eftersom Siljans vattenstånd hade varit högre än +161,0 m hade ingen mïntappning behövt tappas från Trängslet. Om tappningen från Trängslet stoppats den 31 maj skulle Trängslets magasin under detta dygn fyllts på med 22,6 Mm³ och den 1 juni hade nivån 405,63 uppnåtts. Från och med den 2 juni kunde återigen hela tillrïnnïngen till Trängslet tappas vidare till Siljan.

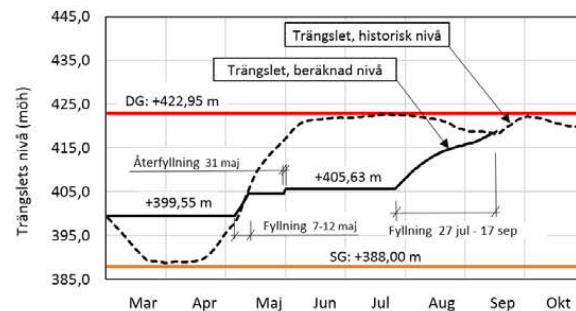
Nedanstående diagram visar Siljans tillrïnnïngshydrograf baserad på naturlïga flöden men med hänsyn till vattenhushållningsbestämmelserna från och med den 15 april t.o.m. den 17 september 2015 då både Trängsletsjön och Siljan återgått till sina naturlïga nivåer. Diagrammet visar också Grådas historiska tappningar samt beräknade totaltappningar om översvämningstappningar hade utförts 2015.



Figur 5:28. Flöden vid Gråda 2015, reglering av Trängslet+Siljan.

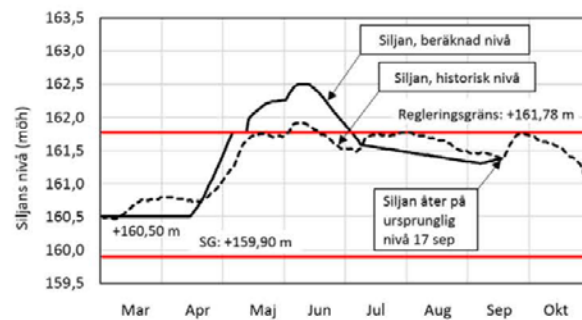
Figurerna 5:26 och 5:27 visar uppmätta nivåer i Trängsletsjön och Siljan samt beräknade nivåer om regleringar för att uppnå målscenarierna hade genomförts.

På grund av de nya regleringarna avviker Trängsletsjöns nivåer från de normalt reglerade fr.o.m. 1 mars t.o.m. 17 september.



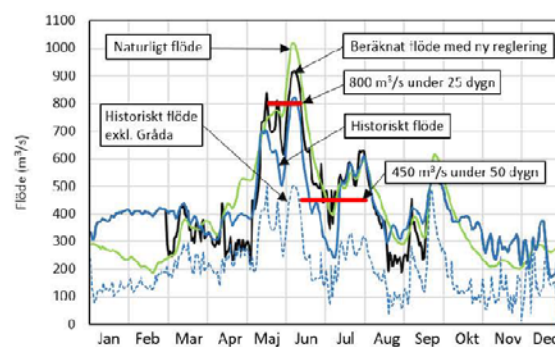
Figur 5:29. Trängslets nivåer 2015, reglering av Trängslet och Siljan.

Även Siljans nivåer avviker. Sjön fylls upp tidigare och regleringsgränsen överskrïds under ca 50 dygn, som mest med ca 0,72 m.



Figur 5:30. Siljans nivåer 2015, reglering av Trängslet och Siljan.

Figur 5:28 visar naturliga, uppmätta reglerade samt beräknade målflöden vid Näs kraftstation 2015. Dessutom visas reglerade flöden exklusive Grådas.



Figur 5:31. Flöden vid Näs kraftstation 2015, reglering av Trängslet och Siljan.

Antal dygn då målflödena 800 respektive 450 m³/s överskrids liksom antal dygn som de lägre flödena 700 respektive 400 överskrids har beräknats. Dessutom har motsvarande sammanställningar utförts för Alternativ 0 samt för alternativet med naturliga flöden:

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 800 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $q > 450 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	4	64
Alternativ 1	12	70
Naturligt	15	89

Tabell 5:27. Alt 1, 2015. Antal dygn då målflödena 800/450 m³/s överskrids.

Regleringsalternativ	Dygn då $q > 700 \text{ m}^3/\text{s}$	Dygn då $q > 400 \text{ m}^3/\text{s}$
Alternativ 0	12	122
Alternativ 1	26	11
Naturligt	35	88

Tabell 5:28. Alt 1, 2015. Antal dygn då målflödena 700/400 m³/s överskrids.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk		Normal reglering	Reglering för målflöden	
-----------	--	------------------	-------------------------	--

	Tillrinning (m³/s)	Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	Förlust (GWh/år)
Trängslet	82,3	0,0	798,8	0,0	770,4	28,4
Åsen	87,2	2,6	166,1	14,3	143,2	22,9
Väsa	113,1	1,2	85,8	17,3	73,4	12,4
Blyberg	113,1	1,2	89,9	17,3	76,9	13,0
Sjöutmö	112,0	0,0	175,1	12,0	156,4	18,7
Totalt	-	-	1315,8	-	1220,4	95,4

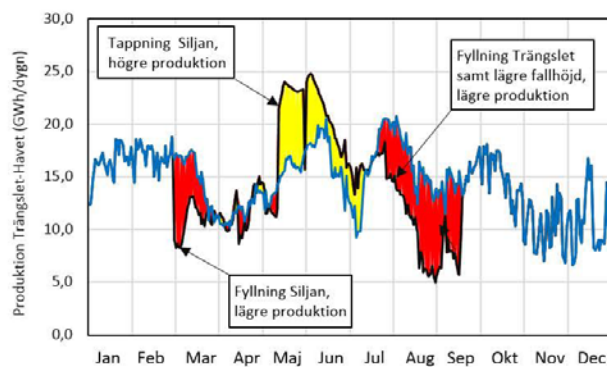
Tabell 5:29. Prod.förluster 2015 vid reglering av Trängsletsjön för att uppnå målsценarierna.

Kraftverk	Tillrinning (m³/s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m³/s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	206,0	3,6	162,7	15,3	153,3	9,4
Forsh.-Bullerforsen	366,6	14,4	923,8	24,0	898,5	25,3
Domnarvet	366,6	33,6	165,4	46,8	158,9	6,5
Långhag	389,5	20,7	363,7	31,9	352,6	11,0
Skedvi	390,5	29,5	287,4	41,8	277,6	9,8
Avesta Storfors	408,0	66,2	234,7	80,4	224,9	9,8
Lillfors	408,0	19,8	170,1	33,1	164,3	5,8
Näs	407,5	25,2	167,6	36,7	162,5	5,1
Söderfors	424,6	23,1	132,0	36,8	127,5	4,5
Untra	425,0	55,5	391,3	69,5	376,5	14,8
Lanforsen	426,9	6,4	297,9	16,8	290,6	7,3
Älvkarleby	426,9	3,1	696,6	9,1	686,7	9,9
Totalt	-	-	3993,2	-	3873,9	119,3

Tabell 5:30. Prod.förluster 2015 vid reglering av Trängslet och Siljan för att uppnå målsценarierna.

Den totala produktionsförlusten av regleringen år 2015 har beräknats till 215 GWh p.g.a. ökat spill i kraftverken mellan Trängslet och havet samt lägre fallhöjd i Trängslets kraftstation.

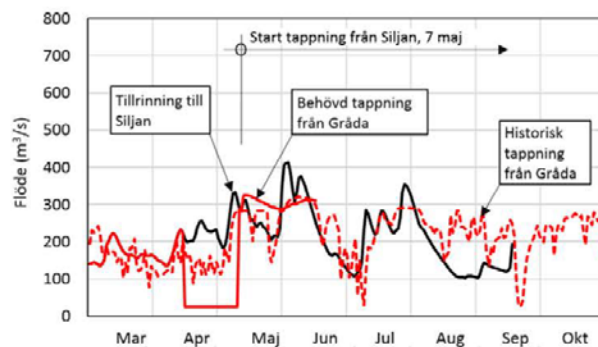
Figur 5:32 visar att regleringen medför att från mars-april då behovet av årsreglerkraft är stort minskar produktionen med 142 GWh medan produktionen ökar med 286 GWh i maj-juni och halva juli då det råder överskott på energi. I slutet av juli till mitten av september minskar energiproduktionen med 359 GWh.



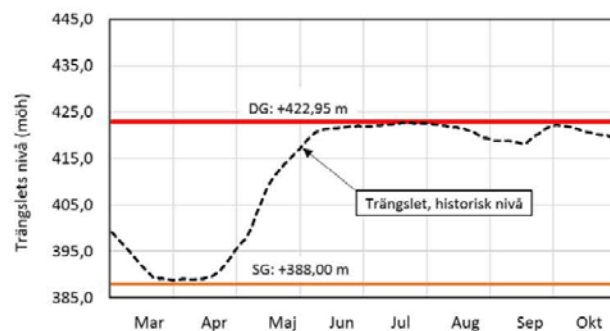
Figur 5.32. Produktion 2015, Trängslet t.o.m. Älvkarleby, i GWh/dygn vid historisk reglering och ny reglering

5.5.2 Reglering med Siljan

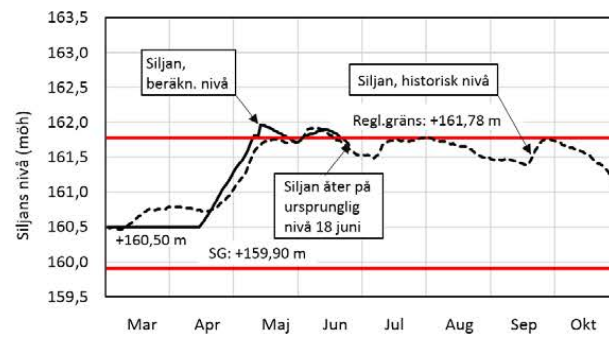
Produktionsförluster och antal dygn som målflödena överskrids i Näs då endast Siljan regleras, beräkningsfall 2, beräknas på motsvarande sätt som för fallet där även Trängslet regleras, beräkningsfall 1.



