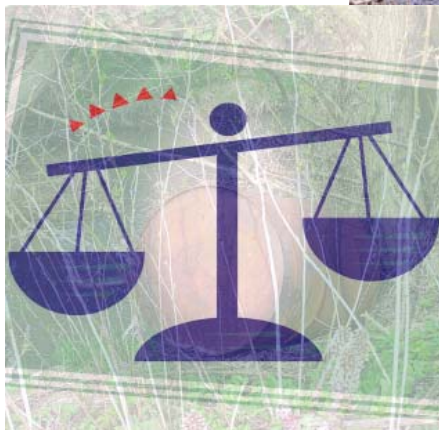


VÄRDERING AV ÅTGÄRDER MOT ÖVERSVÄMNING I ALINGSÅS



Göteborg 2009-11-02
Sweco Environment AB
Västra Regionen, Miljöteknik och Vattensystem
Uppdragsnummer 1311322000

Sammanfattning

Alingsås läge vid Sävån och Mjörn och med Lillån som passerar genom staden innebär att staden är utsatt för översvämningar. Den allvarligaste incidenten på senare år inträffade i december 2006 då delar av staden översvämmades och hotades av översvämning. Översvämningssituationen som inträffade kan uppskattningsvis likställas med en s.k. 20-årshändelse, d.v.s. en händelse som i genomsnitt kan förväntas inträffa var 20:e år. Skadorna blev dock relativt begränsade.

Till följd av klimatförändringarna förväntas nederbörden i västra Sverige under höst, vinter och vår att öka (Klimat och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60). Därutöver förväntas antalet dagar med kraftiga regn att öka, liksom regnens intensitet.

Med hänsyn till det utsatta läget har Alingsås kommun valt att undersöka hur Alingsås stad kommer att påverkas av översvämningar och vilka åtgärder som bör övervägas och prioriteras.

En möjlig ansats till prioritering är att utföra kostnads-nyttoanalys (KNA) av potentiella åtgärder i syfte att undersöka om en viss insats är samhällsekonomiskt lönsam och vilka insatser som är mer samhällsekonomiskt lönsamma än andra. I denna studie betraktas minskade samhällsekonomiska risker för översvämning som nyttor, vilka vägs mot kostnaderna för att åstadkomma de minskade risknivåerna. Den ekonomiska risken är en funktion av sannolikheten för översvämning och de samhällsekonomiska konsekvenserna (skadekostnaderna) av översvämningen.

I studien har följande alternativ analyserats:

0-alternativet. Ingen åtgärds utförs.

Alternativ 1: Kapacitetshöjning i Sävån

Alternativ 2: Vallar längs Lillån

Alternativ 3: Magasinering i Färjen

Alternativ 4: Vallar längs Sävån.

Kostnaderna för åtgärdsalternativen redovisas i Tabell S1. I tabellen redovisas både utförandekostnader och nuvärdet av de diskontrade totala kostnaderna över aktuell tidshorisont. De totala kostnaderna omfattar utförande samt kostnader för underhåll och byte av komponenter. I projektet har en tidshorisont på 100 år och en diskonteringsränta på 2 % använts. Utförandekostnaden inträffar omgående och underhållskostnaderna under en 100-års period. Underhållskostnaderna räknas om till ett nuvärde.

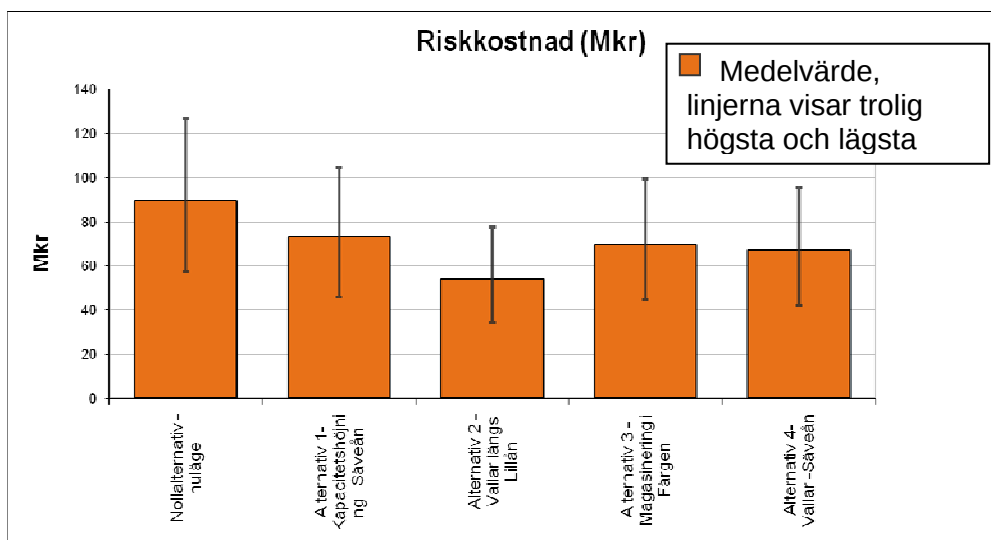
Tabell S1. Utförandekostnader och de totala åtgärdskostnaderna (nuvärdesberäknade) för de olika alternativen under studiens tidshorisont.

Alternativ	Utförande-kostnad (Mkr)	Kostnad – underhåll mm (Mkr), nuvärdesberäknat	Totalkostnad (Mkr)
0-alternativet.	0	0	0
Alternativ 1. Rensning, sektionssökning och uträttning av Sävån.	2-10	2,6	5-13
Alternativ 2. Vallar längs Lillån	6,5	2,6	9
Alternativ 3. Magasinering i Färgen	1	1,9	3
Alternativ 4. Vallar längs Sävån	7-16	2,1	9-18

Varje alternativ minskar riskerna - vilka här värderas som förväntade skadekostnader, i olika grad. Riskminskningen har värderats genom att studera utbredning av översvämningar för 20 års, 50-års- och 100-årshändelser, värdera skadekostnaderna för dessa händelser, beräkna den förväntade årsvisa skadekostnaden (risken) samt nuvärdesberäkna denna över 100 år. Den kvarvarande riskkostnaden för genomförd åtgärd har beräknats för varje åtgärdsalternativ, se Figur S1.

Skadekostnaderna för framtida översvämningar är förknippade med osäkerheter på grund av ofullständigt dataunderlag och osäkerhet

om vilka kostnader som kommer att uppstå. Vid beräkningarna har osäkerheterna så långt möjligt analyserats och beaktats. Genom statistisk simulering (Monte Carlo) har osäkerheterna i riskkostnaderna beräknats som en funktion av osäkerheterna i skadekostnader. I Figur S1 redovisas osäkerhetsintervallen i riskkostnader med 5- och 95-percentiler. 5-percentilen representerar ett rimligt lägsta värde och 95-percentilen ett rimligt högsta värde. Beräkningarnas medelvärde, eller det s.k. väntevärdet, representerar den förväntade risknivån¹.



Figur S1. Den beräknade riskkostnaden för nollalternativet (ingen åtgärd) samt den kvarvarande riskkostnaden efter genomförande av de olika åtgärdsalternativen. Diagrammet visar den beräknade riskkostnaden under 100 år.

Utifrån de beräknade riskkostnaderna och kostnaderna för utförande och underhåll kan den totala samhällsekonomiska lönsamheten beräknas, se Tabell S2.

¹ Kostnads-nyttoanalys är en form av "expected utility analysis" där väntevärden, vilka kan representeras av statistiska beräkningars medelvärden av möjliga utfallsrum, normalt används.

Tabell S2. Utfallen av kostnads- nyttoanalysen för de olika alternativen, ordnade efter mest fördelaktiga till minst fördelaktiga utfall.

Alternativ	Utfall, Φ (Mkr)		
	5-percentil	Väntevärde	95-percentil
Alternativ 2	5	26	50
Alternativ 3	-3	18	41
Alternativ 4	-12	9	32
Alternativ 1	-14	8	31

Kostnads-nyttoanalysen tyder på att samtliga åtgärdsalternativ är samhällsekonomiskt lönsamma. Alternativ 2, beredskap med temporära vallar för placering utmed Lillån är det mest fördelaktiga alternativet enligt analysen. Alternativ 3, att prognosstyra och magasinera i sjön Färgen är också en bra åtgärd, speciellt eftersom den initiala investeringskostnaden är förhållandevis låg. Även alternativen för åtgärder i Sävån (rensning och muddring) samt vallar är lönsamma (här är dock osäkerheten större).

Kombinationer av olika alternativ är troligen fördelaktiga men har ej varit möjliga att utreda i detta skede.

Kostnads-nyttoanalysen visar att:

- Prognosstyrning av Färgen är en bra och samhällsekonomiskt lönsam åtgärd, speciellt eftersom den initiala investeringskostnaden är förhållandevis låg.
- Ökning av kapaciteten i Sävån ger viss effekt.
- Vallar kan vara motiverat, speciellt längs Lillån.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Utredningens bakgrund och syfte	1
1.2	Genomförande	1
1.3	Engagerade i utredningen	3
1.4	Avgränsningar	3
2	Utredningens slutsatser	4
3	Typer av översvämningar	6
4	Metod för kostnads-nyttoanalys	7
4.1	Beräkning av nyttor som minskad risk	7
4.2	Åtgärdsanalys	9
4.3	Osäkerhetsanalys	11
4.4	Bedömning av skadekostnader	12
4.5	Begränsningar	13
5	Åtgärdsalternativen	16
5.1	0-alternativet	16
5.2	Alternativ 1 – Kapacitetshöjning Säveån	16
5.3	Alternativ 2 – Vallar längs Lillån	17
5.4	Alternativ 3 – Magasineri i Färgen	17
5.5	Alternativ 4 – Vallar längs Säveån	18
5.6	Sammanställning av kostnader för åtgärdsalternativen	18
5.7	Andra alternativ	19
6	Beräkning av riskkostnader för alternativen	20
6.1	Kända kostnader	20
6.2	Skadekostnadsposter	20
6.3	Beräknade riskkostnader	25
6.3.1	Känslighetsanalys	28
6.4	Kvalitativt uppskattade riskkostnader	29
7	Kostnads-nyttoanalys	30

Bilaga 1. Hydraulisk modellering av Säveån och Lillån med översvämningskartering

Bilaga 2. Antaganden och beräkningsresultat för kostnads-nyttoanalys

Bilaga 3. Exempel på känslighetsanalys

1 Inledning

1.1 Utredningens bakgrund och syfte

Alingsås läge vid vattendragen Säveån, Lillån och innebär att staden periodvis är utsatt för översvämningar.

Till följd av klimatförändringarna förväntas nederbörden i västra Sverige under höst, vinter och vår att öka (Klimat- och sårbarhetsutredningen, SOU 2007:60). Därutöver förväntas antalet dagar med kraftiga och intensiva regn att öka.

Den allvarligaste incidenten på senare år inträffade i december 2006 då delar av staden översvämmades. Översvämnings-situationen som inträffade kan uppskattningsvis likställas med en s.k. 20-årshändelse, d.v.s. en händelse som i genomsnitt kan förväntas inträffa var 20:e år. Skadorna blev dock relativt begränsade.

Syftet med utredningen är att visa vilka områden som är mest utsatta idag och inom den närmaste 100-årsperioden. Översvämningskartor tas fram som underlag för planering av nya exploateringsområden. Genom en kostnads - nyttoanalys tas underlag fram för vilka åtgärder som kan vara rimliga att genomföra för att reducera översvämningsrisken.

1.2 Genomförande

I denna rapport utreds hur Alingsås stad påverkas av stora vattenflöden i Säveån och Lillån samtidigt som vattennivån är hög i sjön Mjörn. I rapporten utreds också vilka åtgärder som kan vara lämpliga att vidta. Detta görs genom att modellera översvämningar med och utan vidtagna åtgärder och därefter jämföra dessa. Av speciellt intresse är områdena Kv. Ljuset och Västra Sörhaga. Inom Sörhagaområdet planeras för bostäder och in Kv Ljuset skall marken saneras inför exploatering.

Grunden för bedömningarna utgår från översvämningskartor som tas fram genom simuleringar av olika flöden och klimatscenarier med hjälp av hydraulisk modellering av öppna vattendrag, se även Bilaga 1. I modellen representeras topografin av sektioner längs vattendragen. Vattenspegelns utbredning längs vattendragen beräknas och redovisas i kartform genom att vattenytans nivå relateras till en laserscannad höjdmodell.

Hydrauliska modelleringar har gjorts för ett antal olika klimatscenarier:

20-års flöde i Sävån och Lillån, 100-årsnivå i Mjörn, 10-årsregn i Alingsås

Klimatpåverkat 20-års flöde i Sävån och Lillån (+10 %),
klimatpåverkad 100-årsnivå i Mjörn, 10-årsregn i Alingsås

Klimatpåverkat 20-års flöde i Sävån och Lillån (+60 %),
klimatpåverkad 100-årsnivå i Mjörn, 10-årsregn i Alingsås

100-års flöde i Sävån och Lillån, 100-årsnivå i Mjörn (december 2006), 10-årsregn i Alingsås

Klimatpåverkat 100-års flöde i Sävån och Lillån (+10 %),
klimatpåverkad 100-årsnivå i Mjörn, 10-årsregn i Alingsås

Klimatpåverkat 100-års flöde i Sävån och Lillån (+60 %),
klimatpåverkad 100-årsnivå i Mjörn, 10-årsregn i Alingsås

Med modellen och utbredningskartorna som grund beräknas riskkostnaderna till följd av framtida översvämningar. Riskkostnaden är en sammanvägning av återkomsttiderna för olika översvämningsscenarier och dessas konsekvenser (skadekostnader). Med hjälp av modellen studeras sedan hur olika åtgärder kan reducera konsekvenserna, och därmed riskkostnaderna, av framtida höga flöden i Sävån och Lillån. Denna analys kan användas som ett underlag för prioritering av åtgärder.

En ansats till prioritering är att göra samhällsekonomiska bedömningar av möjliga åtgärder. Syftet är då att undersöka om en viss insats är samhällsekonomiskt lönsam och helst även analysera vilka insatser som är mer samhällsekonomiskt lönsamma än andra. Sådana samhällsekonomiska bedömningar görs genom att använda kostnads-nyttoanalys (KNA, kallas ibland samhällsekonomisk kostnads - intäktsanalys).

I denna studie betraktas minskade samhällsekonomiska risker för översvämning som nyttor, vilka vägs mot kostnaderna för att åstadkomma de minskade risknivåerna. Den ekonomiska risken är en funktion av sannolikheten för översvämning och de samhällsekonomiska konsekvenserna (skadekostnaderna) av översvämningen.

Då minskade risker är den största nyttan kan analysen benämnas riskbaserad kostnads-nyttoanalys.

1.3 Engagerade i utredningen

Utredningen har genomförts av Lars Grahn, Johan Nimmermark, Jonas Persson, Elisabet Sterner och Lars Rosén. Modellering av översvämningar har genomförts av Jonas Persson och Elisabet Sterner. Den riskbaserade kostnads-nyttoanalysen har genomförts av Johan Nimmermark och Lars Rosén. Lars Grahn har varit uppdragsledare.

1.4 Avgränsningar

Området som har studerats motsvarar ungefär området för den fördjupade översiktsplanen i Alingsås (FÖP staden Alingsås, 2008). Flödesmodellen och översvämningsskarteringen begränsas därmed av den fördjupade översiktsplanens område.

2 Utredningens slutsatser

En robust hydraulisk modell som beskriver framtida översvämnings-scenarier för vattendragen Lillån och Sävån har tagits fram, se Bilaga 1

Vattendragsmodellen visar att:

- Den nuvarande kapaciteten i Sävån och Lillån är för låg för extrema flöden.
- Vattennivån vid nedre Sävån styrs av sjön Mjörn.
- Åtgärder i Sävån nära Mjörn har därför marginell påverkan på nivåer i de övre delarna av ån inom undersökningsområdet.
- Skadorna längs övre delen av Lillån, nära sjön Gerdskan, kan till stor del undvikas om Färgensjöarna prognosregleras (förtappning inför tillfällena med översvämningsrisk).
- Många byggnader kommer att påverkas negativt.
- Problem kommer att uppstå i infrastruktur, väg, järnväg och ev. även försörjningssystem (energi, vatten).
- Vid höga vattennivåer i vattendragen kan vatten tränga in i området via dagvattenutlopp och bräddavlopp på spillvattensystemet, vilket kan orsaka överbelastning av dessa system.

Den hydrauliska modellen har utgjort underlag för att bedöma åtgärdsförslag. Åtgärder inom kommunens gränser har tagits fram och utvärderats med hjälp av kostnads-nyttoanalys.

