

Analys av skadekostnader till följd av översvämning i centrala Alingsås

Länsstyrelsen i Västra Götalands län



Sweco Sverige AB
Uppdrag
Uppdragsnummer
Kund
Upprättad av

RegNo 556767-9849
Länsstyrelsen KNA Alingsås
30047877
Länsstyrelsen i Västra Götaland
Lars Rosén, Mats Andreasson,
Nilas Sparrström, Anna Dahlström,
Christina Wetterlundh
2023-01-31
skadekostnad översvämning alingsås 20230131

Datum
Dokumentreferens

Innehållsförteckning

1	Inledning	7
1.1	Bakgrund	7
1.2	Syfte	8
2.	Metodik för samhälls-ekonomisk analys av översvämningar	9
2.1	Vad är kostnads-nyttoanalys?	9
2.2	Kostnader, nyttor och lönsamhet	9
2.3	Matematisk beskrivning av KNA	11
2.4	Tidshorisont och diskontering	12
2.5	Osäkerhets- och känslighetsanalys	12
2.6	Nyttor av åtgärdslösningar	14
2.6.1	Minskade skaderisker för översvämning	14
2.6.2	Övriga nyttor	16
2.7	Kostnader för åtgärdslösningar	16
3.	Genomförande och resultat	17
3.1	Definition av projektets rumsliga avgränsning	17
3.2	Beskrivning av konsekvenser utan framtida klimatanpassningsåtgärder	19
3.2.1	Identifiering av skadeobjekt	19
3.2.2	Trafikanalys	22
3.3	Val av diskonteringsränta och tidshorisont	24
3.4	Beräkning av skadekostnad	25
3.5	Fördelningsanalys	29
3.6	Känslighetsanalys	30
4.	Slutsatser och rekommendationer	32
5.	Referenser	34
	Bilaga 1	35

Sammanfattning

Alingsås är utpekad av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) som ett av de områdena i Sverige med betydande översvämningsrisk från stigande nivåer i vattendrag enligt myndighetens arbete med förordningen om översvämningsrisker (SFS 2009:956).

Som ett led i en samhällsekonomisk analys av skyddsåtgärder mot översvämningsrisker i centrala Alingsås har Länsstyrelsen gett Sweco i uppdrag att beräkna kostnaderna för de skador som kan förväntas uppstå vid höjda nivåer i vattendragen Sävån och Lillån till följd av höga flöden och skyfall. Skadekostnadsberäkningen ska sedan kunna användas i en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av skyddsåtgärder.

Syftet med denna utredning är att genomföra en identifiering av skadeobjekt och uppskattning av skadornas samhällsekonomiska värde över en 100-årsperiod (2022–2122) till följd av *stigande nivåer i Sävån och Lillån i centrala Alingsås*. Studien är således avgränsad till en mindre del av centrala Alingsås och omfattar inte områden som ligger utanför utbredningsområdet för Sävån och Lillån vid höga vattennivåer.

Analysen har genomförts på en förenklad nivå baserat på schablonvärden för skadekostnader för olika typer av objekt. Det har inte varit möjligt att genomföra platsspecifika värderingar av skadekostnader i denna utredning.

Utifrån den genomförda skadekostnadsanalysen har följande slutsatser dragits:

- Nuvärdet av den samhällsekonomiska skadekostnaden (riskkostnaden) till följd av översvämningsrisker i centrala Alingsås *under de kommande 100 åren* har beräknats till *97–150 Mkr* med ett troligt värde (medelvärdet i genomförda osäkerhetssimuleringar) på *ca 119 Mkr*. Detta resultat är beräknat med en diskonteringsränta på 1,4 %.
- Den samhällsekonomiska skadekostnaden ger en uppfattning dels om vilka typer av skador som ger störst bidrag till den totala skadekostnaden, dels vilken *storleksordning* på kostnader som kan vara motiverade för klimatanpassningsåtgärder för att minska eller eliminera skadorna i samhället till följd av översvämningsrisker.
- Den genomförda skadekostnadsanalysen kan användas som underlag för en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av klimatanpassningsåtgärder för att minska risker för översvämningsrisker. I en sådan analys utgör minskade skadekostnader till följd av åtgärder en viktig nyttopost.
- Det ska dock påpekas att de beräknade skadekostnaderna sannolikt är i underkant. Detta eftersom en del negativa konsekvenser inte kunnat värderas inom ramen för denna utredning, exempelvis människors oro, negativa effekter på kulturvärden, minskad tillgänglighet till sjukvård under översvämningsstillfällen eller effekter på vissa servicefunktioner såsom störningar på avfallshantering. Detta bör nogra beaktas vid kostnads-nyttoanalys av olika åtgärdsalternativ.
- Den genomförda fördelningsanalysen visar att största bidragen till den totala skadekostnaden kommer från skador på flerbostadshus, industribyggnader och dess verksamheter, offentliga byggnader, lokalgator samt trafikförseeningar. Kostnader för dessa skadetyper utgör ca 80 % av de totala skadekostnaderna.