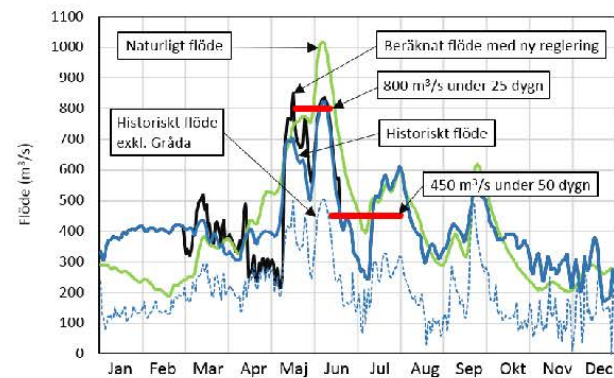
Figur 5.33 Flöden vid Gråda 2015, reglering av Siljan.



Figur 5.34. Trängslets nivåer 2015, reglering av Siljan.



Figur 5:35. Siljans nivåer 2015, reglering av Siljan.



Figur 5:36. Flöden vid Näs kraftstation 2015, reglering av Siljan.

Antal dygn som överskrider målflödena 800 respektive 450 m³/s samt de lägre flödena 700 respektive 400 har beräknats år 2015 för Alternativ 2:

Regleringsalternativ	Dygn då q>800 m ³ /s	Dygn då q>450 m ³ /s
Alternativ 2	7	68

Tabell 5:31. Alt 2, 2015. Antal dygn då flödena 800/450 m³/s överskrids i Näs.

Regleringsalternativ	Dygn då q>700 m ³ /s	Dygn då q>400 m ³ /s
Alternativ 2	22	110

Tabell 5:32. Alt 2, 2015. Antal dygn då flödena 700/400 m³/s överskrids i Näs.

Följande produktionsförluster har beräknats:

Kraftverk	Tillrinning (m ³ /s)	Normal reglering		Reglering för målflöden		Förlust (GWh/år)
		Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	Spill (m ³ /s)	Prod. (GWh/år)	
Gråda	206,0	3,6	162,7	7,9	159,2	3,5
Forsh.-Bullerforsen	366,6	14,4	923,8	18,6	912,5	11,2
Domnarvet	366,6	33,6	165,4	37,8	163,3	2,1
Långhag	389,5	20,7	363,7	25,6	358,8	4,9
Skedvi	390,5	29,5	287,4	34,6	283,4	4,0
Avesta Storfors	408,0	66,2	234,7	74,5	229,0	5,7
Lillfors	408,0	19,8	170,1	26,8	167,1	3,1
Näs	407,5	25,2	167,6	31,0	165,0	2,6
Söderfors	424,6	23,1	132,0	30,5	129,5	2,4
Untra	425,0	55,5	391,3	64,0	382,3	9,0
Lanforsen	426,9	6,4	297,9	11,0	294,7	3,2
Älvkarleby	426,9	3,1	696,6	4,7	694,0	2,6
Totalt	-	-	3993,2	-	3938,9	54,3

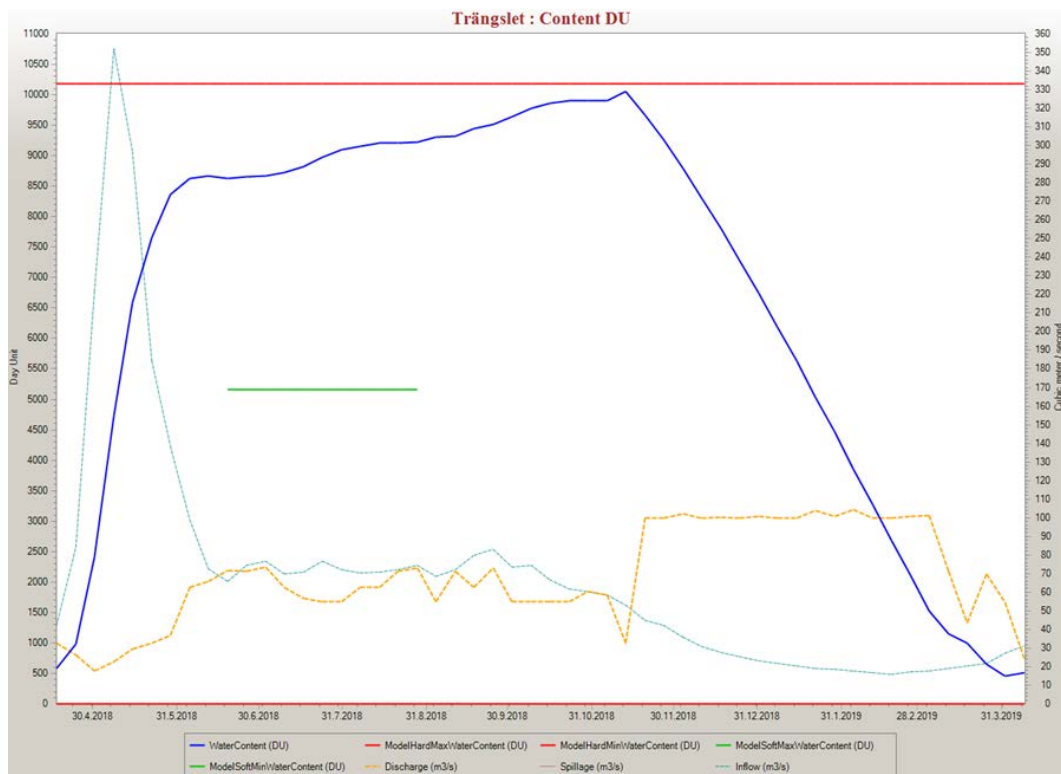
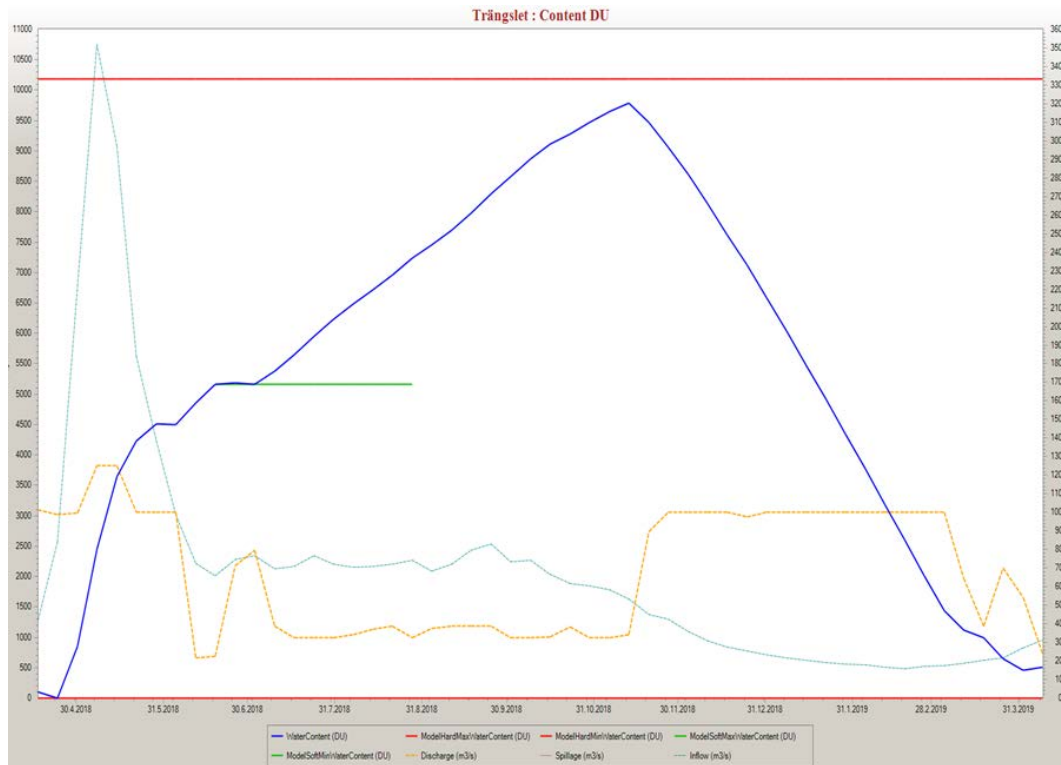
Tabell 5:33. Produktionsförluster 2015 vid reglering av Siljan för att uppnå målscenarierna.