Kostnads-nyttoanalysen visar att:

- Prognosstyrning av Färgen är en bra och samhällsekonomiskt lönsam åtgärd, speciellt eftersom den initiala investeringskostnaden är förhållandevis låg.
- Ökning av kapaciteten i Sävån ger viss effekt.
- Vallar kan vara motiverat, speciellt längs Lillån.

Det finns med stor sannolikhet kombinationsalternativ som är kostnadseffektiva liksom lokala åtgärder som tidigare övervägts inom kommunen eller åtgärder som kommer fram när frågan blir aktuell inom aktuella detaljplanearbeten mm.

Förutom de studier som gjorts inom denna utredning kan följande fördjupningar vara motiverade:

- Använd vattendragsmodellen för:
 - Fortsatt planering av översvämningsbegränsande åtgärder
 - Framtagande av detaljerade översvämningskartor och detaljerade åtgärder för specifika områden/fastigheter
 - Att studera påverkan av eventuella förändringar i vattendraget (anläggande av erosionsskydd, broar etc).
 - Att studera Sävån och dess avrinningsområde uppströms Alingsås för att möjligen hitta enkla och mer kostnadseffektiva åtgärder, exempelvis genom prognosstyrning av en större del av Sävånsystemet.
- Utföra en utökad kostnads-nyttoanalys för att kartlägga de effektivaste åtgärderna och kombinationer av åtgärder, lokalt och inom Sävåns avrinningsområde uppströms Mjörn.

3 Typer av översvämningar

Det finns generellt två orsaker till att översvämningsskador inträffar. Den ena är en direkt bräddning av ytvatten från vattendraget, då vattendraget svämmas över. Den andra orsaken är fyllning av dagvattenledningar till följd av höga nivåer i vattendrag eller till följd av kraftiga regn. I kombinerade system kan detta leda till att vattenmängderna i spillvattenledningarna blir så stora att de medför källaröversvämningar. Detta innebär således att byggnader som ligger utanför det område som översvämmas till följd av bräddning av ytvatten kan drabbas genom inflöde från spillvattenledningar.

De åtgärder som utvärderats i utredningen är inriktade på att minska vattenmassors utbredning. I studien har därför endast konsekvenser som orsakas specifikt av bräddning av ytvattendrag beaktats. Beräkningen av de ekonomiska konsekvenserna till följd av översvämningar har därför kunnat baseras på utbredningskartor för olika flödes- och nivåsituationer i Sävån och Lillån. Det skall dock påpekas att vissa åtgärder syftar till att begränsa nivåhöjningarna i Sävån och Lillån, vilket således medför minskade konsekvenser också med avseende på översvämningar via spillvattenledningar.

I Alingsås har generellt ett proaktivt arbete bedrivits för att förhindra överfyllning av ledningar. Således är staden hittills relativt förskonad från översvämningssproblem orsakade av ledningssystemet.

4 Metod för kostnads-nyttoanalys

4.1 Beräkning av nyttor som minskad risk

Syftet med att genomföra förebyggande och/eller skadebegränsande åtgärder är att minska, eller helst eliminera, riskerna för att negativa effekter ska uppstå. De minskade riskerna som åstadkommes till följd av en åtgärd betraktas som nyttor. Flera typer av nyttor finns där de viktigaste är nyttorna för:

- Människa och hälsa
- Byggnader
- Infrastruktur
- Miljö

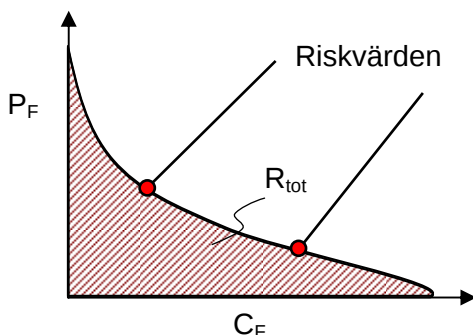
Risken beror av sannolikheten att händelsen, d.v.s. översvämningen, skall inträffa och dess negativa konsekvenser. Principiellt kan riskerna minskas genom förebyggande åtgärder, som syftar till att förhindra att händelsen uppstår, eller genom skadebegränsande åtgärder, som syftar till att mildra konsekvenserna av händelsen när den väl inträffar.

Risken kan i ett ekonomiskt perspektiv definieras som:

$$R = P_f C_f \quad (\text{ekv. 1})$$

där P_f är sannolikheten för översvämning och C_f är de ekonomiska konsekvenserna av översvämning (kr). Risken är således väntevärdet för konsekvenskostnaden.

Olika konsekvenser uppstår med olika sannolikhet. Detta kräver en summering över alla möjliga utfall för att en total risk R_{tot} för området eller platsen ska kunna beräknas. Den totala risken kan beskrivas enligt Figur 1.



Figur 1. Principiell beskrivning av den totala risken, vilket svarar mot den totala ytan i grafen (Figur ritad av Andreas Lindhe, Chalmers).

Konsekvenserna är beroende på hur omfattande översvämningens utbredning är. Beräkningar av ett större antal möjliga utfall är därför inte praktiskt möjligt att utföra eftersom varje beräkning av ett översvämningstillfalles utbredning kräver omfattande hydrauliskt modelleringsarbete. Detta innebär därmed att inte heller någon exakt beräkning av R_{tot} är praktiskt möjlig.

Ett förenklat sätt att beräkna den totala risken är att, så som indikeras i Figur 1, beräkna risken för några få möjliga utfall och utifrån detta approximativt skatta den totala risken. Ofta är endast ett fåtal utfall praktiskt möjliga att använda. Vid 3 riskberäkningar kan ett approximativt värde för den totala risken beräknas enligt följande:

$$R_{tot} \approx P_{f1}C_{f1} + P_{f2}(C_{f2} - C_{f1}) + P_{f3}(C_{f3} - C_{f2}) \approx \hat{P}_f \hat{C}_f \quad (\text{ekv. 2})$$

Detta beräkningssätt ger normalt en underskattning av den verkliga risken i de fall endast ett fåtal utfall kan inkluderas i beräkningarna. I den aktuella studien har risken beräknats för tre olika översvämningsscenarier med olika återkomsttider enligt Tabell 1.

Tabell 1. Parametrar i riskberäkning

Återkomsttid	P_f	C_f
20 år	1/20	Skadekostnader till följd av översvämning med en 20-årsnivå
50 år	1/50	Skadekostnader till följd av översvämning med en 50-årsnivå
100 år	1/100	Skadekostnader till följd av översvämning med en 100-årsnivå

Vid en översvämning uppstår en rad olika konsekvenser (skadekostnader) som är svåra att kostnadsbedöma. Exempel på kostnader är:

- Kostnader för akuta åtgärdsinsatser i händelse av översvämning.
- Kostnader för skador till följd av översvämning (byggnader, vägar, järnvägar, rekreationsområden, personsador, avbrott i elförsörjning).
- Kostnader till följd av bestående skador, exempelvis restriktioner i framtida markanvändning som leder till förändrade markpriser.

4.2 Åtgärdsanalys

Syftet med kostnads-nyttoanalysen är att studera hur risken förändras (minskar) genom olika åtgärder och sedan väga det mot kostnaden för åtgärderna. Kostnaderna omfattar utförandekostnader och underhållskostnader. Utförandekostnaderna är i regel direkta kostnader i samband med utförandet, medan underhållskostnader kommer att belasta åtgärden under den tidshorisont som beslutsfattandet berör.

I åtgärdsanalysen identifieras möjliga åtgärdsalternativ. För varje alternativ beräknas nya risknivåer enligt den parameteruppsättning som beskrivs i Tabell 1. Sannolikheterna för de olika översvämningarna kommer inte att ändras eftersom samma återkomsttider

används. Däremot kommer konsekvensernas omfattning, och därmed dess kostnader, att ändras till följd av åtgärderna.

Skattningen av konsekvenser (skadekostnader) görs för varje identifierat åtgärdsalternativ $i=1\dots N$. Detta innebär att en ny total risk skattas för varje åtgärdsalternativ i , $R_{tot,i}$.

En s.k. målfunktion beräknas för varje åtgärdsalternativ i enligt följande ekvation:

$$\Phi_i = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} [(R_{tot,0}(t) - R_{tot,i}(t)) - K_i(t)] \quad (\text{ekv. 3})$$

där r är diskonteringsräntan, T är tidshorisonten för beslutsfattaren och K är genomförande- och underhållskostanden för åtgärden. De ekonomiska posterna bedöms således för varje år t inom tidshorisonten och summeras till ett nuvärde för målfunktionen. Diskontering görs för att ta hänsyn till att de olika kostnads- och nyttoposterna utfaller vid olika tidpunkter inom tidshorisonten. För de alternativ där målfunktionen är positiv indikerar analysen samhällsekonomisk lönsamhet. Det alternativ som maximerar målfunktionen är det bästa alternativet ur ett samhällsekonomiskt perspektiv.

Diskonteringsräntan sätts normalt under marknadsräntan för miljörelaterade projekt. Naturvårdsverket² rekommenderade 2003 en diskonteringsränta för ekonomiska miljöberäkningar på 4 %. I den s.k. Stern-rapporten från 2006³ rekommenderas en diskonteringsränta på 1,4 % för ekonomiska beräkningar av climateffekter. I denna studie har en diskonteringsränta på 2 % använts. Tidshorisonten bör sannolikt betraktas som lång i studier av översvämningsåtgärder. I denna studie har tidshorisonten satts till 100 år.

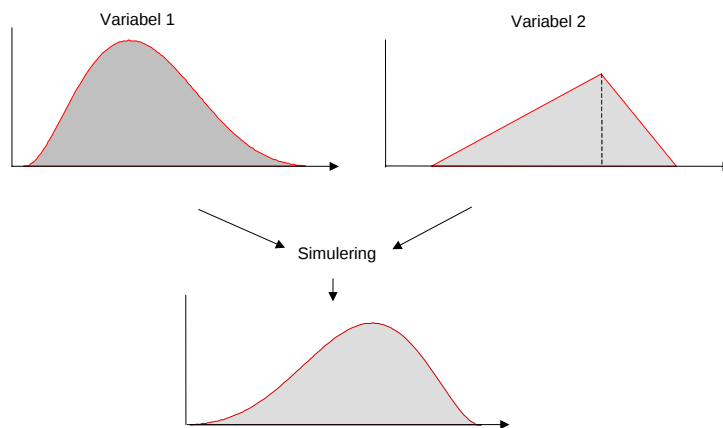
² Naturvårdsverket, 2003. Konsekvensanalys steg för steg: handledning i samhällsekonomisk konsekvensanalys för Naturvårdsverket. Naturvårdsverket, Stockholm.

³ Stern, N., 2006. The Economics of Climate Change - the Stern Review. Cabinet Office, HM Treasury, Cambridge University Press, Cambridge.

4.3 Osäkerhetsanalys

Kostnads-nyttoanalysen är förknippad med osäkerheter. Såväl skattningarna av riskerna som bedömningarna av åtgärdskostnaderna måste göras utan fullständig kunskap om de verkliga utfallen. Osäkerheterna för varje variabel (risk eller kostnadspost) i beräkningen beskrivas med hjälp av statistiska fördelningar. Genom statistisk simulering (Monte Carlo) kan en osäkerhetsfördelning också för den sökta storheten, exempelvis målfunktionen, skattas, se principiell beskrivning i Figur 2.

Ur denna fördelning kan exempelvis väntevärdet⁴ (representerat av fördelningens medelvärde), det mest troliga värdet, medianvärdet (50-percentilen), det lägsta rimliga värdet (exempelvis 5-percentilen) och det högsta rimliga värdet (exempelvis 95-percentilen) utläsas. Intervallet mellan två percentiler kallas *prediktionsintervall*, exempelvis det 90-procentiga prediktionsintervallet mellan 5- och 95-percentilen. Utifrån simuleringarna kan också känslighetsanalyser utföras för att identifiera vilka variabler som har störst betydelse för osäkerheten i beräkningarnas utfall. Detta ger information om vilka variabler som bör vara mest angelägna att studera vidare i syfte att nå en säkrare skattning av den samhällsekonomiska lönsamheten för de studerade alternativen.



Figur 2. Principiell beskrivning av statistisk simulering.

⁴ Kostnads-nyttoanalys är en form av "expected utility analysis" där väntevärden, vilka kan representeras av statistiska beräkningars medelvärden av möjliga utfallsrums, normalt används.

4.4 Bedömning av skadekostnader

Kostnaderna för skador som orsakas av en översvämning kan delas upp i tre huvudtyper:

Akuta kostnader som uppstår för att upprätthålla samhällsfunktioner samt åtgärder som vidtas direkt i anslutning till översvämningen för att begränsa skadorna. Exempel på kostnader är kostnader för räddningstjänst, kommunens extraarbete, övertidsersättningar mm. Här ingår också kostnader för tid och resurser som privata fastighetsägare, företag mm lägger i akuta skeden för att skydda sina tillgångar. Även produktionsbortfall inom industrin, förseningskostnader i trafik mm uppstår i det akuta översvämnings-skedet.

Återställningskostnader som uppkommer efter en översvämning för att reparera, återställa eller ersätta skadade byggnader, infrastruktur, naturområden, samhällsviktiga funktioner (ex elverk transformatorer) samt begränsningar som kan uppstå i offentlig och privat verksamhet.

Bestående skador som är irreparabla eller långvariga. Detta är exempelvis vissa skador på naturområden, vattentäcker eller förhindrad exploatering för att området ligger i ett översvämningsområde. Exempel på detta kan vara att attraktiv mark i anslutning till vattendrag inte kan bebyggas på grund av översvämningsrisken vilket i sig kan medföra att potentiella intäkter inte kan realiseras.

Återställning är normalt den största posten och akuta åtgärder den därpå följande. Bestående skador är svåra att både identifiera och värdera. Detta minskar dock inte deras betydelse och ett försök bör alltid göras att identifiera bestående skadekostnader.

Återställningskostnaderna beräknas genom uppskattning av antalet objekt av olika typer inom ett översvämningsområde. Därefter tilldelas varje typ av objekt en schablonkostnad. Om möjligt beräknas schablonkostnaden genom att göra ett representativt urval av de olika objekttyperna för verkliga skador som tidigare registrerats. På så vis kan en förväntad kostnad (schablon) beräknas för varje objekttyp. I de fall sådana uppgifter inte finns tillgängliga används en

mera generaliserad mall för schablonvärden som Sweco tidigare utvecklat⁵.

Den totala skadekostnaden beräknas genom en summering av alla objekt och dess kostnader.

För såväl antalet objekt som kostnadsuppskattningarna per objekt finns vanligen osäkerheter. Bedömningarna anges därför normalt i form av osäkerhetsfördelningar, vilka möjliggör den osäkerhetsanalys som beskrivits översiktligt i avsnitt 4.3.

Underlagsmaterialet och de antaganden som gjorts angående skadekostnader i denna studie redovisas nedan och i Bilaga 2. Vissa poster i grundmatrisen (se Bilaga 2) var inte relevanta i den aktuella studien eller kunde inte tas fram inom ramen för arbetet. Dessa poster utelämnades i modellen. I denna studie återfinns de identifierade kostnaderna främst som återställningskostnader för byggnader samt till viss del akuta åtgärdskostnader.

4.5 Begränsningar

Ett stort antal faktorer påverkar en översvämnings utbredning och därmed vilka konsekvenser som översvämningen leder till. På grund av de komplicerade förlopp som styr översvämningstillfällena och de skador de ger upphov till har ett flertal förenklingar varit nödvändiga.

De åtgärder som omfattas av denna utredning begränsas till Säreån från Nygård till Mjörn och även Lillån från Gerdskan till Säreån. På dessa sträckor finns högkvalitativa höjddata efter genomförd laserscanning, vilket möjliggöra framtagning av detaljerade utbredningskartor för de olika översvämningstillfällena.

Utgångspunkten i analysen är att de åtgärdsalternativ som studeras ska vara robusta och anpassade till framtida klimatförändringar. Därför gavs SMHI i uppdrag att ta fram klimatjusterade nivåer i Mjörn och klimatjusterade flöden för Säreån och Mjörn. De översvämnings-scenarier som kostnads-nyttoanalysen baseras på är beräknade med hänsyn till klimatjusterade flöden enligt SMHIs underlag. Modellerna beräknades med ett undre klimatjusterat flöde med en ökning på 10-procent mot nuläget och ett övre klimatjusterat flöde ökning med en ökning 60-procent mot nuläget. Detta innebär

⁵ Sweco. 2006. Bedömning av riskkostnad vid översvämning i Karlstad tätort. Inom FLOWS-projektet WP3. Karlstads kommun.

att det råder en osäkerhet om hur stor inverkan av klimatiförändringen i verkligheten blir, sannolikt någonstans mellan 10 – 60 %. Denna osäkerhet är betydande och beaktats i osäkerhetsanalysen av kostnads-nyttobräkningar.

Regnmängder och vattennivån i Mjörn antas vara konstanta under hela tidshorisonten.