- Den genomförda känslighetsanalysen visar att indata kopplat till negativa effekter på trafik i samband med översvämningar ger ett stort bidrag till osäkerheten i skadekostnadsberäkningen. Detta är inte överraskande då trafikanalysen som varit möjlig inom ramen för denna utredning varit mycket översiktlig.
- Också indata som rör skadekostnader för lokalvägar bidrar med stor osäkerhet. Det är osäkert vilka skador som faktiskt kommer att uppstå på lokalvägar när dessa står under vatten, exempelvis i form av påverkan på vägnarnas under- och överbyggnader, slitlager, vägtrummor, elinstallationer, etc.
- Osäkerhetsanalysen ger vägledning kring vilka indata som skulle behöva studeras mera ingående för att möjliggöra en skadekostnadsberäkning med högre tillförlitlighet.
- En känslighetsanalys med avseende på valet av diskonteringsränta för nuvärdesberäkning har också genomförts. Härvid ansattes diskonteringsräntan till 3,5 %. Känslighetsanalysen visar att vid en förändring av räntesatsen från 1,4 % till 3,5 % så halveras nuvärdet av den totala skadekostnaden (riskkostnaden). Detta innebär således att det med en högre räntesats blir samhällsekonomisk mindre motiverat att genomföra kostsamma klimatanpassningsåtgärder, särskilt om dessa innebär höga investeringskostnader i närtid.
- Vilken räntesats som slutligen väljs beror på vilken etisk utgångspunkt som gäller för det beslut som ska fattas. Med den lägre räntesatsen blir långsiktiga skyddsåtgärder till nytta för framtida generationer mera samhällsekonomiskt motiverade.
- Också underliggande modeller för översvämnings utbredning bidrar med osäkerhet till skadekostnadsberäkningen. I denna utredning har MSB:s redovisning för höjda nivåer i vattendrag (Säveån och Lillån) använts för att identifiera utbredningsområdet för en dimensionerande översvämningshändelse (en 100-årshändelse med klimatfaktor). Inom detta område har skadeobjekt som drabbas av marköversvämning identifierats. Dessutom har en modellering genomförts inom detta område för att identifiera skadeobjekt som kan drabbas av källaröversvämning via ledningsnätet. Dessa modeller har bedömts vara relevanta för denna utredning men vid val av andra befintliga modeller eller framtida modellberäkningar kan resultatet för skadekostnadsberäkningen komma att ändras. Någon känslighetsanalys med avseende på valet av modellunderlag har inte varit möjligt i denna utredning.

Slutligen bör det påpekas att samhällsekonomiska analyser endast utgör en, men viktig, del av det fullständiga beslutsunderlaget rörande åtgärder mot översvämningar. Inför det slutliga beslutet måste naturligtvis också andra aspekter beaktas, exempelvis planfrågor, juridiska förhållanden och människors oro.

Skadekostnadsanalysen är emellertid en betydelsefull och nödvändig del av en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys (KNA) av klimatanpassningsåtgärder. En sådan KNA är en del i det underlag som behövs för en rimlig och välgrundad användning av samhälleliga resurser.

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Alingsås är utpekad av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB, 2018 - hädanefter refererad till som "MSB:s undersökning") som ett av de områdena i Sverige med betydande översvämningsrisk från stigande nivåer i vattendrag enligt myndighetens arbete med förordningen om översvämningsrisker (SFS 2009:956). Det är genom arbetet med denna förordning samt MSB:s 2013:1 föreskrifter om riskhanteringsplaner som Sverige genomför EU:s översvämningsdirektiv.

Sweco har tidigare genomfört skyfallskartering i centrala Alingsås och ytterligare 12 områden i kommunen (Sweco, 2022 - hädanefter refererad till som "Swecos skyfallskartering"). Som underlag för beslut kring skyddsåtgärder för sårbara delar förordar Länsstyrelsen i Västra Götaland att samhällsekonomiska konsekvenser av sådana skyddsåtgärder utvärderas.

Som ett led i en samhällsekonomisk analys av skyddsåtgärder mot översvämningsrisker i centrala Alingsås har Länsstyrelsen gett Sweco i uppdrag att beräkna kostnaderna för de skador som kan förväntas uppstå vid höjda nivåer i vattendragen Säveån och Lillån till följd av höga flöden och skyfall. Inom ett område i centrala Alingsås som avgränsas av utbredningsområdet för en dimensionerande översvämningshändelse (en 100-årshändelse med klimatfaktor) har skadeobjekt som drabbas av marköversvämningsrisker identifierats. Dessutom har en modellering genomförts inom detta område för att identifiera skadeobjekt som kan drabbas av källaröversvämningsrisker via ledningsnätet.