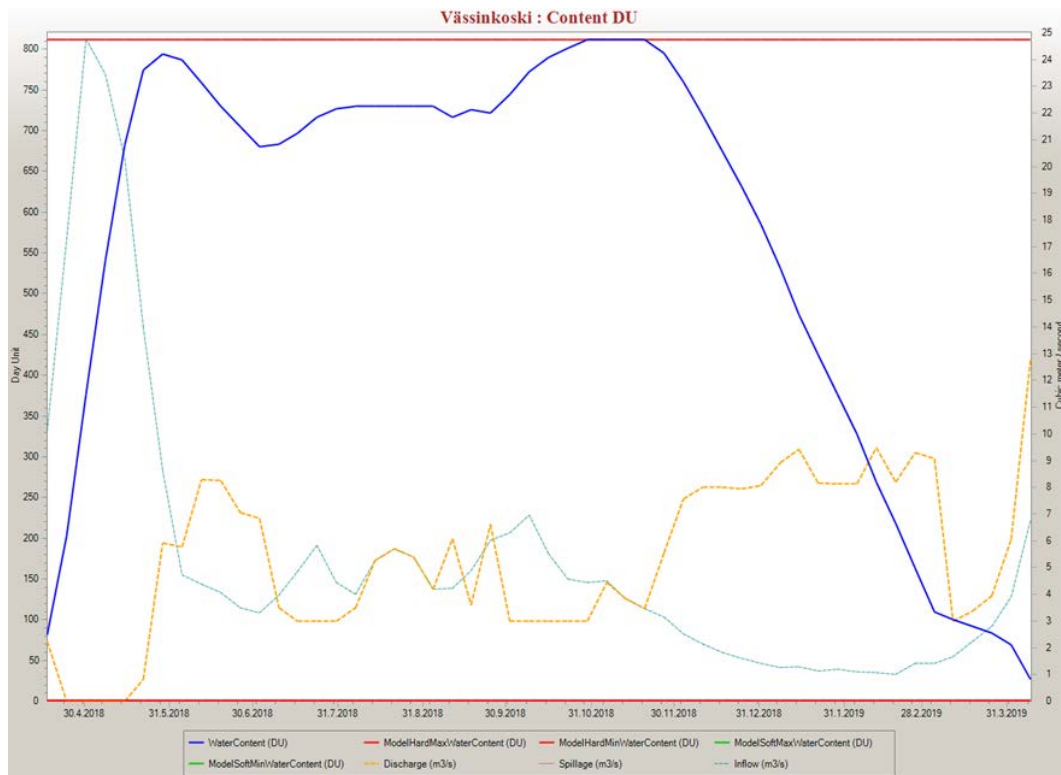
6 SLUTSATS

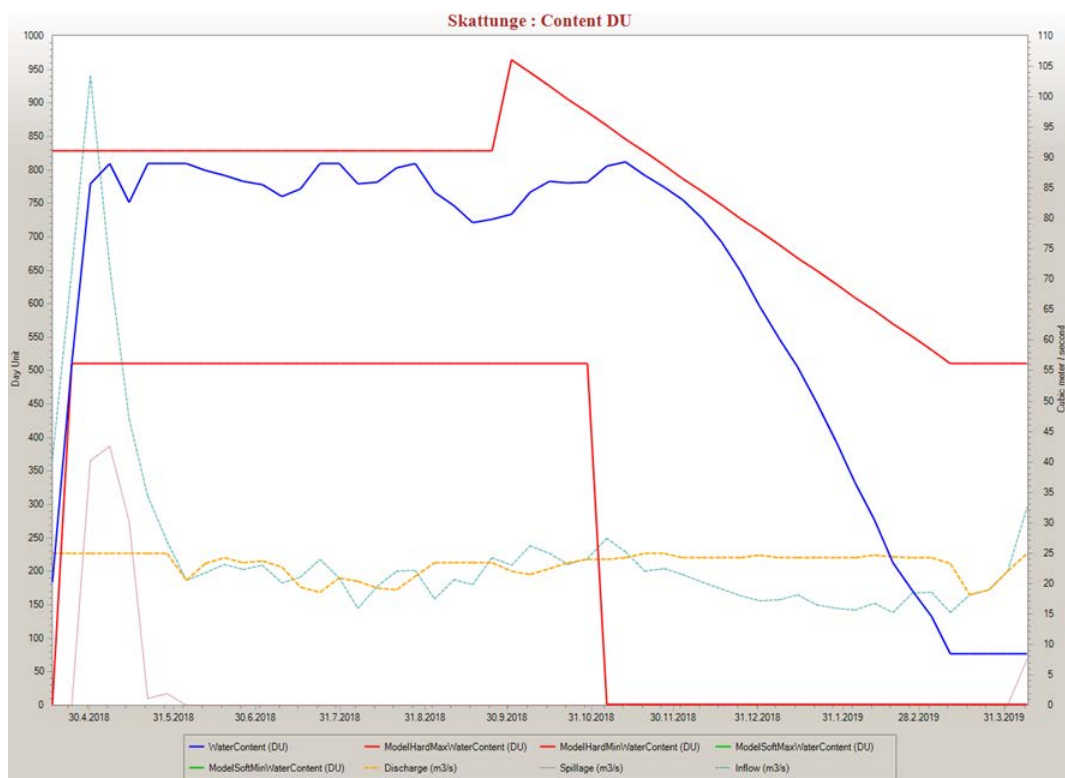
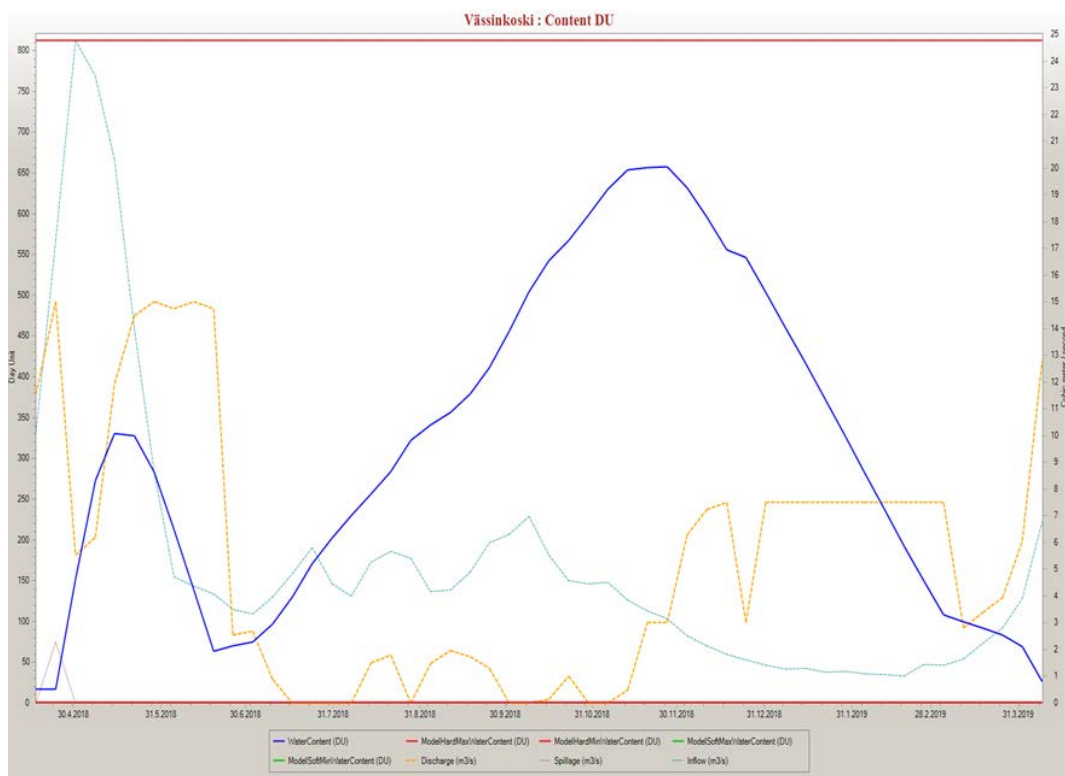
De viktigaste slutsatserna av denna studie sammanfattas i följande punkter:

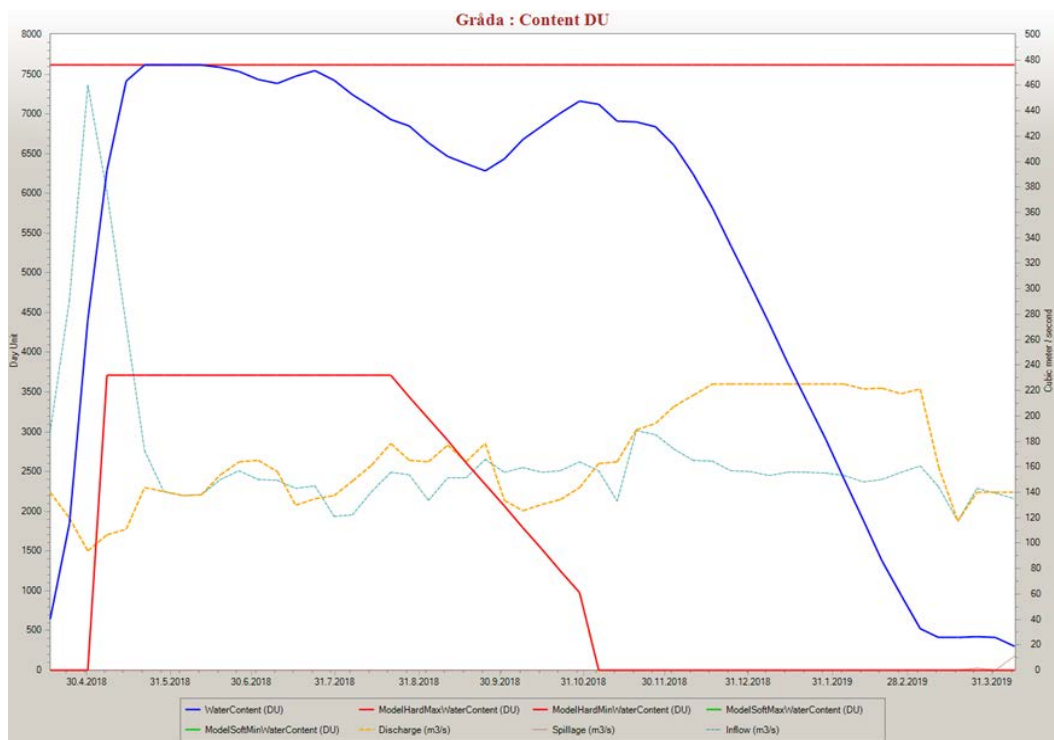
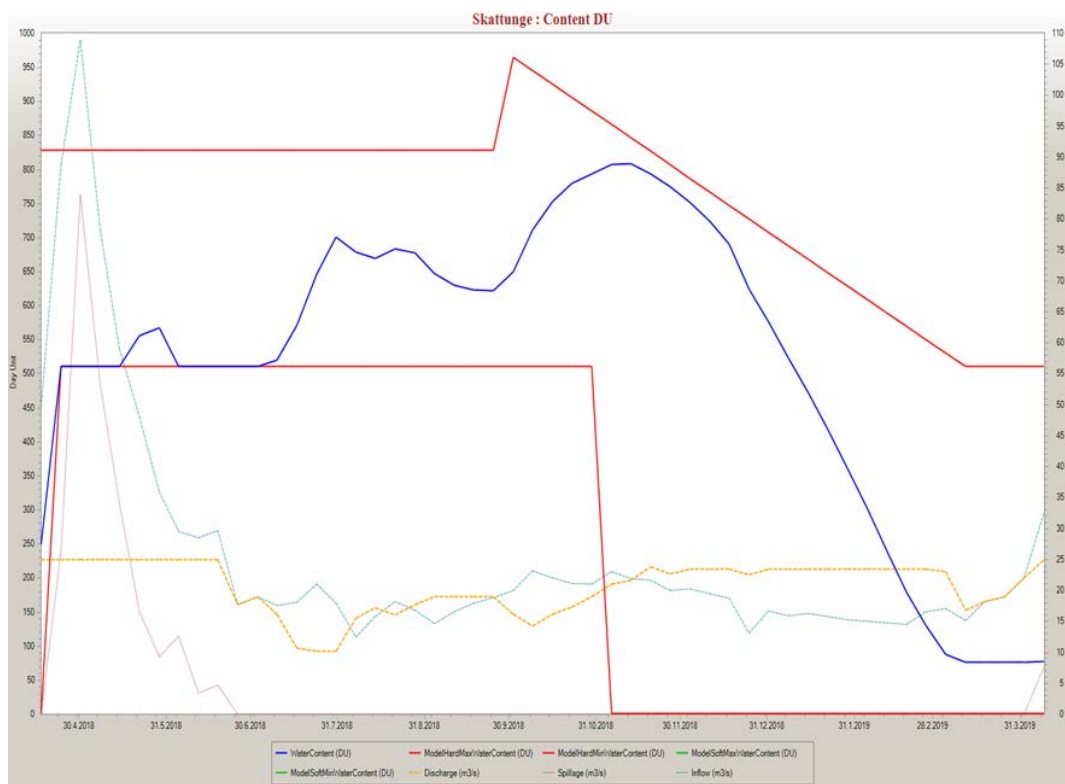
- Med föreslagna regleringar under våtåren 1999, 2006, 2010 och 2015 skulle målflödet 800 m³/s ha uppnåtts vid Näs under 14, 5, 15 respektive 12 dygn.
- Inte ens vid naturliga oreglerade förhållanden skulle målflödet ha uppnåtts under 25 dygn under alla de studerade åren. 1999, 2006 och 2015 skulle målflödet ha uppnåtts under 19, 16 respektive 15 dygn, år 2010 dock under 26 dygn.
- Regleringarna medför att årsreglerkraft flyttas från vintern, då det råder energibrist, till vårflo den då det råder överskott på energi.
- Beräkningarna är utförda med statistik och "facit i hand". I verkligheten är det mycket svårt att prognostisera när flödestopparna från Västerdalälven, Svärdsjövat t endraget och nedre Dalälven når Näs. Risken är därför stor att tappning från Siljan startar för tidigt eller för sent vilket får till följd att antalet dygn i Näs med flöden > 800 m³/s skulle ha blivit färre än vad som här beräknats.
- Det är i det närmaste omöjligt att redan den 1 mars göra en vårflo dsprognos som utgör en säker grund för att ta beslut om regleringar av Trängslet och Siljan ska genomföras för att målflödet vid Näs ska uppnås.
- Vattendomen från Siljan måste frångås då regleringarna för att uppnå målflöden i Näs förutsätter att Siljans nivå medvetet tvingas upp över regleringsgränsen.
- På grund av systemets dynamiska tröghet går det endast att marginellt påverka tappningen från Gråda när den har satts igång.
- Trängsletsjöns nivå kommer under sommaren att ligga lågt under år med reglering för översvämning vilket medför negativ miljöpåverkan för boende och friluftsliv.
- Säkerhetsmarginalerna minskar vid kraftiga regn när Siljan tvingas upp över regleringsgränsen under vårflo den.
- Regleringen medför att systemet används till ett ändamål det ursprungligen ej är designat för. Säkerhetsaspekter med anledning av detta har ej analyserats i detalj.