Vissa förenklingar har varit nödvändiga rörande sannolikheten att översvämningsscenarierna ska inträffa. 50-årsscenarioet ($p=1/50$) är egentligen ett 50-årsflöde, med ett 10-årsregn och en 100-årsnivå i Mjörn. 100-årsscenarioet ($p=1/100$) är ett 100-årsflöde, med ett 10-årsregn och en 100-årsnivå i Mjörn.

Dessa scenarion antas ha en sannolikhet på 1/50 respektive 1/100, d.v.s. en 50-års och en 100-årshändelse, vilket är konservativa antaganden. De ingående scenarierna baseras på händelser, som om de varit oberoende hade haft en sannolikhet på 1/5000 respektive 1/10 000. Eftersom händelserna inte är oberoende (det finns ett tydligt samband mellan höga flöden, nederbörd och höga nivåer i Mjörn) är sannolikheten för de beskrivna händelserna någonstans i intervallet mellan 1/50-1/5000 respektive 1/100-1/10 000, sannolikt närmare de högre sannolikheterna i intervallen.

Det ska dock påpekas att i modelleringar som genomförts för att undersöka Mjörns påverkan på vattennivån i Säveån och Lillån är det en liten skillnad, ca 5 cm där Lillån ansluter till Säveån, mellan 100-årsnivån (även med klimatiförändringar) och normalläget. Detta innebär att konsekvenserna av de nivåer som modellerats med 100-årsnivå i Mjörn i princip är likvärdiga med dem som inträffat vid normalnivån i Mjörn.

Det ska också påpekas att 50-årsflödet och 100-årsflödet är mycket lika. Det skiljer exempelvis endast ca 1m³/s i Lillån och ca 6m³/s i Säveån utan klimatiförändringar. Då översvämningens utbredningen i grova drag kan antas vara likvärdig antas att riskkostnaden för 50-årsflödet är 90% av riskkostnaden vid 100-årsflödet. Detta för att minska modelleringsarbetet och simuleringsarbetet.

Uppbyggnad av flödesmodell, antaganden, begränsningar och randvillkor mm finns beskrivna i Bilaga 1.

Det har inte funnits möjlighet att insamla exakta uppgifter om byggnader beträffande källare, vattenkänslig grund eller annan för

vatten känslig konstruktion. Därför har osäkerhetsfördelningar använts över hur många byggnader av en viss typ som blir skadade vid ytvattenöversvämning.

Inträngning av dag- eller spillvatten är svårt att modellera. I Alingsås orsakas de flesta skadorna av bräddning av ytvatten, således är detta av mindre betydelse för resultatet. Riskkostnaderna underskattas troligen något då inte skador orsakade av dag- och spillvatten, produktionsstopp och kostnader för påverkad infrastruktur mm kvantifieras. De åtgärder som är aktuella i denna studie är dock i huvudsak inriktade mot att minska översvämningsutbredning och inte specifikt vattennivåer, vilket innebär att problem via dag- och spillvattennät påverkas i liten utsträckning av åtgärderna.

5 Åtgärdsalternativen

För att minska de negativa effekterna av framtida översvämningar har 4 olika åtgärdsalternativ identifierats:

0-alternativet: Ingen åtgärds utförs.

Alternativ 1: Kapacitetshöjning i Sävåån

Alternativ 2: Vallar längs Lillån

Alternativ 3: Magasinerings i Färger

Alternativ 4: Vallar längs Sävåån.

De alternativ som föreslås ligger geografiskt inom kommunen och bedöms vara möjliga att genomföra på kort sikt. Fler åtgärder som troligen är samhällsekonomiskt försvarbara ligger utanför kommunens gränser, exempelvis uppströms i Sävåån.

Åtgärdsalternativen och dess effekter beskrivs kortfattat nedan.

Det ska här tilläggas att det finns fler möjliga kombinationer av dessa åtgärder. Vid behov kan kombinationsalternativ studeras. Sist i kapitlet diskuteras även några ytterligare möjliga åtgärder, som inte undersökts.

5.1 0-alternativet

0-alternativet representerar alternativet där inga åtgärder genomförs. Modellerna för de här antagna 20-, 50- respektive 100-årssituationen avspeglar alltså situationer utan några genomförda åtgärder. Utbredningen vid 20- och 100 årstillfällen redovisas i kartorna i Bilaga 1.

5.2 Alternativ 1 – Kapacitetshöjning Sävåån

Alternativet innebär att en kapacitetshöjning i Sävåån genomförs genom rensning, sektionssökning eller uträtning, alternativt genom en kombination av dessa. Detta innebär att vattennivåerna i Sävåån och till viss del i Lillån kommer att sjunka.

Utförandekostnad för alternativet är lägst om rensning är tillräckligt därefter ökar de för sektionssökning och uträtning. Kostnaden för en

kapacitetshöjning har antagits till att vara någonstans mellan 2-10 Mkr. En förnyad kapacitetshöjning antas behöva göras vart 20 år till en kostnad av 1 Mkr. I beräkningarna antas även en underhållskostnad i form av enklare skötsel på 20 000 kr per år.

5.3 Alternativ 2 – Vallar längs Lillån

Alternativet innebär att temporära vallar inhandlas och att det längs Lillåns sträckning förbereds för montering av dessa. Följande antaganden har gjorts för att beräkna kostnaden för denna åtgärd.

Den totala sträckan från där Lillån passerar Järnvägen till Lillåns utlopp i Sävån är 990 meter. Hela sträckan behöver troligen inte skyddas. Det antas att 2/3 av sträckan behöver utrustas med vallar. Utifrån antaganden baserade bl.a på Aquafence offert till Alingsås fås en inköpskostnad för vallar längs Lillån på ca 6,9 Mkr.

Utöver inköpskostnaden har antaganden gjorts om en lagringskostnad och reparationskostnad om 50 000 kr/år samt en underhållskostnad på 200 000 kr vart 15 år. Monteringskostnaden antas ingå i kostnaden för akuta åtgärder.

Utöver vallarna behöver troligen en del backventiler installeras för att förhindra vatteninträngning via ledningsnätet. Denna post har inte kostnadssatts.

5.4 Alternativ 3 – Magasinerings i Färger

Alternativet innebär att Färgensjöarna prognosregleras, dvs kan förtappas inför tillfällen med översvämningsrisk. Genom detta begränsas flödet i Lillån. Denna åtgärd har främst effekt på översvämningssituationen i Lillån eftersom Lillåns flöde endast utgör ungefär 12 % av flödet i ut i Mjörn.

Kostnaden för alternativet uppskattas till 1 Mkr för att bygga om dämmen för att möjliggöra reglering samt inrätta ett prognossystem. Därefter antas en underhållskostnad om 20 000 kr per år för att upprätthålla prognossystemet och underhålla dämmen. För att förnya dämmena antas en kostnad på 1 000 000 vart 30:e år.

5.5 Alternativ 4 – Vallar längs Sävån

Kostnaden för uppförande av vallar längs delar av Sävån uppskattas till någonstans mellan ca 7 - 16 Mkr. En förnyelse av vallarna antas behövas vart 30 år och uppgår till 10 % av denna kostnad. En årlig underhållskostnad har antagits vara 20 000 kr/år.

Utöver vallarna behöver troligen en del backventiler installeras för att förhindra vatteninträngning via ledningsnätet. Denna post har inte kostnadssatts.

5.6 Sammanställning av kostnader för åtgärdsalternativen

I Tabell 2 redovisas både utförandekostnader och nuvärdet av de diskonterade totala kostnaderna över aktuell tidshorisont. De totala kostnaderna omfattar utförande samt kostnader för underhåll och byte av komponenter. I projektet har en tidshorisont på 100 år och en diskonteringsränta på 2 % använts.

Tabell 2 Utförandekostnader och de totala åtgärdskostnaderna (nuvärdesberäknade) för de olika alternativen under studiens tidshorisont.

Alternativ	Utförande-kostnad (Mkr)	Kostnad – underhåll mm (Mkr) nuvärdesberäknat	Totalkostnad (Mkr)
0-alternativet.	0	0	0
Alternativ 1. Rensning, sektionsökning och uträttning av Sävån.	2-10	2,6	5-13
Alternativ 2. Vallar längs Lillån	6,5	2,6	9
Alternativ 3. Magasinering i Färgen	1	1,9	3
Alternativ 4. Vallar längs Sävån	7-16	2,1	9-18

5.7 Andra alternativ

I denna studie har fokus legat på att identifiera åtgärder som är effektiva och relativt lätta att genomföra inom undersökningsområdet. Förutom de i studien undersökta åtgärderna finns en rad andra alternativ som kan vara aktuella:

- Förtappning av Mjörn. Detta ger en relativt liten effekt på vattennivån i Sävån och Lillån, ca 5 cm om rådande vattendomar ska följas.
- Magasinering uppströms Alingsås. Detta är sannolikt en effektiv åtgärd. Detta kan ske genom prognosstyrning av systemet och förtappning kan ske på flera sträckor. Magasinering kan ske dels i Säven och ned till Torp samt en knapp mil före åns utlopp i Mjörn.

6 Beräkning av riskkostnader för alternativen

Riskkostanden för varje åtgärdsalternativ beräknas som en sammanvägning mellan sannolikheter för olika översvämnings-scenarier och dess konsekvenser (skadekostnader) enligt ekvation 2 ovan. I studien har dokumenterade skadekostnader för återställning efter översvämnings i andra kommuner använts som underlag för att beräkna schablonkostnader för olika objekttyper, såsom bostadshus, industrier och kontor, se avsnitt 6.3. Underlaget utgörs i första hand av regresskrav från försäkringsbolag.

6.1 Kända kostnader

Den allvarigaste översvämningen som inträffat i Alingsås på senare år skedde i december 2006. Ett flertal byggnader översvämmades och än fler hotades. Omfattande arbete inom kommun och räddningstjänsten begränsade skadorna av översvämningen.

De kostnader som kunnat sammanställas efter översvämningen är framförallt de för byggande av temporära vallar och andra skyddsåtgärder samt det övertidsarbete som översvämningen gav upphov till. Den kända kostnaden för detta arbete (akuta åtgärder) var ca 1 000 000 kr.

6.2 Skadekostnadsposter

Nedan beskrivs de kartlagda skadekostnadsposterna översiktligt. I beskrivningarna anges också hur osäkerheten i kostnaderna hanterats. Osäkerheterna beskrivs med hjälp av statistiska fördelningar.

Akuta åtgärder vid översvämning

Kostnaden för de akuta åtgärderna vid en översvämning är svåra att fastställa. I kategorin ingår kostnader för upprättande av temporära vallar av olika slag, upprättande av pumpar, övertidsarbete osv. Det enklaste är att utgå ifrån kända kostnader. För Alingsås uppgick de kända kostnaderna till ca 1 000 000 kr. Den totala kostnaden för de akuta åtgärderna kan sannolikt vara större vilket innebär en underskattning av kostnaden.

Kostnaden för akuta åtgärder beror på flera faktorer bl.a. storleken på översvämningen, översvämningstiden, årstiden, tillgängliga resurser mm. Det har dock inte varit möjligt att inom ramen för

denna utredning göra någon djupare analys av de akuta skadekostnaderna för olika översvämningsscenarier. Kostnaderna antas vara de samma för de olika scenarierna. Det antas vidare att de akuta kostnaderna minskar med 25 % om något av åtgärdsalternativen genomförs.

I Tabell 3 redovisas de antagna akuta kostnaderna för de olika åtgärdsalternativen.

Tabell 3. Uppskattade akuta kostnader för de olika åtgärdsalternativen

Alternativ	Akuta kostnader
0-alternativet.	1 000 274
Alternativ 1. Kapacitetshöjning	750 206
Alternativ 2. Vallar längs Lillån	750 206
Alternativ 3. Magasineri i Färgen	750 206
Alternativ 4. Vallar längs Sävån	750 206

Småhus (villor eller radhus)

I studien har dokumenterade skadekostnader för återställning efter tidigare översvämningar i andra kommuner använts som underlag för att beräkna en schablonkostnad för skadade småhus. Underlaget utgörs framförallt av regresskrav mot kommun från försäkringsbolag och av kommun utbetalad självriskersättning.

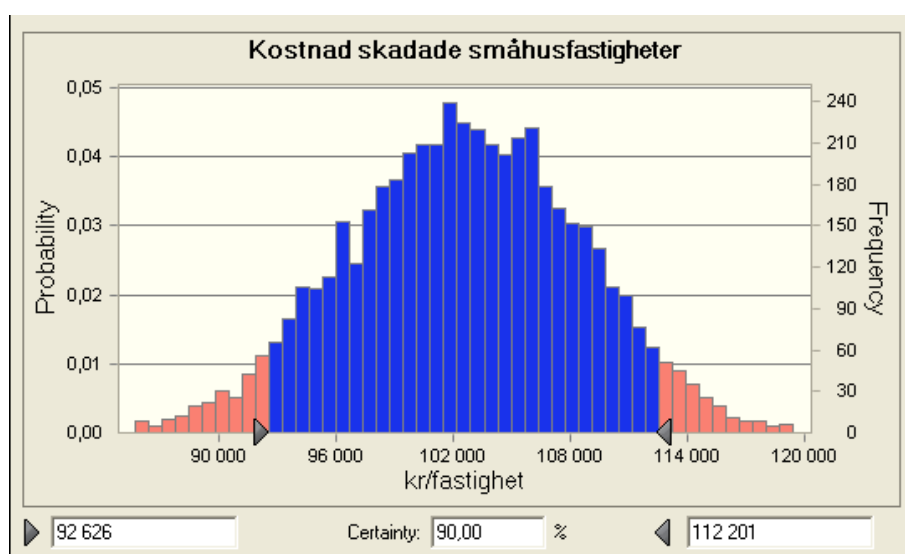
Regresskrav är ersättningar som försäkringsbolag har betalat ut till kunder som sedan ställt krav mot kommunen. Regresskrav ställs då det råder osäkerhet om var ansvaret för skadorna ligger. Den beräknade regressmedelkostnaden är ca 92 000 kr per skadat småhus. Denna kostnad har beräknats utifrån 177 skador.

Förutom denna kostnad tillkommer även självrisk som försäkringstagaren måste betala. För att beräkna denna medelkostnad har de av kommunen utbetalade självriskersättningarna använts. Den beräknade självriskmedelkostnaden är 10 000 kr per skadat småhus.

Ett antagande görs om att dessa data utgör ett representativt urval för småhuskador längs översvämningssområdet. Detta innebär att dessa data kan användas för att beskriva vad kostnaden för ett

skadat småhus är. Medelvärde av de rapporterade kostnaderna antas vara ett representativt mått på det verkliga väntevärdet för skadekostnaden på ett drabbat småhus.

De 90-procentiga konfidensintervallen beräknades för medelvärdena för regresskrav och självrisersättning. Utifrån dessa kunde en medelvärde för skadekostnaden och dess osäkerhetsfördelning beräknas, se Figur 3. Totalt blir återställningskostnaden för ett skadat småhus ca 102 000 kr.



Figur 3. Den genomsnittliga skadekostnaden (inkluderande självrisk) för ett skadat småhus, med osäkerhetsfördelning.

Andelen bostäder som vid en översvämning skadas är okänt. Andelen skadade småhus har antagits vara fördelad enligt en beta-fördelning med utfallet 0,6 för fördelningens 10-percentil och 0,9 för fördelningens 90-percentil.

Flerbostadshus

För att identifiera kostnaden för skadade flerbostadshus utnyttjas data ifrån regressärenden mot annan kommun. I dessa 16 ärenden finns både bostadsbolag och bostadsrättsföreningar. Varje kostnadsuppgift rör endast en fastighet (förutsatt att data är korrekt). Dock råder en osäkerhet om dessa fastigheter innehåller fler än en byggnad, en byggnad eller färre än en byggnad. Ett antagande görs om att varje fastighet består av en byggnad.

Därutöver görs ett antagande om att dessa data utgör ett representativt urval för flerbostadshussskador längs översvämningsområdet. Detta innebär att dessa data kan användas för att beskriva vad kostnaden för ett skadat flerbostadshus är. Medelvärde av de rapporterade kostnaderna antas vara ett representativt mått på det verkliga väntevärdet för skadekostnaden på ett drabbat flerbostadshus. Väntevärdet har antagits vara normalfördelat och osäkerheten representeras av medelvärdes 90-procentiga konfidensintervall. Det finns inget material tillgängligt om hur stor andel av bostäderna i översvämningsområdet som översvämmades 2006. Andelen skadade bostäder har antagits vara betafördelad med utfallet 0,6 för fördelningens 10-percentil och 0,9 för fördelningens 90-percentil.