Med identifierade skadeobjekt för den dimensionerande händelsen som underlag har modellverktöget FloodMan (Rosén & Nimmermark, 2018) använts för att göra en beräkning av *nuvärdet av den förväntade totala skadekostnaden över 100 år*. I beräkningen beaktas klimateffekternas inverkan på återkomsttiden för specifika vattennivåer i Säveån och Lillån.

Denna skadekostnadsberäkning ska sedan kunna användas i en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av skyddsåtgärder. I en sådan kostnads-nyttoanalys vägs nyttor i form av minskade skadekostnader, ökad tillgång på ekosystemtjänster, minskade risker för människors hälsa, etc. mot de samhällsekonomiska kostnaderna för utförande samt drift- och underhåll av dessa åtgärder.

1.2 Syfte

Syftet med denna utredning är att genomföra en identifiering av skadeobjekt och uppskattning av skadornas samhällsekonomiska värde över en 100-årsperiod (2022–2122) till följd av *stigande nivåer i Säveån och Lillån i centrala Alingsås*. Studien är således avgränsad till en mindre del av centrala Alingsås och omfattar således inte områden som ligger utanför utbredningsområdet för Säveån och Lillån vid höga vattennivåer.

2. Metodik för samhälls-ekonomisk analys av översvämningar

I denna utredning har verktyget FloodMan (Rosén och Nimmermark, 2018) använts för samhällsekonomisk analys av skadekostnader i Alingsås. FloodMan har utvecklats av Sweco på uppdrag av Göteborgs Stad, som ett komplement till stadens hydro- och strukturplanemodeller för klimatanpassning. FloodMan är ett beräkningsverktyg i Excel för samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av översvämningens åtgärder. Metoden möjliggör också att den ekonomiska analysen kompletteras med en social och miljömässig analys i syfte att göra en bredare hållbarhetsbedömning av möjliga åtgärder.

Nedan beskrivs kortfattat grunderna för den samhällsekonomiska analysen i FloodMan.

2.1 Vad är kostnads-nyttoanalys?

Kostnads-nyttoanalys (KNA) är en analys som innefattas i det bredare begreppet konsekvensanalys (jfr Naturvårdsverket 2003). Liksom konsekvensanalyser är kostnads-nyttoanalyser ett stöd för beslutsfattande. KNA bygger på en identifiering av de positiva och negativa konsekvenserna av ett projekt i samhället och syftar till att jämföra dessa konsekvenser med varandra för att se om de positiva konsekvenserna är större än de negativa eller tvärtom.

Analysen görs genom att de positiva effekterna (marginalnyttan) och de negativa effekterna (marginalkostnaderna) värderas relativt ett referensalternativ. I en KNA uttrycks de olika konsekvenserna i monetära enheter i så stor utsträckning som möjligt. KNA som metod beskrivs i en mängd olika textböcker, vägledningar, vetenskapliga publikationer och utredningar. Ofta refererade standardverk är Boardman m.fl. (2011) och Johansson & Kriström (2019). I Sverige har Trafikverkets metod för samhällsekonomisk analys av infrastrukturprojekt, det så kallade ASEK-arbetet, fått stor spridning och användning (Trafikverket, 2020). Nedan beskrivs kortfattat några nyckelbegrepp i KNA.

2.2 Kostnader, nyttor och lönsamhet

Det ligger i samhällets intresse att utforma effektiva strategier och åtgärder för att förhindra och mildra konsekvenserna, exempelvis skador på byggnader,

anläggningar och verksamheter, av översvämningar. Resurserna är dock begränsade och prioriteringar av åtgärder måste därför göras. Ett viktigt underlag för prioritering är samhällsekonomiska bedömningar av potentiella åtgärder. Syftet är då att undersöka om en viss insats är samhällsekonomiskt lönsam och helst även analysera vilka insatser som är mer lönsamma än andra.

Med samhällsekonomiska termer menas närmare bestämt handlingsalternativens konsekvenser för individers och företags välbefinnande (ibland även benämnt "välfärd"). Ökningar av välbefinnandet till följd av handlingsalternativet kallas för alternativets *nyttor* och minskningar av välbefinnandet till följd av handlingsalternativet kallas för alternativets *kostnader*, jfr Figur 1.

En samhällsekonomisk konsekvensanalys ska undersöka kostnaderna och nyttorna för de individer och företag som bedöms beröras av ett projekt. Det kriterium som vanligen används i en kostnads-nyttoanalys för vad som är bra eller dåligt att göra är *samhällsekonomisk lönsamhet*.