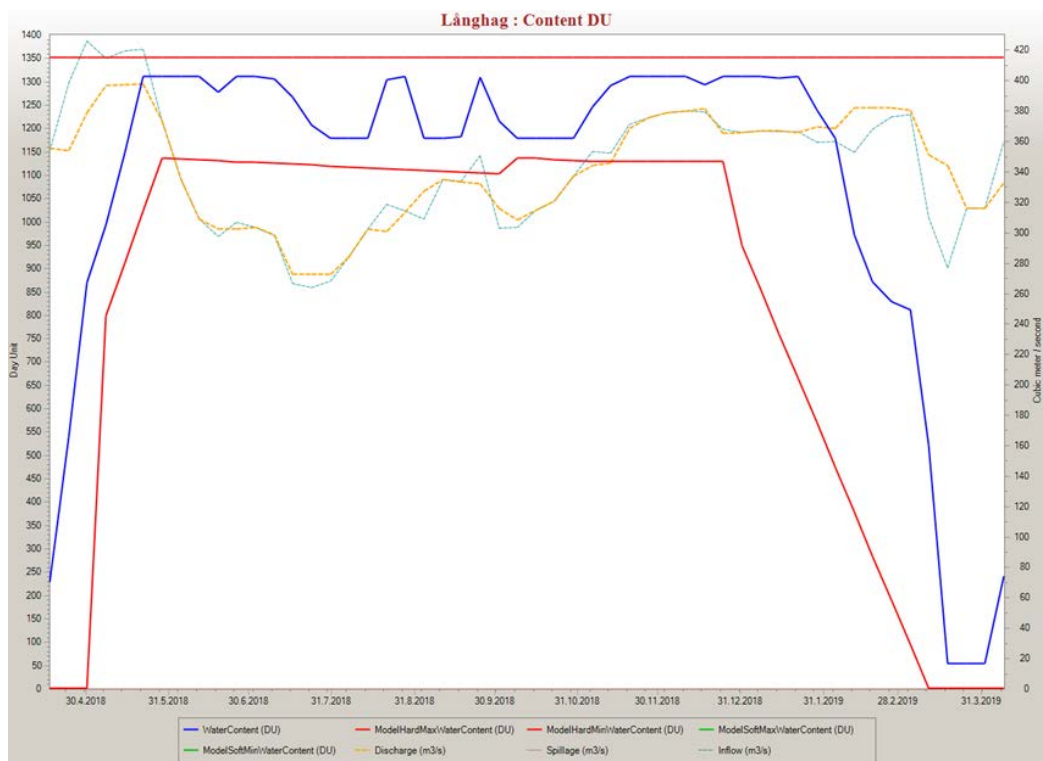
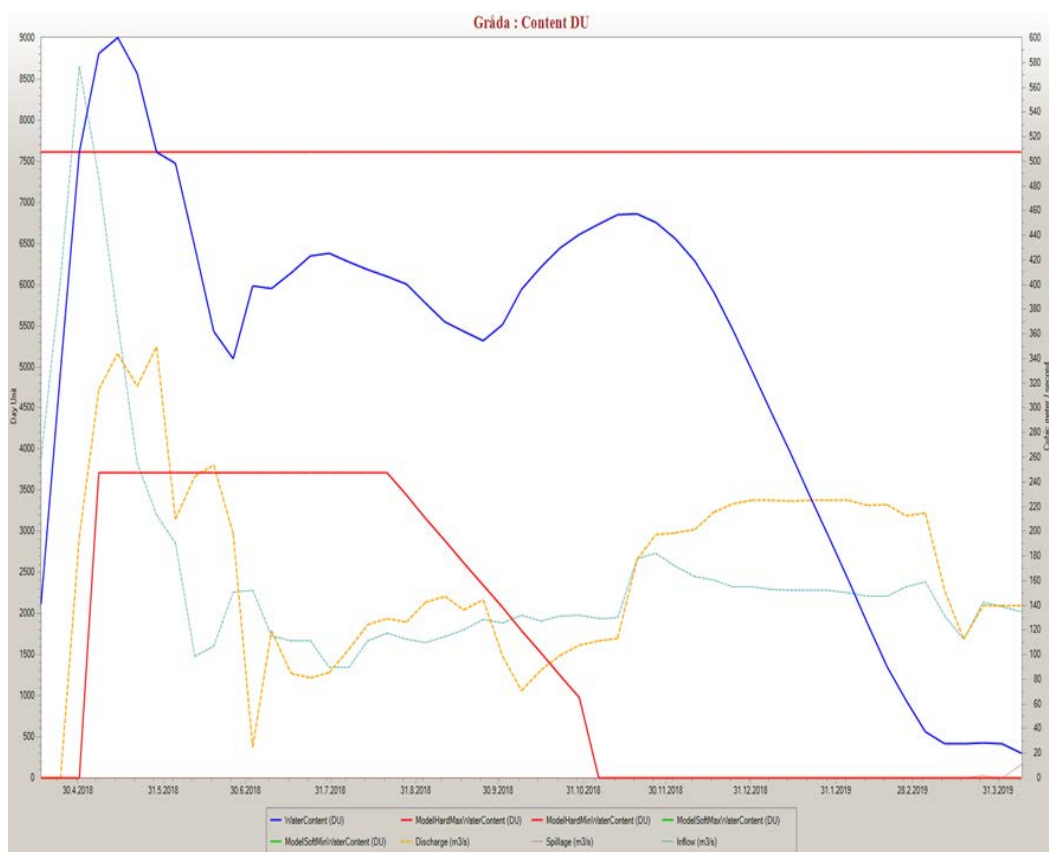
Bilaga 4 Nivåutveckling i magasinen - Fortum "Base 600"