Skadekostnad - lösöre

Skador på lösöre har hämtats från Folksam som har begärt regress för 49 privatpersoners egendomsskador av Mölndals stad för översvämningen 2006. Inga detaljerade uppgifter om typ av skador har kunnat införskaffas. Skadorna antas utgöra skador på inventarier i bottenplanslägenheter och/eller i förvaringsutrymme i källare. Därutöver antas att skadorna kan antas vara likvärdiga dem som drabbar småhus.

Ett antagande görs om att dessa data utgör ett representativt urval för denna typ av skador längs översvämningsområdet. Medelvärde av de rapporterade kostnaderna antas vara ett representativt väntevärde för skadekostnaden på lösöre. Väntevärdet har antagits vara normalfördelat och osäkerheten representeras av det 90-procentiga konfidensintervallet.

I kostnaderna finns inte självrisker medtagna. En självrisk antas vara likformigt fördelad mellan 1000-3000 kr per drabbat objekt, vilket innebär per skadat småhus eller skadad lägenhet i bottenplan.

Kostnadsfördelning och självriskfördelningen antas representera de skadekostnader som uppstår på lösöre i en lägenhet, dess förvaringsutrymme eller ett småhus då en byggnad översvämmas. Den totala kostnaden per skadat objekt representeras av en normalfördelning med ett 90-procentigt konfidensintervall med undre gräns ca 5500 kr och övre gräns ca 8500 kr.

Ingen information om hur stor andel av lägenheterna som finns inom översvämningsområdena som skadas har funnits tillgänglig. Andel-

en skadade fastigheter har antagits vara Betafördelad med 0,6 för fördelningens 10-percentil och 0,9 för fördelningens 90-percentil.

En uppskattning av antalet lägenheter som finns i en fastighet och som kan skadas har också gjorts. Bedömningen är förknippad med osäkerhet och representeras av en lognormalfördelning med det 90-procentiga osäkerhetsintervallet på 2-15 lägenheter. Resonemanget bakom detta intervall är som följer. En flerbostadsfastighet antas ha mellan 4 och 30 lägenheter. Dock finns ofta både vind- och källarförvaring. Om det antas att endast hälften av förvaringen sker i källare (där vattenskada kan uppkomma) ger sig antalet utsatta lägenheter till mellan 2 och 15.

Skadekostnad - Industri-, kontors och handelsbyggnader

Ett antal försäkringsbolag har begärt regresser för skador orsakade på industri-, kontors- och handelsbyggnader av en kommun i Västsverige. Ett antagande görs om att dessa data utgör ett representativt urval för skadade industri-, kontors och handelsbyggnader längs översvämningssområdet. Medelvärde av de rapporterade kostnaderna antas vara ett representativt väntevärde för skadekostnaden på en drabbad byggnad. Väntevärdet har antagits vara normalfördelat och osäkerheten representeras av det 90-procentiga konfidensintervallet.

I kostnadsuppgifterna finns inte självrisker medtagna. En trolig självrisk antas vara likformigt fördelad mellan 10 000-80 000 kr per byggnad. Liksom för flerbostadshus finns det ingen information om hur stor andel av industri-, kontors och handelsbyggnaderna som kan förväntas bli översvämmade vid en översvämning. Andelen skadade verksamheter antas vara betafördelad med 0,6 för fördelningens 10-percentil och 0,9 för fördelningens 90-percentil.

Skadekostnad – Offentliga byggnader

Inga detaljerade uppgifter, av tillräckligt urval, om kostnader för skador på offentliga byggnader har funnits tillgängliga. Kostnader för skador på en offentlig byggnad antas därför kunna representeras med en fördelning som ser likadan ut som den för industri, handels- och kontorsbyggnader.

Skadekostnad – Transformatorstationer

Skador på transformatorstationer är svåra att bedöma. Med utgångspunkt i diskussioner med sakkunniga på Mölndals Energi (i annan utredning) samt Sweco Energuide har ett antal antaganden gjorts.

Det kan bli stora reparationskostnader om vattnet når till en viss nivå i stationen men når vattnet inte till en denna nivå blir skadekostnaderna obetydliga.

Kostnader för materiella skador på transformatorstationer utgörs av två delar, material samt reparationsarbete. Kostnaderna beror vidare på storleken på transformatorstationen. I studien antas de aktuella stationerna vara av typen 10 kV-400v (en liten station). Kostnaden för skadat material antas vara lognormalfördelad med en 5-percentil på 20 000 kr och en 95-percentil på 500 000 kr. Kostnaden för reparationsarbete antas vara lognormalfördelad med en 5-percentil på 15 000 och en 95-percentil på 300 000.

Avslutningsvis kan det konstateras att de stora kostnaderna uppstår om stationen slås ut och kunder drabbas av strömavbrott. Kostnaden för strömavbrott har inte kunnat uppskattas. Noterbart är att Vattenfall vid strömavbrott utbetalar ungefär 1000 kr/ kund och 12-timmarsperiod i ersättning. Då detta endast är ersättningskostnaden och inte den faktiska kostnaden kan det antas att den faktiska kostnaden är betydligt högre.

6.3 Beräknade riskkostnader

Riskkostnaderna har beräknats med hjälp av statistisk simulering (Monte Carlo). De ovan nämnda osäkerhetsintervallen användes som indata för att beskriva de ingående parametrarnas osäkerheter. I modellen antogs antalet drabbade objekt av översvämningar vara likformigt fördelat med intervall baserat på antalet drabbade objekt ifrån det undre klimatjusterade flödet (ökning 10-procent mot nuläget) och ifrån det övre klimatjusterade flödet (ökning 60-procent mot nuläget). Genom simuleringen kunde osäkerheterna i de beräknade riskkostnaderna beskrivas. De beräknade riskkostnaderna och deras osäkerhetsintervall presenteras för de olika alternativen i Tabell 4 och Figur 4, sida 26 och 27.

I tabellen och grafen redovisas skattningen av riskkostnadernas väntevärden och 5- respektive 95-percentilerna.

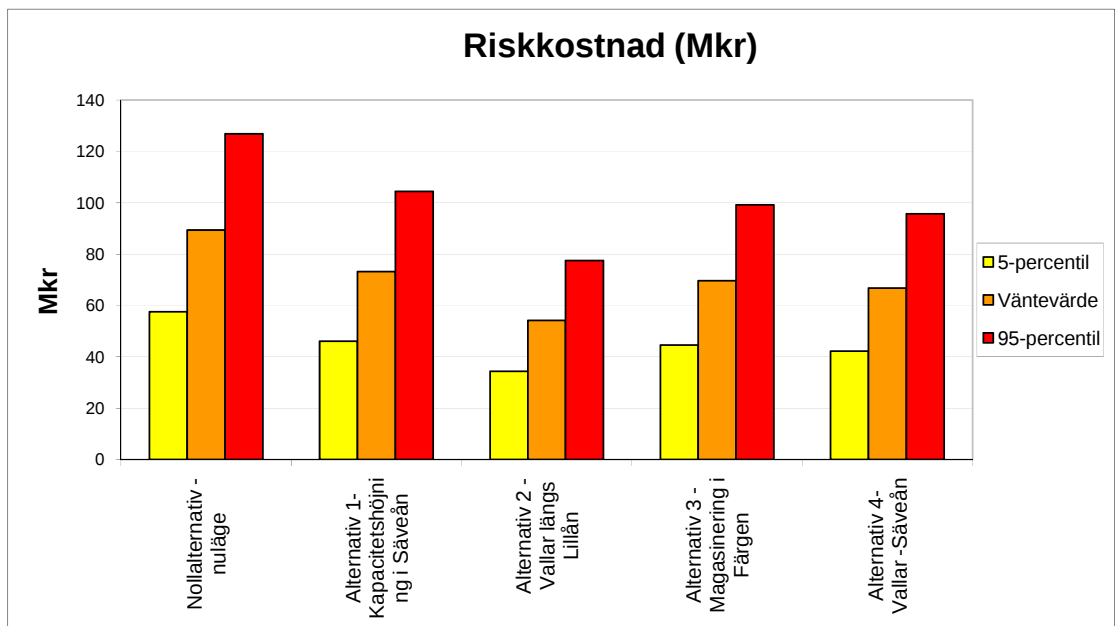
För alternativen med vallar har följande antagande om skador gjorts:

- Antalet skadade byggnader reduceras till noll längs de sträckor av Lillån respektive Sävån som skyddas av vallar

Tabell 4. Den totala riskkostnaden för de olika alternativen under 100 år.

Alternativ	Riskkostnad (Mkr)		
	5-percentil	Väntevärde	95-percentil
0-alternativ	58	90	127
Alternativ 1	46	73	104
Alternativ 2	34	54	78
Alternativ 3	45	70	99
Alternativ 4	42	67	96

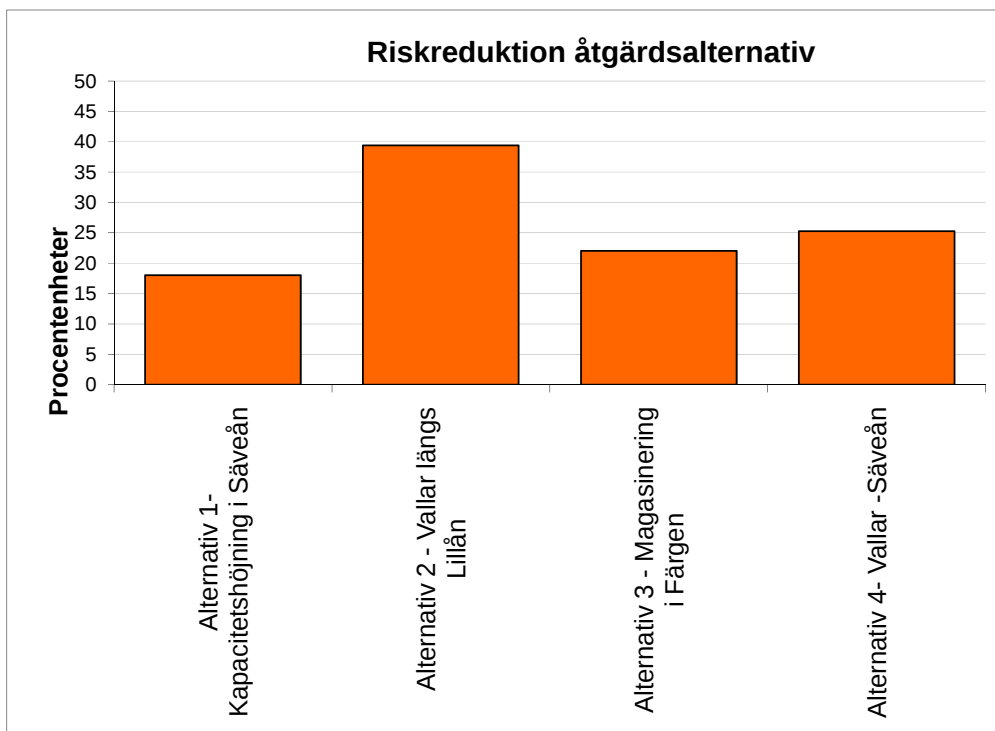
Den största riskkostnaden är förknippad med nollalternativet. Detta eftersom inga åtgärder har vidtagits. Beräkningarna visar att 0-alternativet kan förväntas medföra kostnader för samhället på ca 90 Mkr, med en osäkerhet på mellan ca 58 – 127 Mkr.



Figur 4. Den beräknade riskkostnaden för nollalternativet (ingen åtgärd) samt den kvarvarande riskkostnaden efter genomförande av de olika åtgärdsalternativen. Diagrammet visar den beräknade riskkostnaden under 100 år. 5-percentil, väntevärde och 95-percentil motsvarande lägsta och högsta troliga kostnad samt medelvärde.

Den lägsta riskkostnaden har alternativ 2 (Vallar längs Lillån). De övriga åtgärdsalternativen har relativt likvärdiga riskkostnader. I Figur 5 presenteras riskreduktionen för åtgärdsalternativen angivet i procentenheter (beräknat utifrån väntevärden). Alternativ 1 ger den minsta riskkostnadsreduktionen (18 %⁶). Alternativ 3 och 4 ger en riskkostnadsreduktion med 22 % respektive 25 %. Den största riskreduktionen ger Alternativ 2, drygt 39 %.

⁶ Observera att minskningen för samtliga alternativ kan variera beroende på om den beräknas med väntevärden (som här) eller med 5- eller 95-percentilen.



Figur 5. Riskreduktionen, i procentenheter, jämfört med 0-alternativet för de olika alternativen.

6.3.1 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys av riskkostnaden visar att för samtliga alternativ ger osäkerheten i kostnaden för skadade industri-, handels och kontorsfastigheter samt klimatosäkerheten (10-60% flödesökning) dominerande bidrag till riskkostnadens totala osäkerhet. I kostnaden för skadade industri-, handels och kontorsfastigheter ingår även skador på offentliga fastigheter. Den närmast följande posten är andelen skadade industri-, handels och kontorsfastigheter. Efter dessa 4 poster kommer poster för offentliga fastigheter och flerbostadsfastigheter.

Det kan därmed konstateras att osäkerheterna i beräkningarna av riskkostnader – och därmed i den efterföljande kostnads-nyttanalysen – till stor del beror på hur tillförlitligt materialet om skador på industri-, handels och kontorsfastigheter samt prognoser av flödesökningen. Om en analys med högre grad av säkerhet önskas bör alltså fortsatta insatser riktas in mot att samla in ett mera omfattande underlag för dessa faktorer. I Bilaga 3 ges ett exempel på känslighetsanalys för riskkostnadsberäkningen för 0-alternativet.

6.4 Kvalitativt uppskattade riskkostnader

Det finns i studien ett flertal kostnadsposter som inte kunnat kvantifieras. Anledningarna till detta är flera. För vissa finns det inga uppgifter, för andra har inte materialet funnits tillgängligt och vissa är helt enkelt för komplicerade att kartlägga. Det sammanlagda värdet av de ej kvantifierade riskkostnaderna rör sig troligen om åtskilliga miljoner, dels från avlopps- och dagvattensskador på fastigheter dels från restidsförseningar samt skador på väg och järnväg. Följande är exempel på kostnader som inte kunnat kvantifieras inom ramen för denna studie:

- Fastigheter översvämmade till följd av ledningsöversvämning, avlopp och dagvatten
- Förseningar i person- och godstrafik
- Strömavbrott, faktiska kostnader och ersättningskostnader
- Avbrott i vattenförsörjning, faktiska kostnader och ersättningskostnader
- Skador på broar, tunnlar, väg och järnväg
- Skador på VA-ledningar, El- och teleledningar
- Produktionsavbrott i industri under översvämning och under återställningstiden
- Begränsningar i kapacitet under översvämning och under återställningstiden både för offentlig och privat verksamhet
- Miljöskador på vattentäkt, naturområde eller vattendrag, exempelvis översvämmad förorenad mark som leder till läckage.
- Försvårade/försenade insatser: Brandkår, ambulans och polis

Dessa kostnader kan vara betydande och det är viktigt att de beaktas när ett beslut tas om vilket alternativ som ska väljas.

7 Kostnads-nyttoanalys

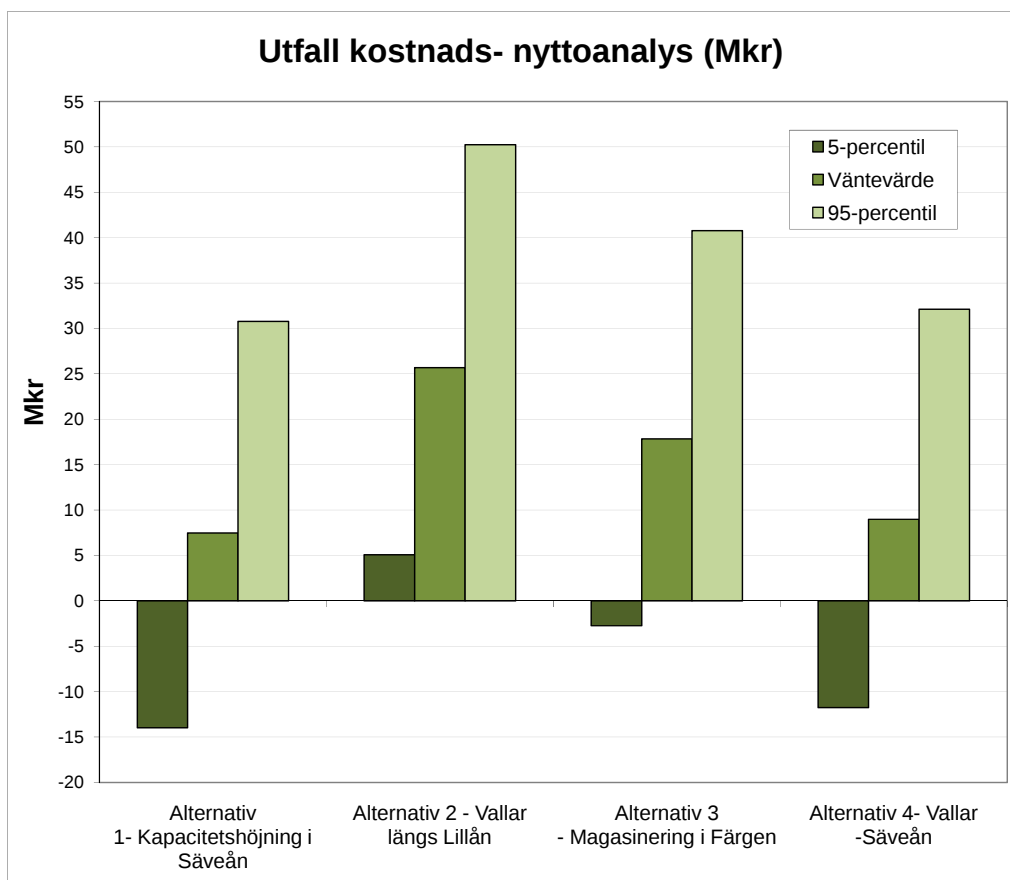
I följande avsnitt redovisas förutsättningarna för och utfallen av kostnads-nyttoanalysen för översvämningsåtgärder längs Sävån och Lillån. Utfallet för varje åtgärdsalternativ beräknas med hjälp av den s.k. målfunktionen, se ekvation 3 (se kapitel 3). Utfallet är alltså nuvärdet av summan av kostnader och nyttor (riskreduktion) för den aktuella tidshorisonten. Tidshorisonten har satts till 100 år med en diskonteringsränta på 2 %.

Resultaten från kostnads-nyttoanalysen visar om alternativen - givet begränsningarna i dataunderlaget och i de beräkningsmetoder som använts - uppvisar samhällsekonomisk lönsamhet eller inte. Resultaten visar också vilka alternativ som är mera lönsamma än andra.

I Tabell 5 presenteras en sammanfattning av utfallen för de olika alternativen. I Figur 6 redovisas utfallet av kostnads-nyttoanalysen grafiskt.

Tabell 5. Utfallen av kostnads- nyttoanalysen för de olika alternativen, ordnade efter förväntat mest fördelaktiga till minst fördelaktiga utfallet.

Alternativ	Utfall, Φ (Mkr)		
	5-percentil	Väntevärde	95-percentil
Alternativ 2	5	26	50
Alternativ 3	-3	18	41
Alternativ 4	-12	9	32
Alternativ 1	-14	8	31



Figur 6. Utfall av kostnads-nyttoanalysen i miljoner kronor. Stapeln i mitten (grön) visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilsstapeln (till vänster och mörk grön) visar ett rimligt lägsta utfall, 95-percentilsstapeln (till höger och ljus grön) ett rimligt högsta utfall.

För samtliga åtgärder visar analysen på samhällsekonomisk lönsamhet, sett till beräkningarnas väntevärde. Det betyder således att åtgärderna leder ekonomisk riskminskning (nytta) som är större än dess utförande- och underhållskostnader.

De minst fördelaktiga utfallen av åtgärdsalternativen är Alternativ 1 och 4 (väntevärde 7,5 och 8,5 Mkr), se Tabell 6 nedan. Dessa alternativ innebär omfattande arbete med kapacitetshöjning i Sävåån eller vallkonstruktioner längs Sävåån.

Det enligt analysen näst lönsammaste åtgärdsalternativet är Alternativ 3 (väntevärde 18 Mkr), vilket innebär en prognosreglering av sjön Färjen.

Som ovan nämnts har riskkostnaderna för översvämningar längs med Sävåån och Lillån troligen underskattats i denna studie. Detta

på grund av den förenklade beräkningsmodellen samt att data-underlaget inte tillåtit att alla skadekostnader kunnat kvantifieras. Eftersom den förväntade riskkostnaden sannolikt underskattats är det således rimligt att anta att det verkliga väntevärdet för kostnads-nyttoanalysen ligger över det beräknade.

Tabell 6. Utfallen av kostnads- nyttoanalysen för de olika alternativen, ordnade efter förväntat mest fördelaktiga till minst fördelaktiga utfallet.

Alternativ	Utfall, Φ (Mkr)		
	5-percentil	Väntevärde	95-percentil
Alternativ 2	5	26	50
Alternativ 3	-3	18	41
Alternativ 4	-12	9	32
Alternativ 1	-14	8	31

Det kan konstateras att ordningen i utfall blir oförändrad då alternativen ordnas efter 95-percentilen.

PM

Alingsås kommun

Hydraulisk modellering av Sävån och Lillån med översvämningskartering



Elisabet Sterner

Jonas Persson

Mats Andréasson
Teknikansvarig

Göteborg 2009-10-30

Innehållsförteckning

1	Inledning	2
2	Allmänt om översvämningskartering	2
2.1	Återkomsttid för översvämning	2
2.2	Produktion av översvämningskartor	2
3	Hydrologiska förutsättningar	3
3.1	Avrinningsområde	3
3.2	Vattenstånd i Mjörn	5
3.3	Vattenföring i Säveån och Lillån	5
3.4	Vattennivåer och flöden i framtida klimat (2100)	6
4	Hydraulisk modell för vattendragen	7
4.1	Modellens uppbyggnad	7
4.2	Kalibrering	8
5	Hydrauliska beräkningar och översvämningskartor	8
5.1	Randvillkor	8
5.2	Beräkningsscenarior	8
5.3	Beräknade vattennivåer i Säveån och Lillån	10
5.4	Översvämningskartor	11
6	Översiktlig åtgärdsberäkning	15
6.1	Metodik	15
6.1.1	Kapacitetshöjande åtgärder	15
6.1.2	Prognosreglering av sjöar	15
6.1.3	Vallar och översvämningsskydd	16
6.2	Beräkningsresultat	16
7	Möjligheter för övervakning, styrning och reglering av Säveån	18
8	Modellens framtida användning	19

1 Inledning

Detta PM med hydrauliska översvämningsberäkningar för Säveån och Lillån har utförts som underlag till utredningen *Värdering av översvämningsåtgärder i Alingsås, SWECO 2009-10-30*.

Modellen ligger i höjdsystemet RH2000 och koordinatsystemet är Sweref99. Samtliga nivåer i detta PM är angivna i RH2000.

En hydraulisk vattendragsmodell har upprättats med syfte att beskriva översvämningssituationer (högflödessituationer) i Säveån och Lillån genom Alingsås tätort. Översvämningssituationer som inträffat under senare tid är händelsen i december 2006. Denna händelse finns noggrant dokumenterad genom vattenståndsmätningar och foton, varför denna händelse har utnyttjas för kalibrering av modellen.

2 Allmänt om översvämningskartering

2.1 Återkomsttid för översvämning

Återkomsttid, som t ex 100-årsflöde eller 100-årsnivå, används ofta som ett mått på översvämningsrisken. Den visar den genomsnittliga tiden mellan två tillfällen med lika högt flöde eller nivå. Eftersom det speglar den genomsnittliga återkomsttiden kan två extrema händelser inträffa under en betydligt kortare period. Man är därmed inte säker bara för att en extremhändelse inträffade året innan.

Vattennivån i Säveån och Lillån beror främst av flödet och nivån i Mjörn. Den största översvämningen uppkommer då extremt höga flöden och hög nivå i Mjörn sammanfaller. Mjörns relativt stora yta medför att nivån ökar relativt långsamt med nederbörd och höga flöden i utmynnande vattendrag. Detta medför att maxnivån i Mjörn är fördröjd efter uppkomna maxflöden i vattendragen och chansen till att extremt höga nivåer i Mjörn och flöden från vattendragen skall sammanfalla är extremt låg.

2.2 Produktion av översvämningskartor

Översvämningskartorna tas fram via simuleringar av en hydraulisk modell. Modellen i denna studie är görs i MIKE11 som är ett program för hydraulisk modellering av öppna vattendrag. Vattenspegelns utbredning längs vattendragen bestäms av vattenytans nivå i

förhållande till den laserskannade höjdmodellen. Översvämningsskartorna konverteras till shape-format i ArcGIS.

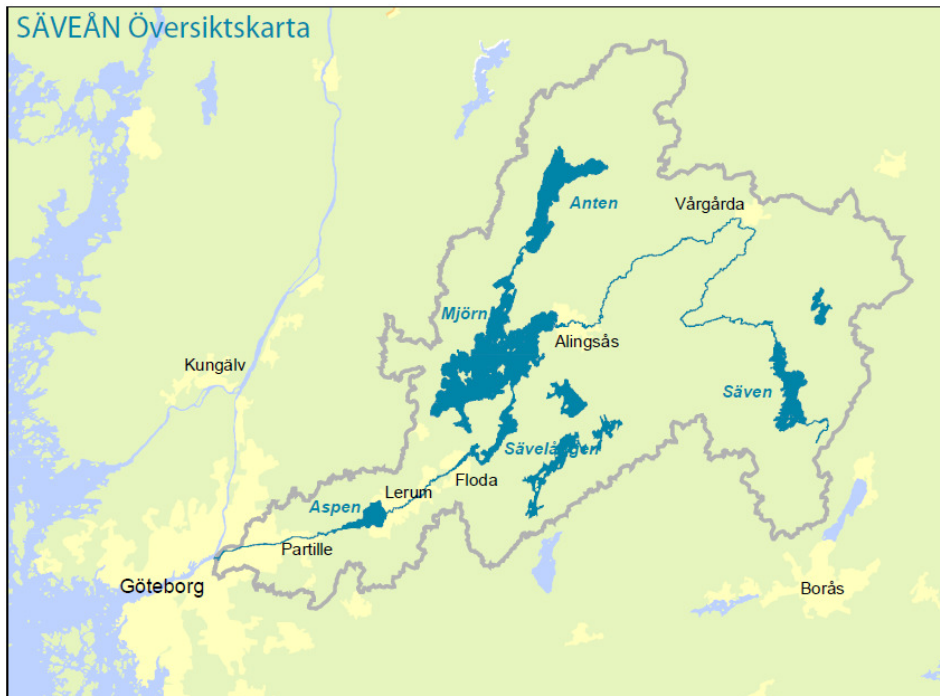
3 Hydrologiska förutsättningar

3.1 Avrinningsområde

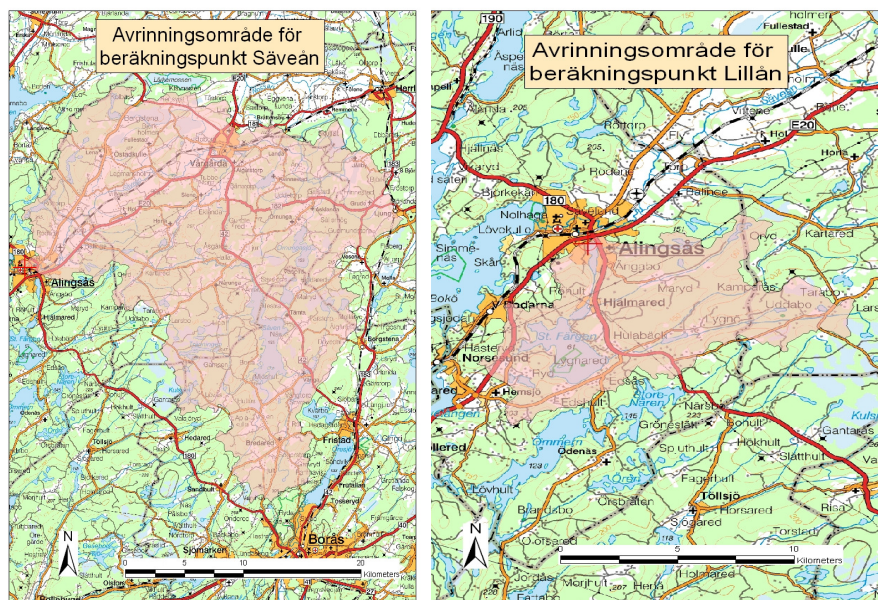
I figur 1 nedan visas Sävans hela avrinningsområde uppifrån området kring sjön Säven ner till utloppet i Göteborg. Avrinningsområdet till sjön Mjörn (till och med dess utlopp) uppgår till 1117 km² och har en sjöandel på 11 %.

Genom Alingsås tätort flyter vattendragen Sävån och Lillån. Storleken på avrinningsområdena tillrinnande till dessa vattendrag framgår av figur 2.

Sävån är reglerad vid Mjörns utlopp vid Solvedens kraftstation (Vattenfall). Viss reglering sker även uppströms Alingsås, vid ett antal kvarnar och sågar, bl. a. Spånga kvarn. Uppströms Lillån ligger Stora och Lilla Färgen där sjöreglering sker.

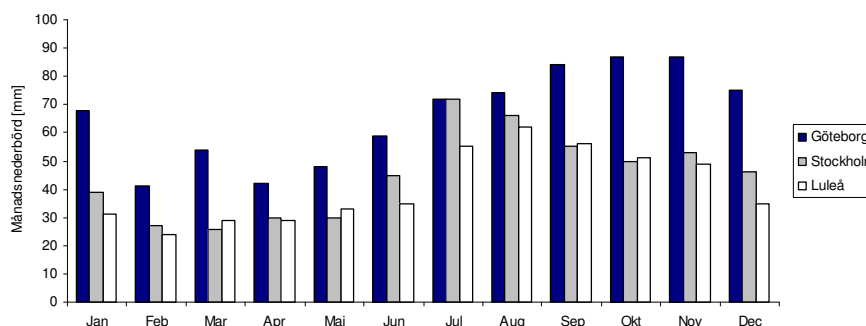


Figur 1. Översiktsskarta Sävans avrinningsområde (karbild från Länsstyrelsens hemsida, Västra Götaland)



Figur 2. Översikt över avrinningsområdet för Sävån uppströms Alingsås (597 km², sjöandel 4.4 %) och för Lillån (87 km², sjöandel 9.7 %). Översiktsbilder från SMHI.

Inom regionen faller volymmässigt mest nederbörd under den kalla årstiden, se figur 3.



Figur 3. Månadsmedelnederbörd för Göteborg, Stockholm samt Luleå baserat på klimatologisk data (efter Alexandersson och Karlström, 1991)

Enligt sammanfattning från Klimat- och sårbarhetsutredningen (SOU 2007:60) kommer nederbörden att öka och antalet dagar med kraftigt nederbörd öka under vinter, vår och höst i större delen av landet.

Ser man till de intensivaste regnen är det fråga om betydande ökningar. Avrinningen kommer emellertid att öka mest i västra Sverige. Höga flöden, med en återkomsttid på i genomsnitt 100 år, det s.k. 100-årsflödet kommer att öka kraftigt i framför allt västra Götaland.

3.2 Vattenstånd i Mjörn

Vattenståndet i Mjörn mäts kontinuerligt av Vattenfall (vid Solvedens kraftstation) samt av Alingsås kommun. Vid översvämningstillfället i december 2006 uppgick Mjörns nivå till ca + 59.65 m (RH2000).

Beräknat 100-årsvattenstånd för Mjörn har tagits fram av SMHI³. Mjörns 100-årsvattenstånd under dagens klimatförhållanden bedöms uppgå till mellan +59.8 och + 59.9 m.

3.3 Vattenföring i Sävån och Lillån

Karakteristisk vattenföring för Sävån¹ och Lillån² under dagens klimatförhållanden har tagits fram av SMHI, se tabell 1.

Karaktäristisk vattenföring	Sävån Flöde (m ³ /s)	Lillån Flöde (m ³ /s)
HHQ-100 Högsta Högsvattenföring (med genomsnittlig återkomsttid på 100 år)	90	12
HHQ-50 Högsta Högsvattenföring (med genomsnittlig återkomsttid på 50 år)	84	11
MHQ Medel Högsvattenföring (medelvärde av samtliga årsmax)	40	5.4
MQ Medelsvattenföring (medelvärdet av samtliga värden)	8	1.2

Tabell 1 Karaktäristisk vattenföring för Sävån och Lillån i Alingsås, reglerade flöden, dygnsmedelvärden (SMHI 2009).

¹ Dimensioneringsunderlag för Sävån, SMHI, 2009-06-22

² Dimensioneringsunderlag för Lillån, SMHI, 2009-06-22

³ Vattenståndsberäkning för Mjörn, SMHI, 2009-09-16

Värdena för högvattenföring har av SMHI bestäms m.h.a. medelvärdesberäkningar och statistisk analys av tidsserier från vattenföringsstationerna Spånga kvarn och Hällered. Information från platser med jämförbar flödesdynamik och områdets sjöandel m.m. vägs också in.

Storleken på flödet vid översvämningstillfället i december 2006 har bedömts utifrån registrerade vattenföringsuppgifter från Spånga kvarn. Flödet bedöms ha uppgått till ca 55 m³/s i Sävån i Alingsås vid detta översvämningstillfälle. Flödet i Lillån har uppskattats till ca 5 m³/s. Detta flöde kan bedömas vara ett flöde med knappt 20-års återkomsttid (20-årsflöde).