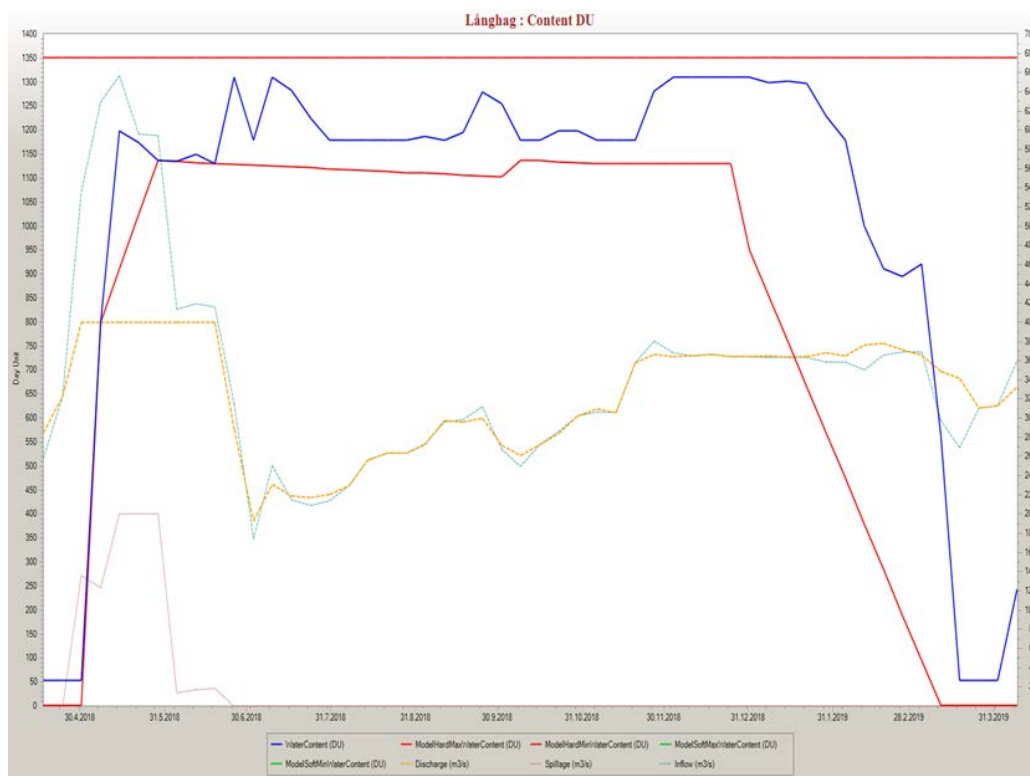




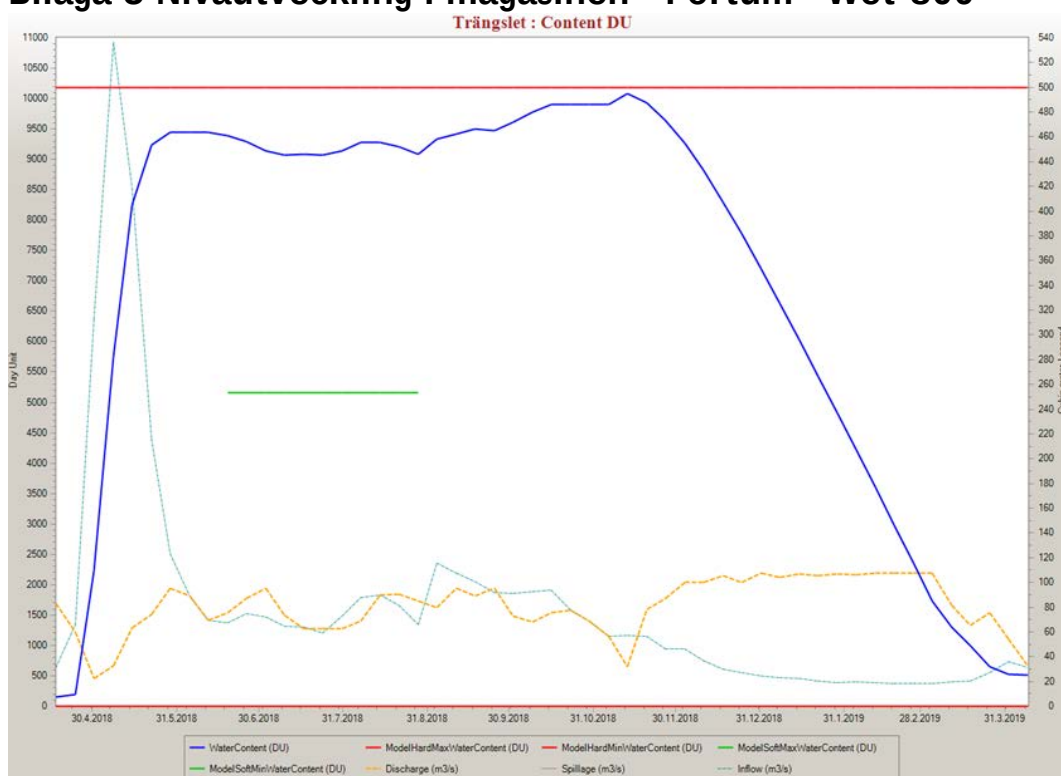


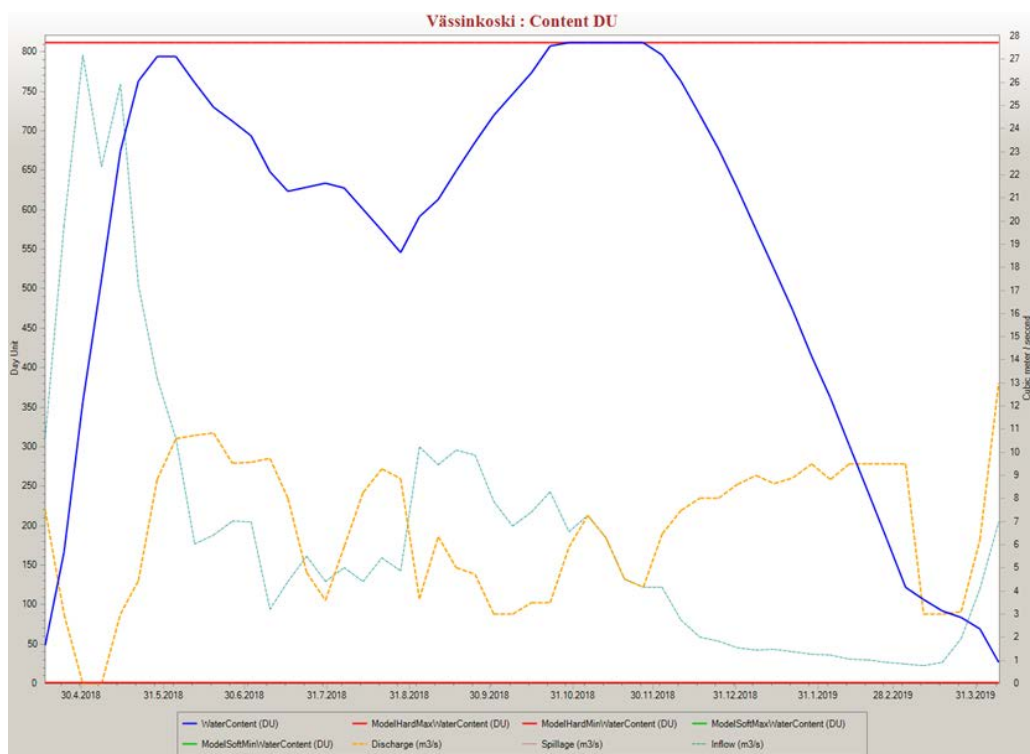
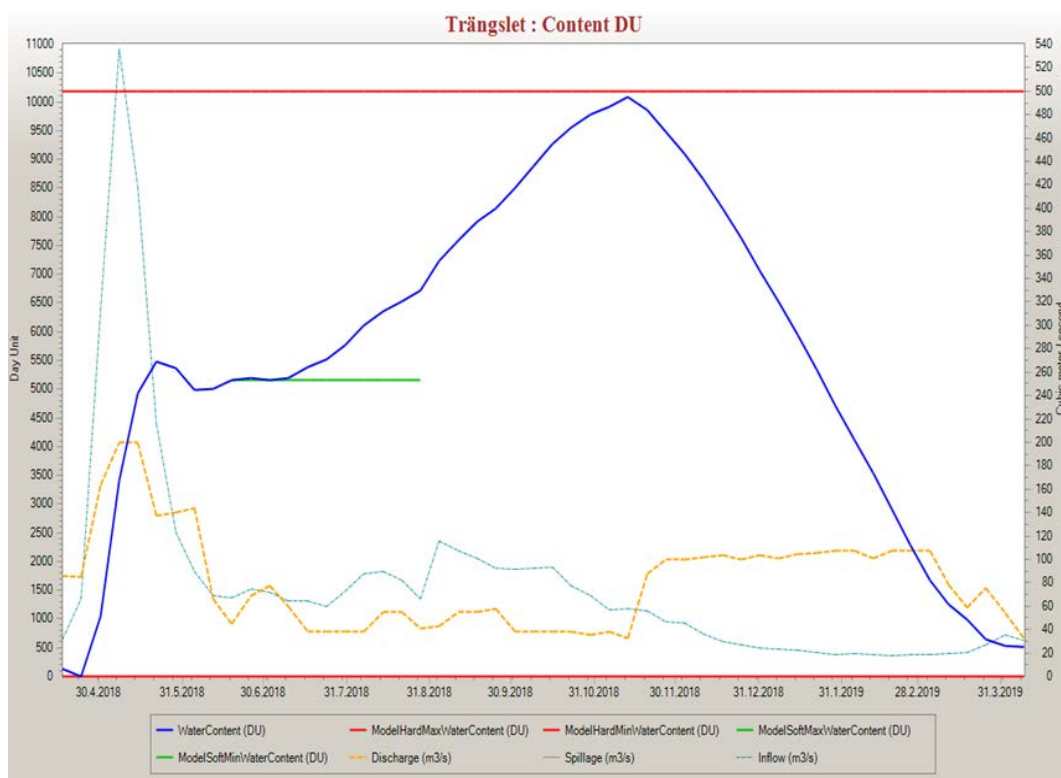