3.4 Vattennivåer och flöden i framtida klimat (2100)

Klimatförändringar bedöms öka nederbörden vid extrema väderhändelser. Detta ökar flödet i vattendrag vid dessa tillfällen som i sin tur ökar nivån i sjöarna.

Klimatpåverkat flöde i Sävån och Lillån:

Vad gäller bedömning av framtida flödessituationer (år 2100) för västra Sverige syns en tydlig tendens till ökande flöden för flöden med 100 års återkomsttid. Storleken på förändringen varierar dock mellan olika klimatscenarier, mellan ca 10-60 % (SMHI 2009).

För att undersöka känsligheten för osäkerheten har i denna studie beräkningar utförts med både 10 % och 60 % ökning.

Vattenstånd i Mjörn:

Framtida klimatpåverkade vattenstånd, med 100-års återkomsttid, för sjön Mjörn har beräknats av SMHI. Enligt SMHI beror förändringen av 100-årsnivån i Mjörn kraftigt på vilken klimatmodell som används samt vilken tidsperiod som avses. Storleksordningen på förändringen av 100-årsnivån jämfört med dagens klimat bedöms till mellan +0.1 till + 0.6 m.

I denna studie har en nivåökning (år 2100) på ca 45 cm använts som klimatpåverkad nivå.

4 Hydraulisk modell för vattendragen

4.1 Modellens uppbyggnad

En endimensionell hydraulisk modell (MIKE11) har byggts upp över vattendragen genom Alingsås. Modellen innefattar en ca 7,5 km lång sträcka av Sävån samt Lillån som sträcker sig från sjön Gerdskan och mynnar ut i Sävån ca 2 km uppströms dess utlopp i Mjörn. Området är flackt och fallhöjden är endast ca 4 m. I figur 4 visas modellens utbredning.

Modellen innefattar broar och dämmen/regleringar i Sävån och Lillån.

Modellen har skapats från underlaget nedan:

- Inmätning av sektioner och broar i vattendragen, utfört av Alingsås kommun, 2009
- Planritningar samt ritningar av broar, Alingsås kommun
- Karaktäristiska data för vattendragen och Mjörn, SMHI
- Digital höjdmodell över Alingsås, Alingsås kommun
- Utförda ekolodningar i Sävån, SWECO 2007



Figur 4. Översikt över Sävåns och Lillåns sträckning genom Alingsås.

4.2 Kalibrering

Modellen har kalibrerats mot uppmätta vattennivåer i Sävån, Lillån och Mjörn. Flödet har tagits fram genom beräkning utifrån uppmätt flöde vid Spånga kvarn. Kalibrering har utförts för perioden 11-15 december 2006, då vattendragen svämmade över.

Åfårans råhet (Mannings tal) har vid kalibreringen justerats för att beskriva vattennivån i ån vid de uppmätta punkterna. Åfårans råhetstal blir således en samlad beskrivning av råhet, friktion och förluster utmed hela åfåran.

Vid kalibreringen har en mycket god överensstämmelse mellan beräknade och uppmätta värden erhållits. Under perioden 11-15 december var flödet i ån mellan 45-59 m³/s och Mjörns nivå ca + 59.65 m.

Mannings tal för Sävån har beräknats till mellan 15 och 17.

5 Hydrauliska beräkningar och översvämningsskator

5.1 Randvillkor

Modellberäkningar har utförts med olika flödesbelastning i Lillån och Sävån (20- och 100-årsflöden) samt med olika vattennivåer i Mjörn. I samtliga beräkningsscenarior har dagvattensystemen förutsatts leverera flöden till vattendragen motsvarande belastning av ett 10-årsregn.

5.2 Beräkningsscenarior

Modellberäkningar har utförts för ett antal olika extremscenarior dels för nuvarande klimatförhållanden, dels för framtida klimatpåverkade förhållanden. 100-årslöde i vattendragen i nuvarande klimat har beräknats tillsammans med en vattennivå på + 60.65 m i Mjörn, vilket motsvarar nivån i Mjörn vid översvämningstillfället dec 2006. Som klimatpåverkad vattennivå i Mjörn har nivån ökat med 45 cm till + 60.1 m. Randvillkor för olika scenarior visas i tabell 2.

Följande scenarior har beräknats:

"20-årssituationer":

1. 20-års flöde i Sävån och Lillån, nivå i Mjörn + 60.65 m (december 2006).
2. Klimatpåverkat 20-års flöde i Sävån och Lillån (+10 %), klimatpåverkad nivå i Mjörn + 61.1 m
3. Klimatpåverkat 20-års flöde i Sävån och Lillån (+10 %), klimatpåverkad nivå i Mjörn + 61.1 m

"Extremsituationer":

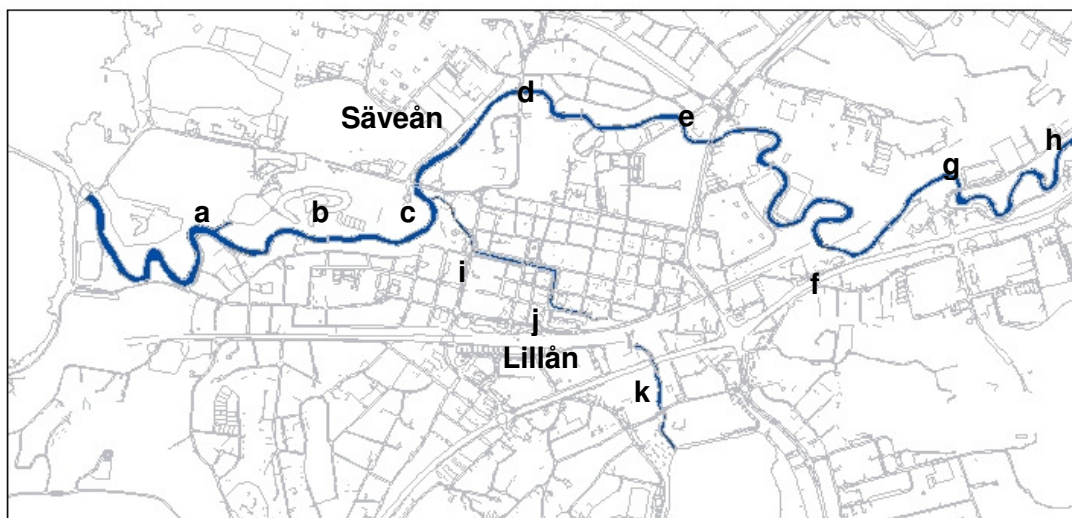
4. 100-års flöde i Sävån och Lillån, nivå i Mjörn + 60.65 m (december 2006).
5. Klimatpåverkat 100-års flöde i Sävån och Lillån (+10 %), klimatpåverkad nivå i Mjörn + 61.1 m
6. Klimatpåverkat 100-års flöde i Sävån och Lillån (+60 %), klimatpåverkad nivå i Mjörn + 61.1 m

	Flöde i Sävån (m ³ /s)	Flöde i Lillån (m ³ /s)	Nivå i Mjörn (m) RH2000
1. 20-årsflöde, 100-årsnivå	55,4	5,2	59,65
2. 20-årsflöde +10 %, klimatpåverkad 100-årsnivå	60,9	5,7	60,1
3. 20-årsflöde +60 %, klimatpåverkad 100-årsnivå	88,6	8,3	60,1
4. 100-årsflöde, 100-årsnivå	90	12	59,65
5. 100-årsflöde +10 %, klimatpåverkad 100-årsnivå	99	13,2	60,1
6. 100-årsflöde +60 %, klimatpåverkad 100-årsnivå	144	19,2	60,1

Tabell 2. Randvillkor: Flöden i vattendragen och nivån i Mjörn vid olika scenarion

5.3 Beräknade vattennivåer i Säveån och Lillån

Ur modelleringsresultatet ges en kontinuerlig trycknivå längs vattendragen. Beräknad vattennivå i 11 olika punkter har plockats ut. Punkternas position visas i figur 5 nedan.



Figur 5. Punkter längs Säveån och Lillån där vattennivån redovisas

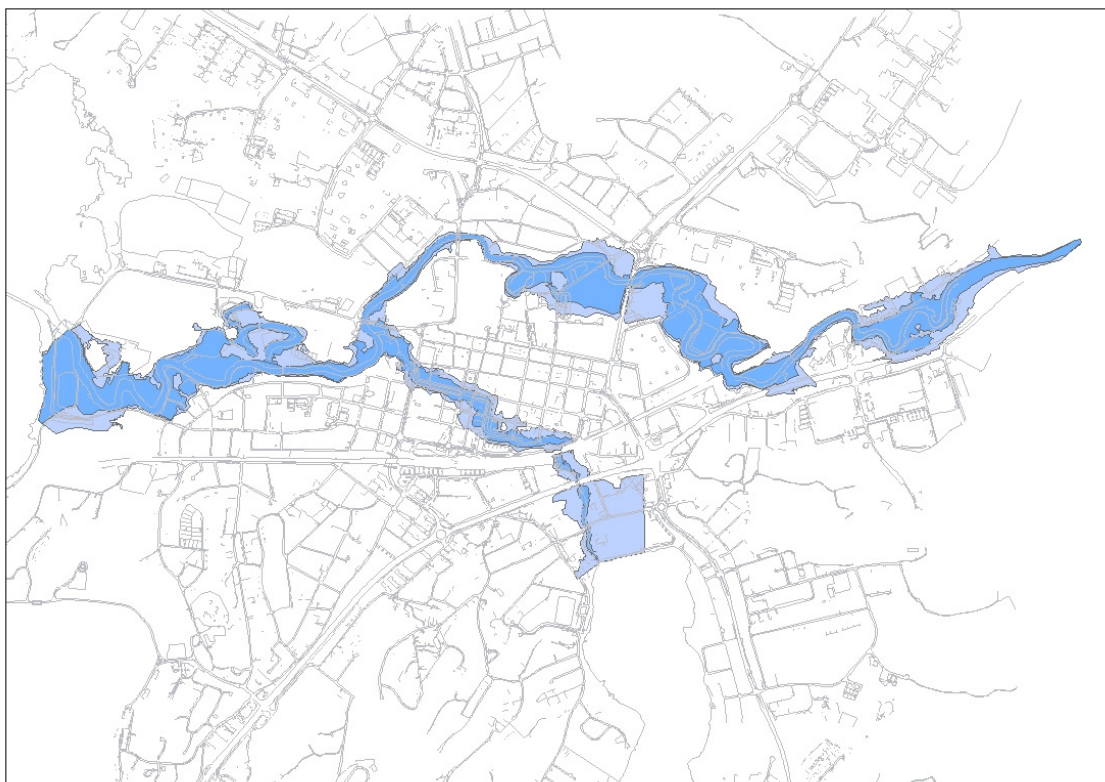
I tabell 3 redovisas beräknad vattennivå i punkterna a-k (enligt figur 5) i Säveån respektive Lillån.

Plats	1.HQ20	2.HQ20+10%	3.HQ20+60%	4.HQ100	5.HQ100+10%	6.HQ100+60%0
a. Sörhaga	59,91	60,25	60,4	60,2	60,48	60,75
b. Rönnvägen	60,01	60,34	60,53	60,39	60,63	60,93
c. Kv. Ljuset	60,17	60,47	60,73	60,64	60,86	61,25
d. Nye brogatan	60,4	60,69	61,07	61	61,28	61,89
e. Värnersborgsvägen	60,78	61,09	61,56	61,53	61,81	62,65
f. Järnvägsbron	61,06	61,37	61,99	61,99	62,28	63,22
g. Borgens gata, bro över Sävån	61,28	61,57	62,21	62,21	62,48	63,41
h. Borgensgata 12	61,48	61,76	62,43	62,43	62,69	63,6
i. Västra Ringgatan	60,37	60,64	60,89	60,92	61,2	61,92
j. Plangatan	60,55	60,83	61,13	61,34	61,75	63,22
k. E20	61,99	62,01	62,12	62,25	62,37	64,65

Tabell 3. Beräknade vattennivåer i Sävån för scenario 1-6 utan åtgärder

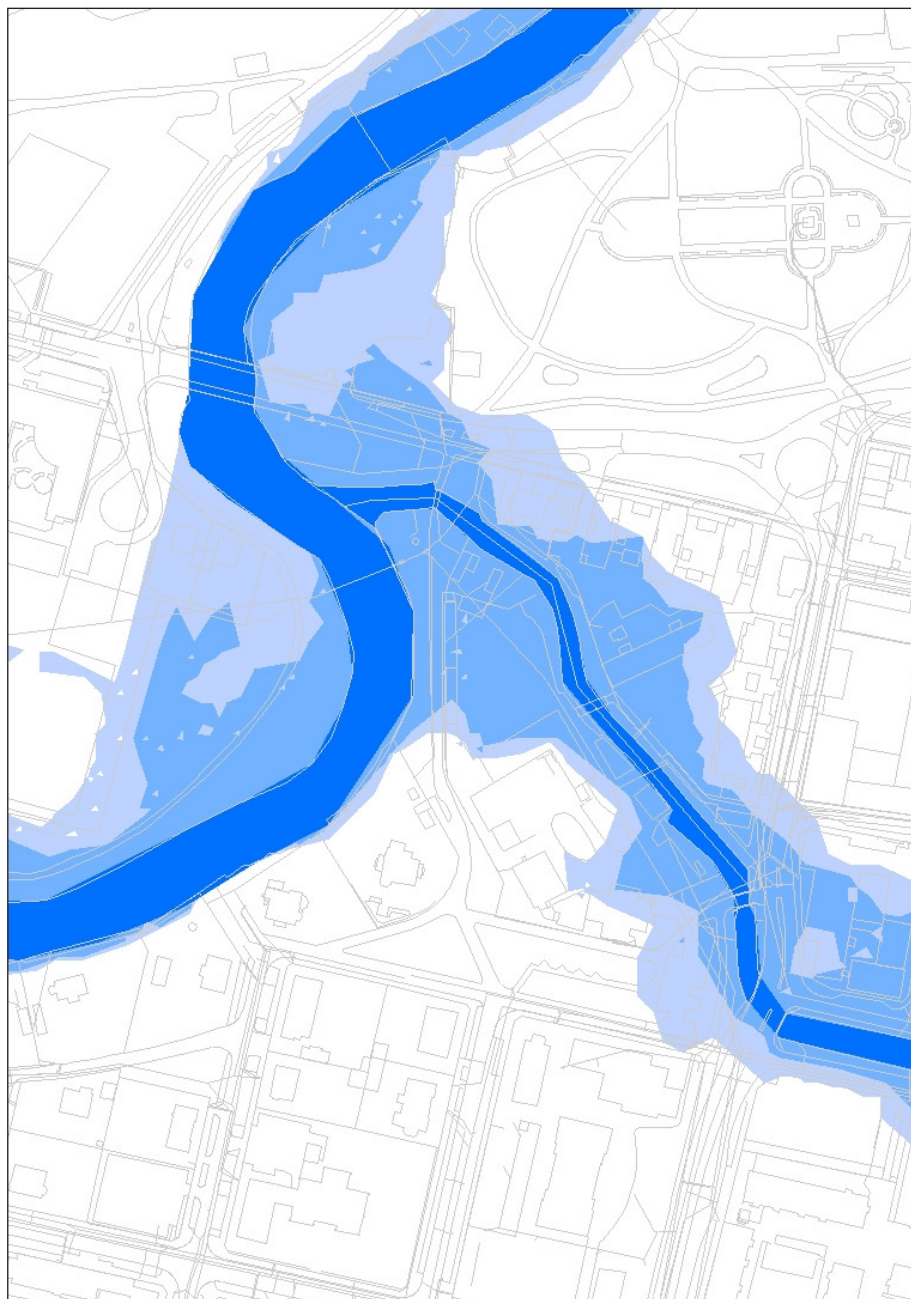
5.4 Översvämningskartor

Översvämningskartor har tagits fram för olika scenarior. I figur 6 visas en översvämningsbild för två extremscenarior, 100-årsflöde i nuvarande klimat samt bedömt 100-årsflöde i framtida klimat (+ 60%), d.v.s. scenario nr 4 och 6.