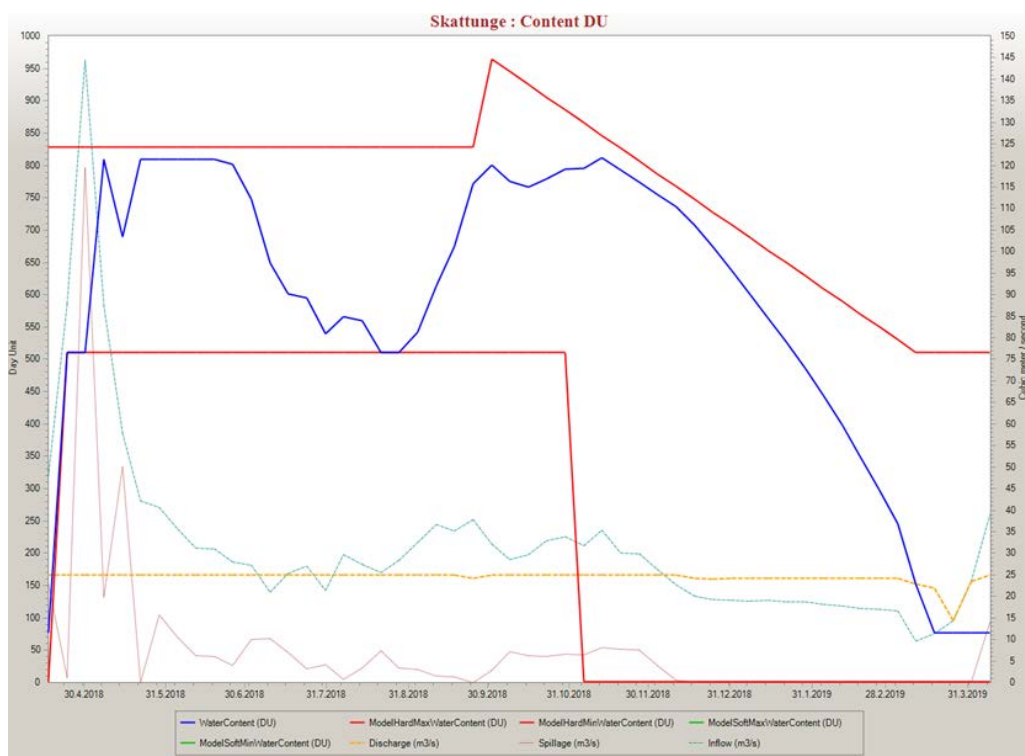
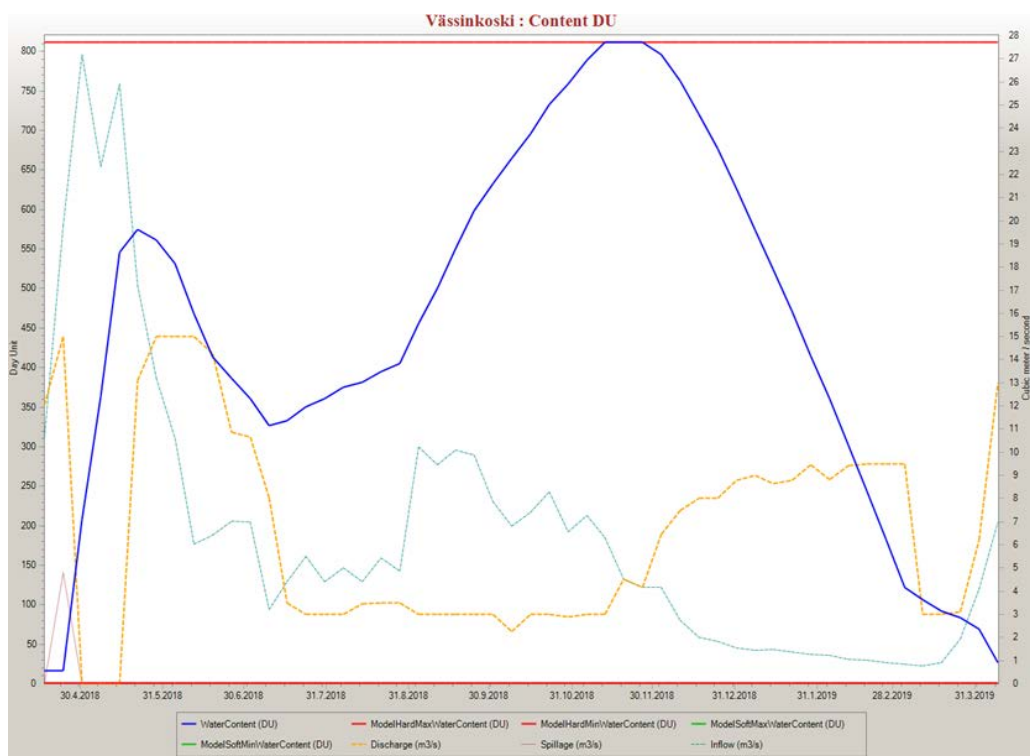


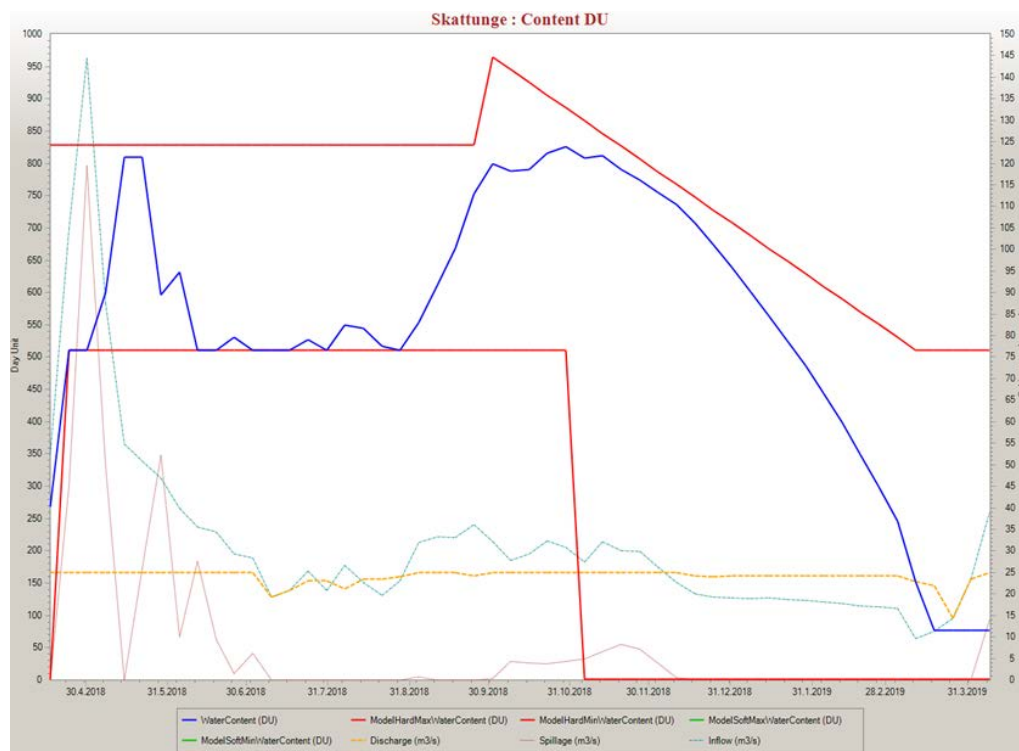


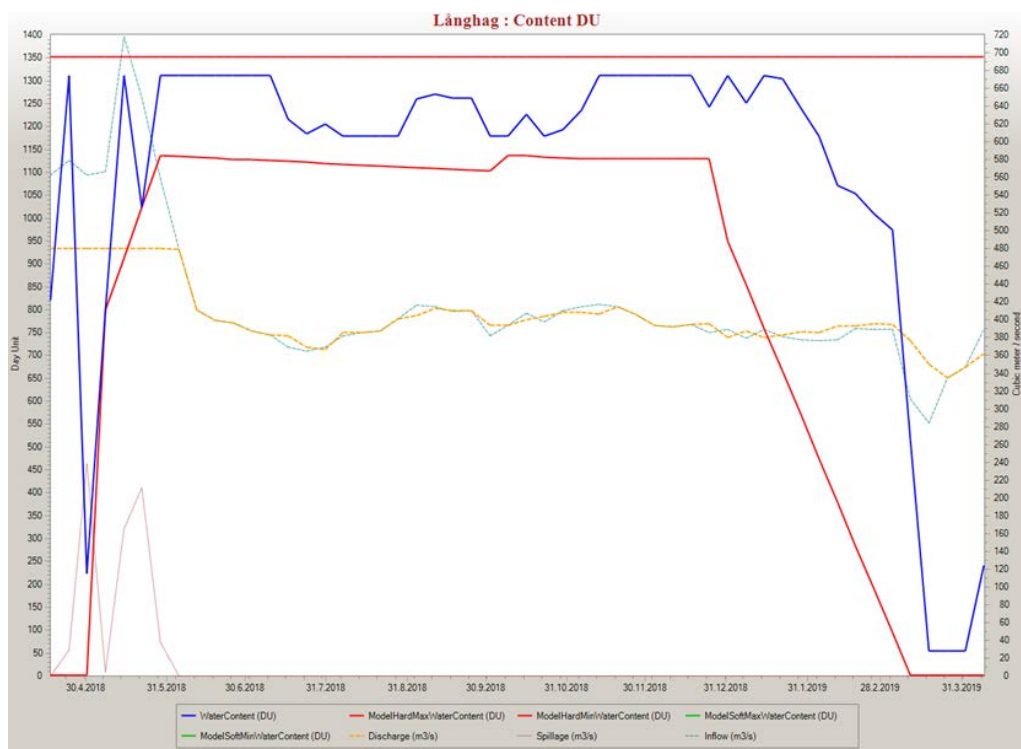
Bilaga 5 Nivåutveckling i magasinen - Fortum "Wet-800"