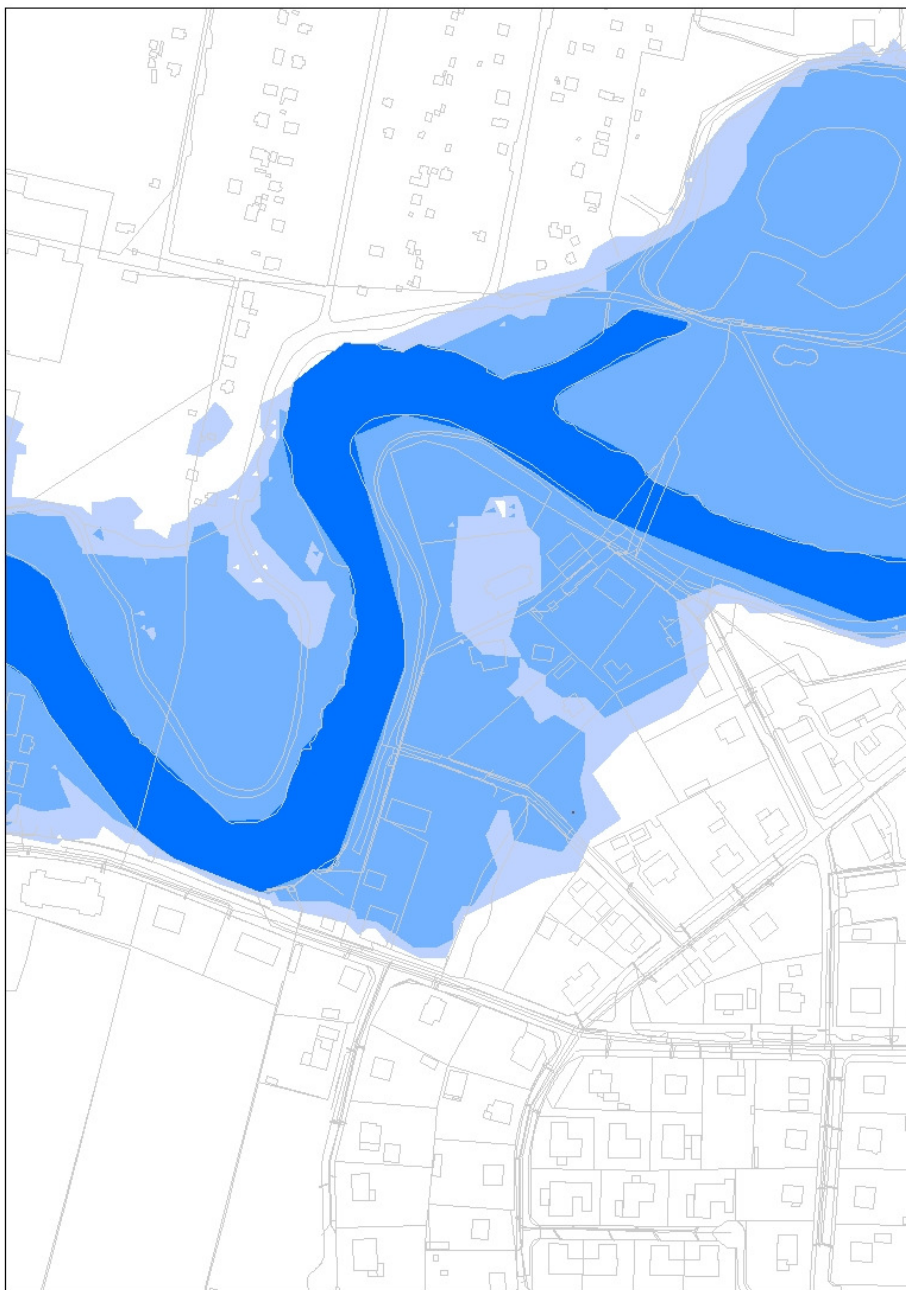
Figur 6. Översvämningskarta för Alingsås för 2 olika Extremsituationer, 100-års situation för nuvarande klimat ("mellanblått") samt bedömd 100-årssituation i framtida klimat+ 60% (ljusblått).

Detaljerade översvämningskartor har även tagits fram för olika detaljområden. I figur 7 och 8 visas exempel på kartor över områdena vid Kv. Ljuset och Sörhaga.



Figur 7. Detaljerade översvämningskarta för området vid Kv. Ljuset för två olika extremscenarior:

- 100-årsflöde och Mjörns nivå +59.65 m ("mellanblått")
- framtida klimatanpassat 100-årsflöde (+60%) och klimatanpassad nivå i Mjörn +60.1 m (ljusblått).



Figur 8. Detaljerad översvämningskarta för området vid Sörhaga för två olika extremscenarior:

- 100-årsflöde och Mjörns nivå +59.65 m ("mellanblått")
- framtida klimatanpassat 100-årsflöde(+60 %) och klimatanpassad nivå i Mjörn +60.1 m (ljusblått).

6 Översiktlig åtgärdsberäkning

6.1 Metodik

För att undersöka effekten av olika tänkbara åtgärder har åtgärdssimuleringar utförts. Dessa beräkningar har utförts med samma randvillkor som i beräkningarna utan åtgärder, se avsnitt 5.1

Effekten av åtgärdsförslagen har studerats genom framtagande av tryckprofiler, vattennivåer längs vattendragen samt översvämningsskartor.

De åtgärdsprinciper som studerats är:

- Kapacitetshöjande åtgärder i Sävån (rensning/sektionsökning)
- Prognosreglering av sjöar
- Vallar och översvämningsskydd

6.1.1 Kapacitetshöjande åtgärder

I beräkningarna har kapacitetshöjning i Sävåns nedströmsdel, mellan Nohagabron och Mjörn studerats. Kapacitetshöjning kan uppnås genom t. ex. rensning och sektionsökning i prioriterade avsnitt. I beräkningarna har åtgärden lagts in i modellen i form av antagande av ett högre Manningstal (mindre råhet) i åfåran. Manningstal har här ökat från 17 till 25.

6.1.2 Prognosreglering av sjöar

Flödet i Lillån kan reduceras genom att reglera Färjen uppströms Lillån. Detta förutsätter att sjöarna uppströms Lillån förtappas så att flödet i Lillån kan reduceras i samband med kritiska situationer. Inom gällande vattendom bedöms en god potential finnas för att magasinera vatten. I beräkningarna har antagits att ca 10 m³/s skall kunna reduceras under en extremhändelse. Åtgärdsalternativet förutsätter ett tappningsflöde om ca 2 m³/s i Lillån vid extremhändelse.

Även prognosreglering av Sävån är en möjlig åtgärd med t. ex. förtappning och magasinering av sjön Säven.

6.1.3 Vallar och översvämningsskydd

Genom att bygga vallar eller temporära översvämningsskydd längs vattendragen kan utsatta områden skyddas lokalt.

Översvämningsskydden hindrar vattendraget från att breda ut sig, vilket kan reducera kapaciteten vid extremt höga flöden och ger därmed risk för en dämmande effekt. Denna effekt har dock inte modellerats. Om man planerar gå vidare med detta åtgärdsalternativ bör sådana beräkningar genomföras.

6.2 Beräkningsresultat

I tabellen 4 redovisas resultatet från beräkningen i form av hur mycket vattennivån beräknas sänkas i respektive punkt a-k (se figur 5) i Sävån respektive Lillån, för respektive åtgärd. Här redovisas några utvalda scenarior.

Av resultatet framgår att en kapacitetshöjning i Sävåns nedströmsdel medför en relativt god sänkning av vattennivån i Sävån framförallt i dess nedströmsdel (ca 30 cm sänkning vid en Extremsituation).

Även en fortsatt rensning längre upp i Sävån skulle ge effekt på vattennivåerna mera uppströms i Sävån.

Reglering/förtappning av Färgen innan en högflödessituation ger mycket god effekt utmed Lillån (0,5 m sänkning vid en Extremsituation).

Detta resultat pekar på vilken stor effekt reglering/förtappning mot prognos kan ha för ett vattendrag. En prognosreglering av Sävån skulle således kunna ge en mycket stor effekt för Alingsås med betydligt minskade flöden i samband med Extremsituationer, se vidare avsnitt 7.

Effekten i vattendragen av sänkning av Mjörn vattennivå har också översiktligt studeras. En sänkning av Mjörns nivå med hela 50 cm i samband Extremsituation (100-årshändelsen) skulle medföra en sänkning av vattennivån utmed Sörhaga med ca 19 cm och uppe vid Kv. Ljuset med ca 8 cm.

	Kapacitetshöjning Säveån	Kapacitetshöjning Säveån	Reglering Färgen	Reglering Färgen
Plats	1.HQ20 Sänkning av vattennivån (m)	4.HQ100 Sänkning av vattennivån (m)	1.HQ20 Sänkning av vattennivån (m)	4.HQ100 Sänkning av vattennivån (m)
a. Sörhaga	0.13	0.22	0.03	0.06
b. Rönnvägen	0.17	0.3	0.03	0.08
c. Kv. Ljuset	0.23	0.37	0.04	0.09
d. Nyebrogatan	0.26	0.41	0.02	0.07
e. Värnersborgsvägen	0.19	0.2	0.02	0.03
f. Järnvägsbron	0.16	0.18	0.02	0.05
g. Borgens gata, bro över Säveån	0.12	0.13	0.01	0.03
h. Borgensgata 12	0.09	0.11	0.01	0.02
i. Västra Ringgatan	0.13	0.17	0.16	0.32
j. Plangatan	0.12	0.13	0.28	0.68
k. E20	0	0	0.21	0.47

Tabell 4. Beräknad vattennivåsänkning i Säveån och Lillån för scenario 1 och 4 för två olika åtgärder. Vattennivåsänkningen är relaterad till nivåer i tabell 3.

7 Möjligheter för övervakning, styrning och reglering av Sävån

SMHIs hydrologiska prognosmodell (HBV-modellen) har sedan 1970-talet använts operationellt för hydrologiska prognoser. Under åren har modell och metoder utvecklats och förbättrats, men de grundläggande principerna kvarstår. Vid tillämpning av modellen måste ett antal värden som beror av avrinningsområdets egenskaper ansättas. Detta görs normalt vid kalibrering mot en tidsserie av observerade vattenföringsuppgifter.

Inför en hydrologisk prognos är det viktigt att veta hur mycket nederbörd som fallit i området under perioden före flödestillfället. I avrinningsområdet sker en dämpning som innebär att flödesökningen i vattendraget är fördröjd i förhållande till regnet. Hur blött det är i marken bestämmer också hur området reagerar på ytterligare regn. Är det hög markvattenhalt i området sker det en snabb respons på nederbörden som snabbt rinner ut i vattendrag, sjöar och andra magasin. Därför är det även viktigt med realtidsrapporterande nederbördsobservationer i området.

Den hydrologiska prognosmodellen ger möjligheten till förhandsinformation vid exempelvis risk för stora nederbördsmängder. För Sävån med de förhållandevis stora sjöarna i dess övre delar kan den ge underlag till beslut om förhandstappning ur dessa reglerade sjöar. En förhandstappning ger möjlighet till magasinering i den reglerade sjön då det kommer att finnas viss volym kvar att fylla upp innan dämningens gräns. Sedan är naturligtvis magasineringens möjlighet beroende av hur stort magasinet är och hur mycket volym det finns kvar efter förhandstappningen. Är magasinet fullt måste all tillrinning i samband med ett nederbördsfall samtidigt släppas ur magasinet, vilket då kan medföra översvämningsproblem nedströms i vattendraget.

SMHI:s hydrologiska prognos- och varningstjänst genomförde i samband med de höga flödena vintern 2006/07 en prognostisering för Sävån. Då en hydrologisk modell fanns tillgänglig kunde hydrologiska modellberäkningar utföras. För ån finns vattenföringsstation, några vattenkraftsanläggningar med tappningsuppgifter och dessutom möjlighet att samla in vattenstånd från några magasin. Dessa observationer kunde då nyttjas för verifiering av modellen och genomförande av prognosberäkningarna. Tillgängliga vattenståndsobservationer i sjön Mjörn möjliggjorde även att prognosberäkningar kunde genomföras för både inflöde och utflöde samt för vattenståndsutvecklingen i Mjörn. Dessa uppgifter delgavs Länsstyrelsen och berörda räddningstjänster så att dessa fick möjlighet att sätta in lämpliga åtgärder beroende av modellens utfall.

Modellen kunde även ge underlag till beslut om förhandstappning i det fall modellen visade på kraftig tillrinning och vattenståndsökning i sjön eller magasinen.

Det finns en stor potential för att vidareutveckla detta prognosystem för Sävåån och då även integrera den nu upprättade hydrauliska modellen för Sävåån och Lillån i Alingsås.

8 Modellens framtida användning

Den upprättade hydrauliska vattendragsmodellen kan framledes t. ex. utnyttjas för

- fortsatt planering av översvämningsbegränsande åtgärder.
- framtagande av detaljerade översvämningskartor och detaljerade åtgärder för specifika områden/fastigheter
- att studera påverkan av eventuella förändringar i vattendraget (anläggande av erosionsskydd, broar etc).
- eventuell framtida prognosreglering

Alingsås

Kostnads- nyttoanalys översvämningsåtgärder

I cellerna för Riskkostnad och Utfall redovisas medelvärde

			Situation	Antagen återkomst	Pf
Tidshorisont (år)	100	P _f	q20l100r10	20	0,050
Räntesats (%)	2		q50l100r10	50	0,020
			q100l100r10	100	0,010

Skadekostnad Nollalternativ -nuläge			
Antagen Återkomsttid (år)	P _f	Konsekvenser (Mkr)	
		Akuta	Återställning
20	0,050	1,00	28,07
50	0,020	1,00	56,08
100	0,010	1,00	62,31
Riskkostnad (Mkr)	89,48		

Skadekostnad Alternativ 1- Kapacitetshöjning i Säveån						
Kostnader (Mkr)*		20	40	60	80	100
Utförande	6,0	0,67	0,45	0,30	0,21	0,14
Underhåll (per år)	0,02					
Antagen Återkomsttid (år)	P _f	Konsekvenser (Mkr)				
		Akuta*	Återställning			
20	0,050	0,75	21,66			
50	0,020	0,75	48,00			
100	0,010	0,75	53,33			
Riskkostnad (Mkr)	73,29		Utfall Φ ₁ (Mkr)	7,5		

* Till höger anges 20, 40 ... 100 år det tidsintervall vissa åtgärder måste förnyas och under visas kostnaden

Skadekostnad Alternativ 2 - Vallar längs Lillån							
Kostnader (Mkr)*		15	30	45	60	75	90
Utförande	6,8	0,15	0,11	0,08	0,06	0,05	0,03
Underhåll (per år)	0,05						
Antagen Återkomsttid (år)	P _f	Konsekvenser (Mkr)					
		Akuta*	Återställning				
20	0,050	0,75	16,49				
50	0,020	0,75	34,28				
100	0,010	0,75	38,08				
Riskkostnad (Mkr)	54,12		Utfall Φ ₁ (Mkr)	26,1			

Skadekostnad Alternativ 3 - Magasinering i Färgen				
Kostnader (Mkr)*		30	60	90
Utförande	1,0	0,55	0,30	0,17
Underhåll (per år)	0,02			
Antagen Återkomsttid (år)	P _f	Konsekvenser (Mkr)		
		Akuta*	Återställning	
20	0,050	0,75	21,70	
50	0,020	0,75	43,95	
100	0,010	0,75	48,83	
Riskkostnad (Mkr)	69,65		Utfall Φ ₁ (Mkr)	18,0

Skadekostnad Alternativ 4- Vallar -Säveån				
Kostnader (Mkr)*		30	60	90
Utförande	11,6	0,64	0,35	0,19
Underhåll (per år)	0,02			
Antagen Återkomsttid (år)	P _f	Konsekvenser (Mkr)		
		Akuta*	Återställning	
20	0,050	0,75	21,98	
50	0,020	0,75	40,24	
100	0,010	0,75	44,71	
Riskkostnad (Mkr)	66,65		Utfall Φ ₁ (Mkr)	9,1

Skadekostnad Nollalternativ -nuläge

	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
--	-------	-----	-----	---------------	------------------	-------	-------------

20-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
Akuta åtgärder				1 000 274	1		1 000 274

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							898 303
Småhus	11,5	8	15	102 793	0,76	898 303	
FLERFAMILJHUS							2 010 477
Flerfamiljshus	12	9	15	220 473	0,76	2 010 477	
Privatpersoners LÖSÖRE							759 873
Antal småhushus	11,5	8	15		0,76	79 804	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	12	9	15		0,76	680 069	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		14 509 262
Kontors- och handelsbyggnader	13,5	11	16	1 004 914	0,76	10 309 212	
Industribyggnader	5,5	2	9	1 004 914	0,76	4 200 050	
OFFENTLIGA BYGGNADER							9 163 744
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	12	9	15	1 004 914	0,76	9 163 744	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							332 651
Garage, oisolerade byggnader mm	51,5	41	62	8 500	0,76	332 651	
Skador Infrastruktur	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	900	1,00		0
Transformatorstationer	2	1	3	262 947	0,76		399 633

Total kostnad Akut:	1,00	Mkr
Total kostnad: Återställning:	27,74	Mkr

10%60%

624 9071 171 700

1 507 8582 513 096

55 516104 092

510 051850 086

8 400 09912 218 326

1 527 2916 872 808

6 872 80811 454 681

264 829400 473

199 816599 449

19 963 17536 184 711

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:

28073943,1128,07 kr

100-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	
Akuta åtgärder				1 000 274	1		1 000 274

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							3 046 420
Småhus	39	27	51	102 793	0,76	3 046 420	
FLERFAMILJHUS							4 188 493
Flerfamiljshus	25	17	33	220 473	0,76	4 188 493	
Privatpersoners LÖSÖRE							1 687 449
Antal småhushus	39	27	51		0,76	270 640	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	25	17	33		0,76	1 416 810	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		34 364 042
Kontors- och handelsbyggnader	24,5	19	30	1 004 914	0,76	18 709 311	
Industribyggnader	20,5	14	27	1 004 914	0,76	15 654 730	
OFFENTLIGA BYGGNADER							17 563 843
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	23	18	28	1 004 914	0,76	17 563 843	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							561 954
Garage, oisolerade byggnader mm	87	69	105	8 500	0,76	561 954	
Skador Infrastruktur	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	0	1,00		0
Transformatorstationer	4,5	3	6	262 947	0,76		899 174

Total kostnad Akut:	1,00	Mkr
Total kostnad: Återställning:	61,75	Mkr

10%	60%
2 109 060	3 983 780
2 848 176	5 528 811
187 366	353 913
963 431	1 870 189
14 509 262	22 909 361
10 691 035	20 618 425
13 745 617	21 382 070
445 688	678 221
599 449	1 198 899
46 099 083	78 523 669

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:
62 311 376 62,31 kr

Skadekostnad Alternativ 1- Kapacitetshöjning i Säveån

	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
--	-------	-----	-----	---------------	------------------	-------	-------------

20-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							624 907
Småhus	8	7	9	102 793	0,76	624 907	
FLERFAMILJHUS							1 256 548
Flerfamiljshus	7,5	5	10	220 473	0,76	1 256 548	
Privatpersoners LÖSÖRE							480 559
Antal småhushus	8	7	9		0,76	55 516	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	7,5	5	10		0,76	425 043	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		12 600 149
Kontors- och handelsbyggnader	11,5	10	13	1 004 914	0,76	8 781 922	
Industribyggnader	5	3	7	1 004 914	0,76	3 818 227	
OFFENTLIGA BYGGNADER							6 109 163
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	8	5	11	1 004 914	0,76	6 109 163	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)				1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							284 207
Garage, oisolerade byggnader mm	44	38	50	8 500	0,76	284 207	
Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	900	1,00		0
Transformatorstationer	1,5	1	2	262 947	0,76		299 725
Total kostnad Akut:				0,75	Mkr		
Total kostnad: Återställning:				21,37	Mkr		

10%60%

546 793703 020

837 6991 675 397

48 57662 455

283 362566 724

7 636 4549 927 390

2 290 9365 345 518

3 818 2278 400 099

245 451322 962

199 816399 633

15 907 31527 403 198

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:
21 655 25621,65525628

100-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							2 226 230
Småhus	28,5	13	44	102 793	0,76	2 226 230	
FLERFAMILJHUS							3 434 565
Flerfamiljshus	20,5	13	28	220 473	0,76	3 434 565	
Privatpersoners LÖSÖRE							1 359 559
Antal småhushus	28,5	13	44		0,76	197 775	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	20,5	13	28		0,76	1 161 784	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		29 400 347
Kontors- och handelsbyggnader	22	16	28	1 004 914	0,76	16 800 198	
Industribyggnader	16,5	12	21	1 004 914	0,76	12 600 149	
OFFENTLIGA BYGGNADER							15 654 730
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	20,5	16	25	1 004 914	0,76	15 654 730	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							458 606
Garage, oisolerade byggnader mm	71	53	89	8 500	0,76	458 606	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	0	1,00		0
Transformatorstationer	4	3	5	262 947	0,76		799 266

Total kostnad Akut:	0,75	Mkr
Total kostnad: Återställning:	52,87	Mkr

10%60%

1 015 4733 436 986

2 178 0174 691 113

90 213305 337

736 7411 586 827

12 218 32621 382 070

9 163 74416 036 553

12 218 32619 091 134

342 340574 873

599 449999 082

38 562 63068 103 975

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:

53 333 30253,33

Skadekostnad Alternativ 2 - Vallar längs Lillån

	Antal	Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
--	-------	-----	-----	---------	------------------	-------	-------------

20-års översvämning klimatanpassad

Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							585 850
Småhus	7,5	4	11	102 793	0,76	585 850	
FLERFAMILJHUS							1 340 318
Flerfamiljshus	8	7	9	220 473	0,76	1 340 318	
Privatpersoners LÖSÖRE							505 425
Antal småhushus	7,5	4	11		0,76	52 046	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	8	7	9		0,76	453 379	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		9 927 390
Kontors- och handelsbyggnader	7,5	7	8	1 004 914	0,76	5 727 340	
Industribyggnader	5,5	2	9	1 004 914	0,76	4 200 050	
OFFENTLIGA BYGGNADER							3 436 404
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	4,5	4	5	1 004 914	0,76	3 436 404	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							293 896
Garage, oisolerade byggnader mm	45,5	39	52	8 500	0,76	293 896	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	900	1,00		0
Transformatorstationer	2	1	3	262 947	0,76		399 633

Total kostnad Akut:	0,75	Mkr
Total kostnad: Återställning:	16,20	Mkr

10%	60%
312 453	859 247
1 172 778	1 507 858
27 758	76 334
396 707	510 051
5 345 518	6 109 163
1 527 291	6 872 808
3 054 581	3 818 227
251 910	335 881
12 288 813	20 689 018
Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:	
16 488 915	16,49

100-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							2 304 343
Småhus	29,5	20	39	102 793	0,76	2 304 343	
FLERFAMILJHUS							2 513 096
Flerfamiljshus	15	10	20	220 473	0,76	2 513 096	
Privatpersoners LÖSÖRE							1 054 800
Antal småhushus	29,5	20	39		0,76	204 715	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	15	10	20		0,76	850 086	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		23 673 006
Kontors- och handelsbyggnader	10,5	8	13	1 004 914	0,76	8 018 276	
Industribyggnader	20,5	14	27	1 004 914	0,76	15 654 730	
OFFENTLIGA BYGGNADER							7 254 631
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	9,5	7	12	1 004 914	0,76	7 254 631	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							484 443
Garage, oisolerade byggnader mm	75	61	89	8 500	0,76	484 443	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	0	1,00		0
Transformatorstationer	4	3	5	262 947	0,76		799 266

Total kostnad Akut:	0,75	Mkr
Total kostnad: Återställning:	37,60	Mkr

10%60%

1 562 2663 046 420

1 675 3973 350 795

138 790270 640

566 7241 133 448

6 109 1639 927 390

10 691 03520 618 425

5 345 5189 163 744

394 014574 873

599 449999 082

27 082 35649 084 816

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:

38 083 58638,08

Skadekostnad Alternativ 3 - Magasinering i Färgen

20-års översvämning klimatanpassad Akuta

	Antal	Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
--	-------	-----	-----	---------	------------------	-------	-------------

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							859 247
Småhus	11	8	14	102 793	0,76	859 247	
FLERFAMILJHUS							1 591 628
Flerfamiljshus	9,5	8	11	220 473	0,76	1 591 628	
Privatpersoners LÖSÖRE							614 722
Antal småhushus	11	8	14		0,76	76 334	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	9,5	8	11		0,76	538 388	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		11 454 681
Kontors- och handelsbyggnader	10	9	11	1 004 914	0,76	7 636 454	
Industribyggnader	5	2	8	1 004 914	0,76	3 818 227	
OFFENTLIGA BYGGNADER							6 490 986
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	8,5	6	11	1 004 914	0,76	6 490 986	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagens , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							284 207
Garage, oisolerade byggnader mm	44	38	50	8 500	0,76	284 207	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	900	1,00		0
Transformatorstationer	2	1	3	262 947	0,76		399 633

Total kostnad Akut: 0,75 Mkr
Total kostnad: Återställning: 21,41 Mkr

10%	60%
624 907	1 093 587
1 340 318	1 842 937
55 516	97 153
453 379	623 396
6 872 808	8 400 099
1 527 291	6 109 163
4 581 872	8 400 099
245 451	322 962
199 816	599 449
15 901 358	27 488 845

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:
21 695 102 21,70

100-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							2 030 946
Småhus	26	20	32	102 793	0,76	2 030 946	
FLERFAMILJHUS							2 596 866
Flerfamiljshus	15,5	12	19	220 473	0,76	2 596 866	
Privatpersoners LÖSÖRE							1 058 848
Antal småhushus	26	20	32		0,76	180 426	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	15,5	12	19		0,76	878 422	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		27 873 056
Kontors- och handelsbyggnader	17,5	13	22	1 004 914	0,76	13 363 794	
Industribyggnader	19	14	24	1 004 914	0,76	14 509 262	
OFFENTLIGA BYGGNADER							14 127 439
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	18,5	13	24	1 004 914	0,76	14 127 439	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)	0	0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							445 688
Garage, oisolerade byggnader mm	69	58	80	8 500	0,76	445 688	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)	0	0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)	0	0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)	0	0	0	0	1,00		0
Transformatorstationer	3,5	3	4	262 947	0,76		699 358

Total kostnad Akut:	0,75	Mkr
Total kostnad: Återställning:	48,39	Mkr

10%60%

1 562 2662 499 626

2 010 4773 183 255

138 790222 063

680 0691 076 775

9 927 39016 800 198

10 691 03518 327 489

9 927 39018 327 489

374 636516 739

599 449799 266

35 911 50261 752 901

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:
48 832 20148,83

Skadekostnad Alternativ 4- Vallar -Säveån

Antal	Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
-------	-----	-----	---------	------------------	-------	-------------

20-års översvämning klimatanpassad

Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	Totalt (kr)
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							663 963
Småhus	8,5	7	10	102 793	0,76	663 963	
FLERFAMILJHUS							1 089 008
Flerfamiljshus	6,5	4	9	220 473	0,76	1 089 008	
Privatpersoners LÖSÖRE							427 356
Antal småhushus	8,5	7	10		0,76	58 986	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	6,5	4	9		0,76	368 371	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		12 981 971
Kontors- och handelsbyggnader	13,5	11	16	1 004 914	0,76	10 309 212	
Industribyggnader	3,5	2	5	1 004 914	0,76	2 672 759	
OFFENTLIGA BYGGNADER							6 109 163
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	8	6	10	1 004 914	0,76	6 109 163	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							310 044
Garage, oisolerade byggnader mm	48	39	57	8 500	0,76	310 044	

Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)		0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)		0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)		0	0	900	1,00		0
Transformatorstationer	2	1	3	262 947	0,76		399 633

Total kostnad Akut:	0,75	Mkr
Total kostnad: Återställning:	21,67	Mkr

10%	60%
546 793	781 133
670 159	1 507 858
48 576	69 395
226 690	510 051
8 400 099	12 218 326
1 527 291	3 818 227
4 581 872	7 636 454
251 910	368 177
199 816	599 449
16 453 207	27 509 070
Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:	
21 981 138	21,98

100-års översvämning klimatanpassad
Akuta

		Min	Max	Kostnad	Andel skadade	Summa	
Akuta åtgärder				1 000 274	0,75		750 206

Återställning

Skador Byggnader	Antal	Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade	Summa	
SMÅHUS (villor och radhus)							2 304 343
Småhus	29,5	21	38	102 793	0,76	2 304 343	
FLERFAMILJHUS							3 099 485
Flerfamiljshus	18,5	11	26	220 473	0,76	3 099 485	
Privatpersoners LÖSÖRE							1 253 154
Antal småhushus	29,5	21	38		0,76	204 715	
Kostnad för skadat lösöre per småhus				9 132			
Antal flerfamiljshus	18,5	11	26		0,76	1 048 439	
Kostnad för skadat lösöre per flerfamiljshus				74 578			
KONTORS-, HANDELS- & INDUSTRIBYGGNADER		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		25 963 942
Kontors- och handelsbyggnader	24,5	19	30	1 004 914	0,76	18 709 311	
Industribyggnader	9,5	5	14	1 004 914	0,76	7 254 631	
OFFENTLIGA BYGGNADER							10 691 035
Samhällskritiska byggnader (ex. brandstation, polis, vårdcentral och sjukhus),	14	11	17	1 004 914	0,76	10 691 035	
"Samhällsviktiga" byggnader (ex skola, vårdhem ,dagis , bibliotek)		0	0	1 004 914	0,76	0	
ÖVRIGA BYGGNADER							497 362
Garage, oisolerade byggnader mm	77	63	91	8 500	0,76	497 362	
Skador Infrastruktur		Min	Max	Kostnad/enhet	Andel skadade		
Väg (m2)		0	0	300	1,00		0
Järnväg (m)		0	0	5000	0,50		0
VA-ledningar (m)		0	0	0	1,00		0
Transformatorstationer	4,5	3	6	262 947	0,76		899 174
Total kostnad Akut:				0,75	Mkr		
Total kostnad: Återställning:				44,21	Mkr		

10%60%

1 640 3802 968 306

1 842 9374 356 033

145 729263 700

623 3961 473 482

14 509 26222 909 361

3 818 22710 691 035

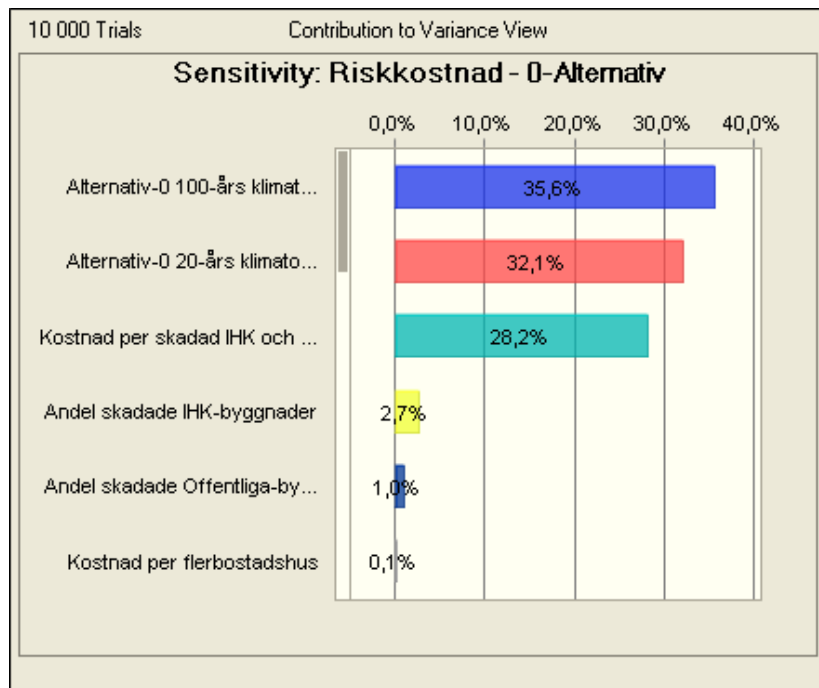
8 400 09912 981 971

406 932587 791

599 4491 198 899

31 986 41257 430 579

Likformigfördelning i Mkr in i beräkning:
44 708 49644,71



Sensitivity: Riskkostnad - 0-Alternativ

Assumptions	ContributionToVariance	RankCorrelation
Alternativ-0 100-års klimatosäkerhet	0,355898205	0,948151653
Alternativ-0 20-års klimatosäkerhet	0,320781215	0,900159297
Kostnad per skadad IHK och offentligbyggnad	0,282187065	0,844274085
Andel skadade IHK-byggnader	0,026716558	0,259779669
Andel skadade Offentliga-byggnader	0,010212745	0,160615018
Kostnad per flerbostadshus	0,001495699	0,061466298
Självrisk IHK och offentliga byggnader	0,00094685	0,048905253
Andel skadade flerbostadshus	0,000752142	0,04358778
Andel skadade småhus	0,000297673	0,027421069
Självrisk flerbostadshus	0,000217224	0,023424404
Arbete återställa traffo kr/enhet	0,000118456	0,017297881
Kostnad lösöre per flerbostadlgh.	0,000103373	0,016159154
Kostnad per skadad övrig byggnad	6,16E-05	-0,012471489
Kostnad lösöre per småhus	5,30E-05	0,011572261
Självrisk lgh	4,10E-05	-0,010179136
Antal lgh som skadas per flerbostadshus	3,34E-05	0,009178708
Andel skadade flerbostadslagh-losore	3,05E-05	0,008776296
Självrisk småhus	2,40E-05	0,007781245
Kostnad Material Transformatorer kr/enhet	1,49E-05	0,006136797
Självriskkostnad småhus	8,32E-06	-0,004583812
Andel skadade Transformatorstationer	4,99E-06	0,003551523
Kostnad småhus	1,15E-06	0,001702801