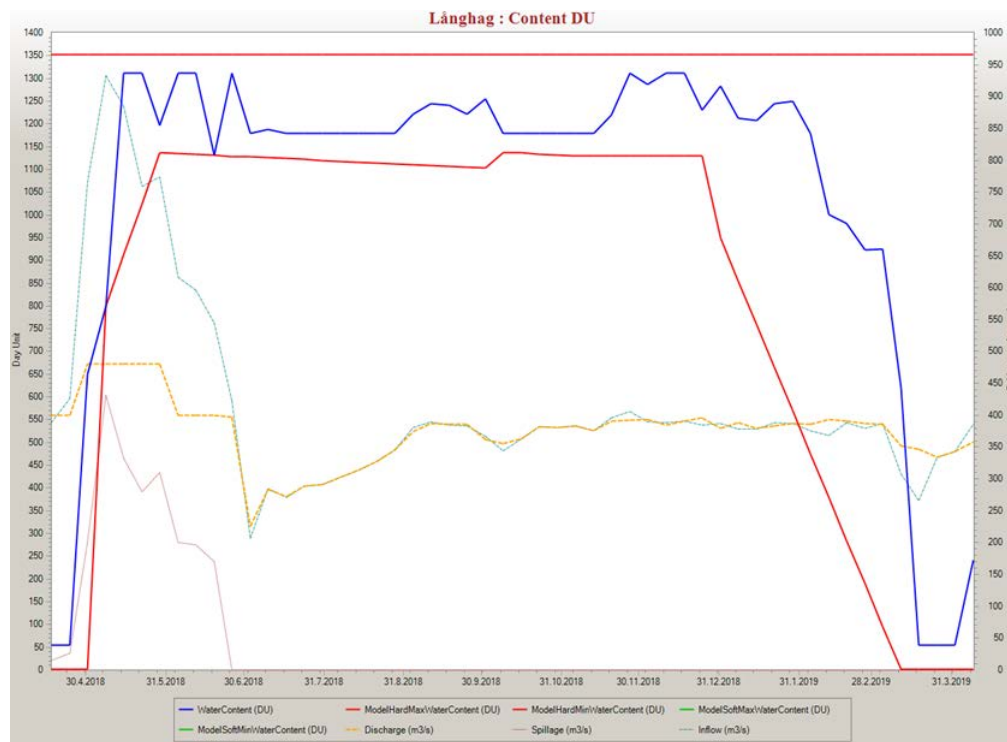




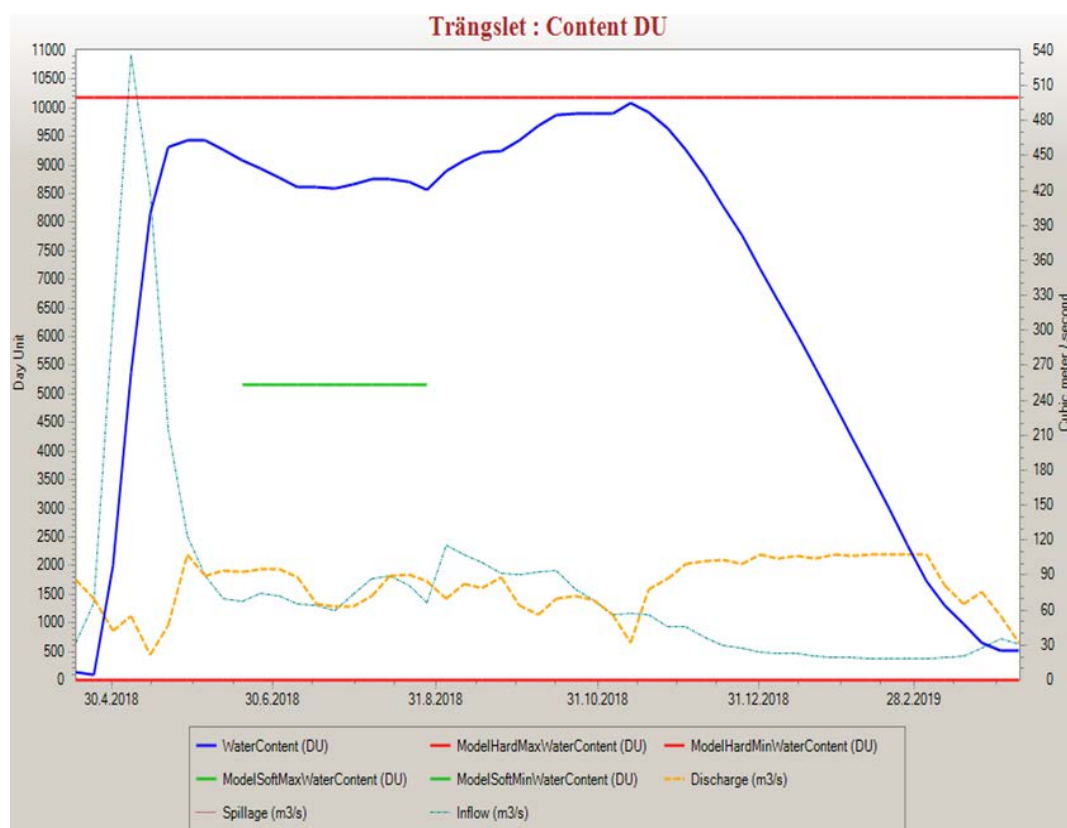


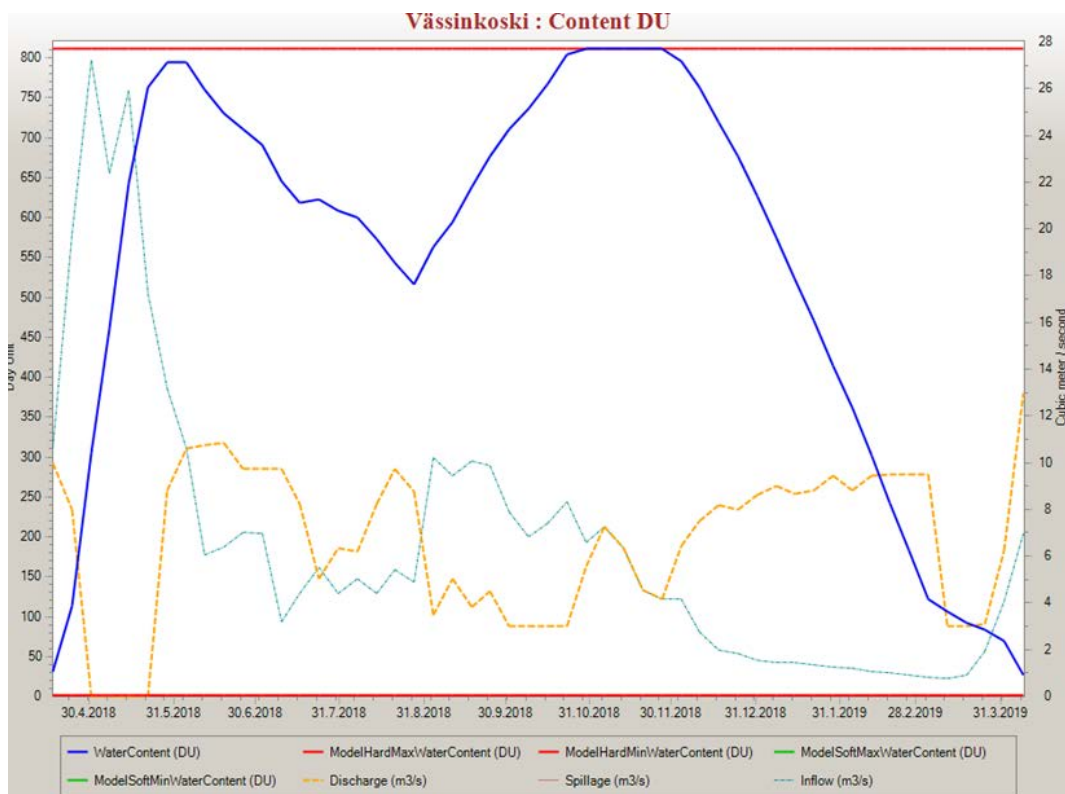
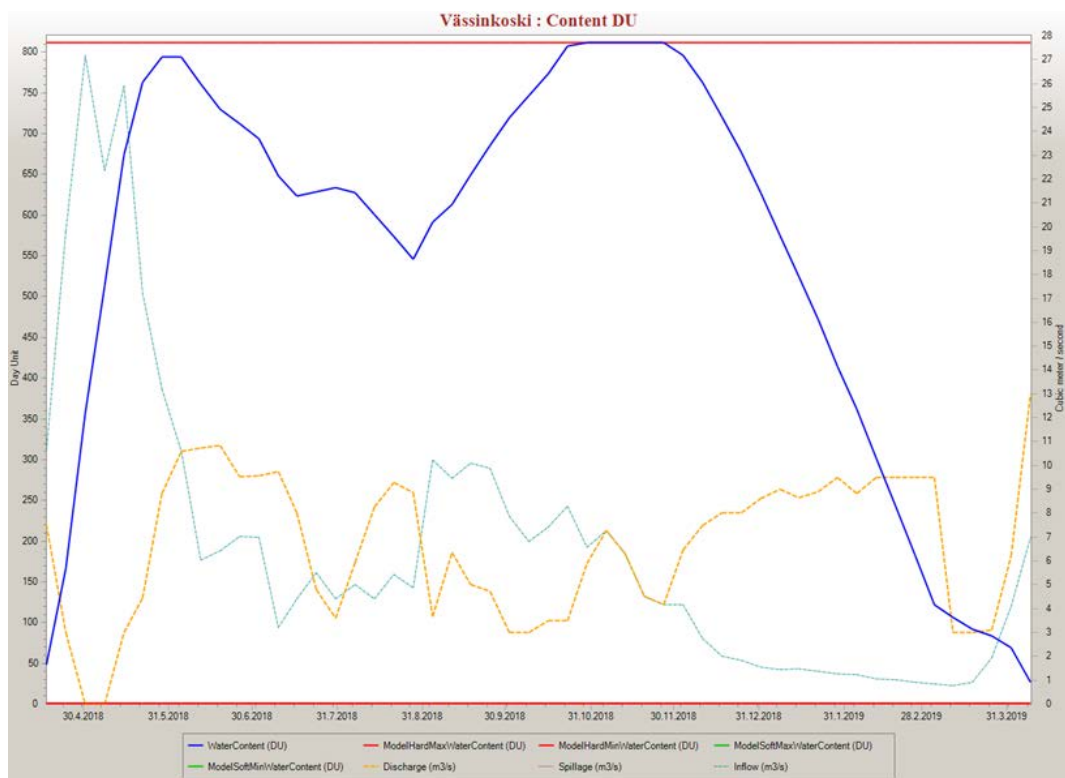


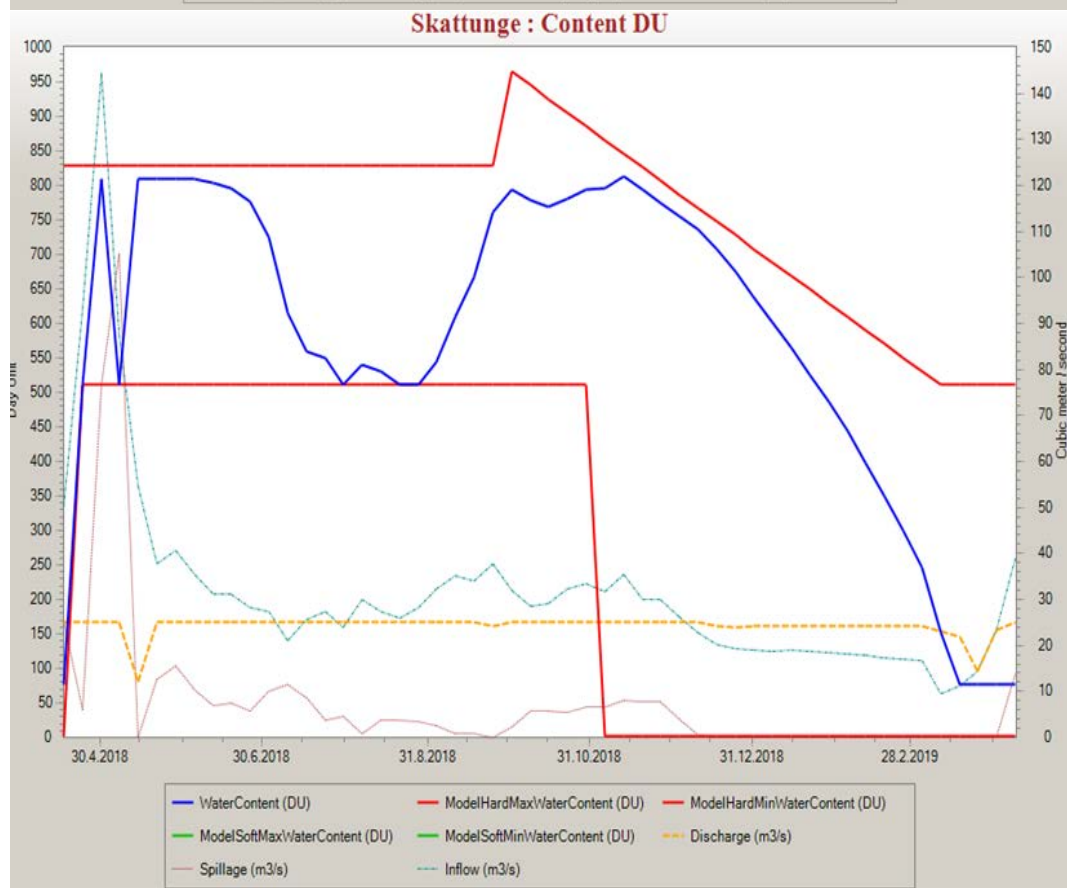


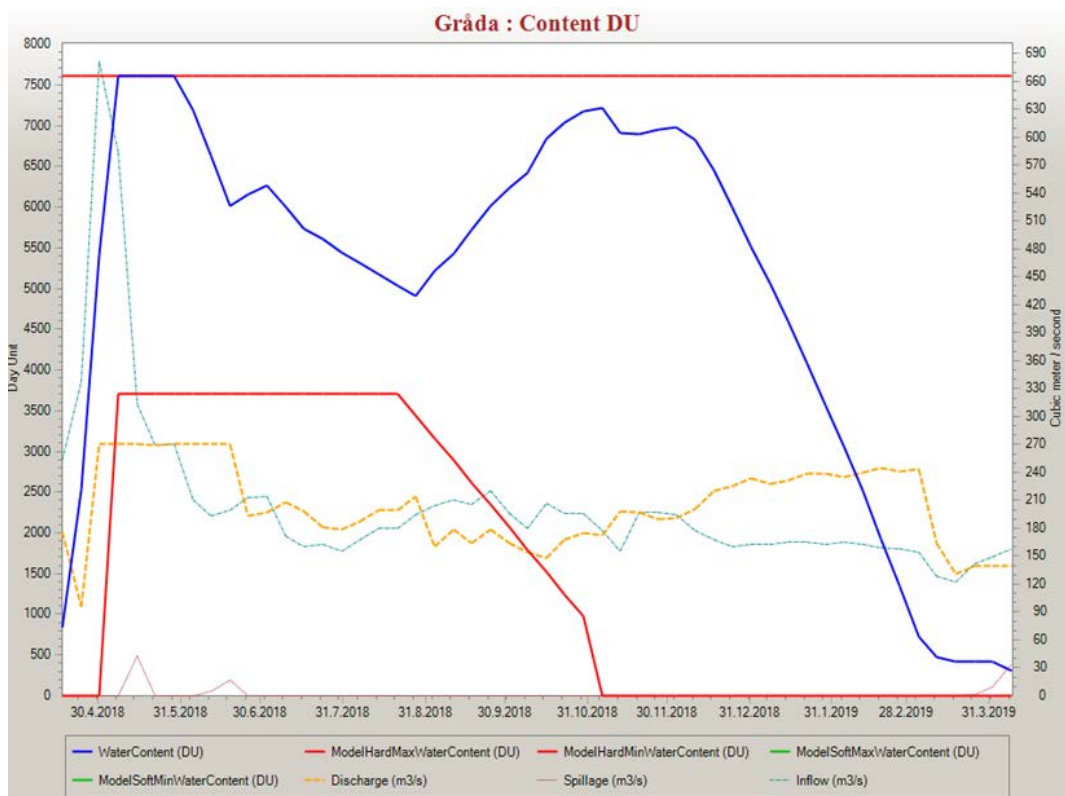


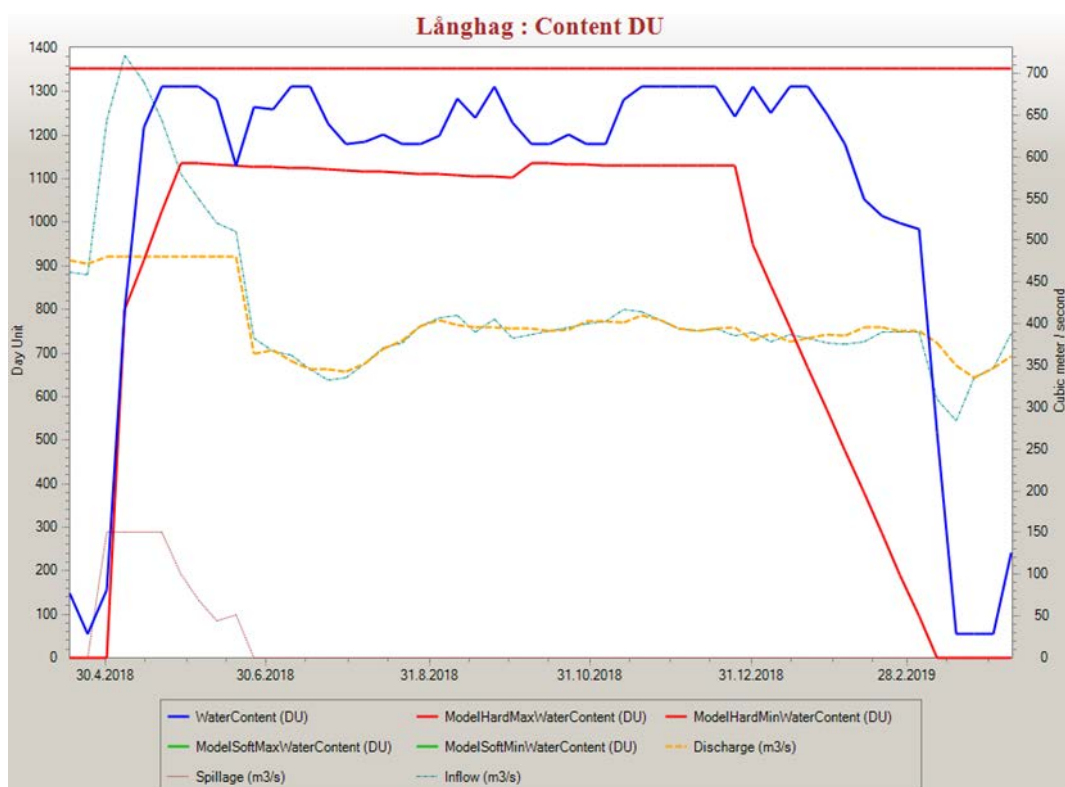
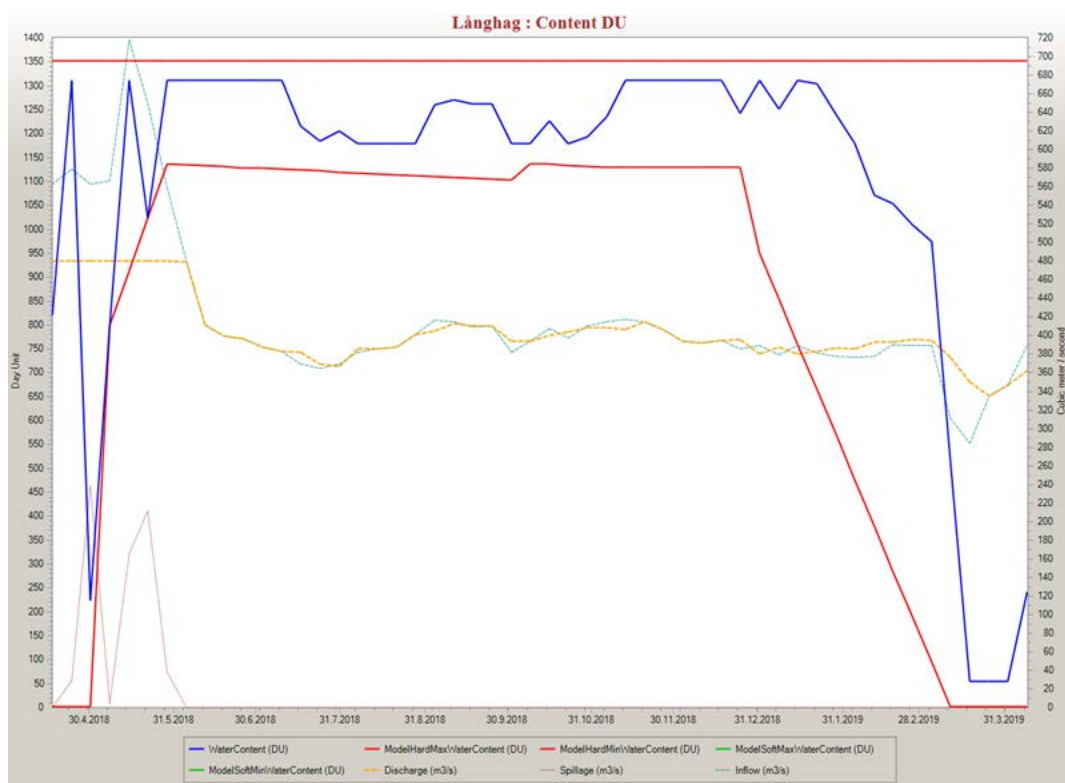
Bilaga 6 Nivåutveckling i magasinen - Fortums "Wet-650"











Bilaga 7 Regressionsanalys av snömagasinets förändring

Årliga maxvärden av det beräknade snömagasinets vatteninnehåll har analyserats för olika delområden i Dalälven. En regressionsanalys av data från varje delområde genomfördes, inklusive signifikanstest för olika konfidensnivåer. Utfallet varierar mellan delområdena men regressionslinjerna i samtliga områden har en negativ lutning.

Delområde	Regressionslinjens lutning	90% konfidens	95% konfidens
Oreälven	-0,83 mm/år	Signifikant	Signifikant
Österdalälven	-0,49 mm/år	Ej signifikant	Ej signifikant
Västerdalälven	-0,60 mm/år	Signifikant	Ej signifikant
Runn	-0,47 mm/år	Ej signifikant	Ej signifikant
Älven uppströms Långhag	-0,55 mm/år	Signifikant	Ej signifikant
Älven uppströms Näs	-0,55 mm/år	Signifikant	Ej signifikant
Hela Dalälven	-0,55 mm/år	Signifikant	Ej signifikant