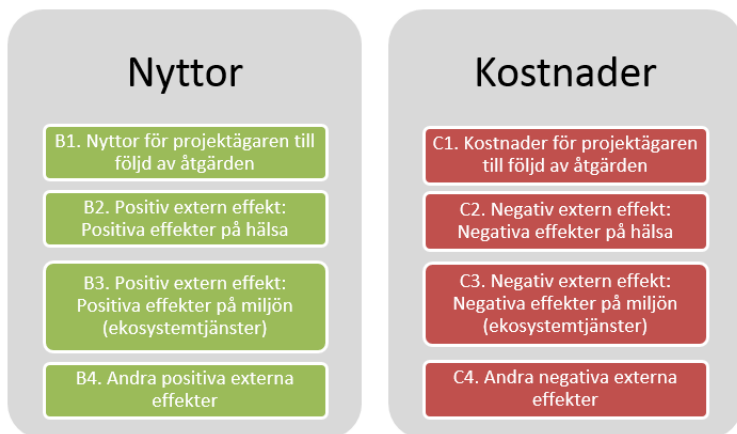
Figur 1 Samhällsekonomiska konsekvenser

Samhällsekonomisk lönsamhet kännetecknas av att summan av samtliga nyttor för alla berörda individer och företag överstiger summan av samtliga kostnader för alla individer och företag. Om utfallet för alternativet är positivt är det samhällsekonomiskt lönsamt, och ju högre positivt värde, desto bättre är alternativet. Alternativen utvärderas alltid relativt ett referensalternativ, som vanligen (men inte alltid) definieras som att inte vidta någon åtgärd och de konsekvenser som detta leder till.

I en samhällsekonomisk analys inkluderas både projektägarens (interna) och övriga samhällets (externa) effekter, se Figur 2. En analys som omfattar endast projektägarens effekter kan benämnas projektekonomisk analys, men en fullständig samhällsekonomisk analys ska omfatta också externa effekter. I FloodMan finns möjlighet att inkludera samtliga typer av effekter.

En viktig typ av konsekvens av översvämningar är kostnader för skador på byggnader, anläggningar, hälsa, miljö och olika verksamheter såsom trafikarbete, handel, industriproduktion, elförsörjning, vatten- och avloppsförsörjning, etc. Dessa konsekvenser benämns i denna utredning och i FloodMan för *skadekostnader*. Dessa kan vara både interna och externa. Exempelvis kan skador på byggnader och anläggningar sägas vara externa skadekostnader eftersom de drabbar fastighets- och verksamhetsutövare (hamnar då i kategorin C4 i Figur 2). Dessa skadekostnader kan dock internaliseras till en intern kostnad för verksamhetsutövaren (exempelvis VA-huvudmannen) om denne blir skyldig att ersätta dessa skadekostnader. Figur 2

skall alltså ses som en principiell beskrivning av olika kostnads- och nyttoposter som bör inkluderas i en KNA, men där det åtminstone i vissa fall kan krävas en djupare analys i form av ansvarsutredningar mm för att kunna avgöra vad som blir faktiska kostnader och nyttor för projektägaren.



Figur 2 Kategorier av nyttor och kostnader i en kostnads-nyttoanalys. Tack till Tore Söderqvist (Holmboe & Skarp kultur- och naturtjänster AB) för inspiration till figur.

En KNA är en speciell typ av analys som måste kompletteras med andra slags analyser för att beslutsunderlaget ska bli heltäckande. Viktigt är att göra en analys av *fördelningseffekter*, vilken visar hur nyttor och kostnader fördelar sig på olika grupper/branscher/sektorer i samhället. Andra typer av analyser kan också vara nödvändiga, eftersom det endast är i undantagsfall som det går att uttrycka alla identifierade nyttor och kostnader i monetära enheter. Om kriteriet för samhällsekonomisk lönsamhet är uppfyllt eller inte kan ofta endast delvis utvärderas genom en jämförelse av monetära mått. I jämförelsen måste även de samhällsekonomiska konsekvenser som inte har mätts i monetära termer vägas in, se Figur 1.

2.3 Matematisk beskrivning av KNA

Matematiskt kan en kostnads-nyttoanalys uttryckas som en *målfunktion* som mäter skillnaden mellan nyttor och kostnader. För ett visst åtgärdsalternativ i kan målfunktionen formuleras som:

$$NNV_i = \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} (N_{it}) - \sum_{t=1}^T \frac{1}{(1+r)^t} (K_{it}) \quad (\text{ekvation 1})$$

där:

NNV_i = nettonuvärdet (net present value), vilket utgör nuvärdet av nettonyttan (dvs. nyttor minus kostnader) av att genomföra åtgärdsalternativet i

N_i = nyttor av att genomföra åtgärdsalternativet i

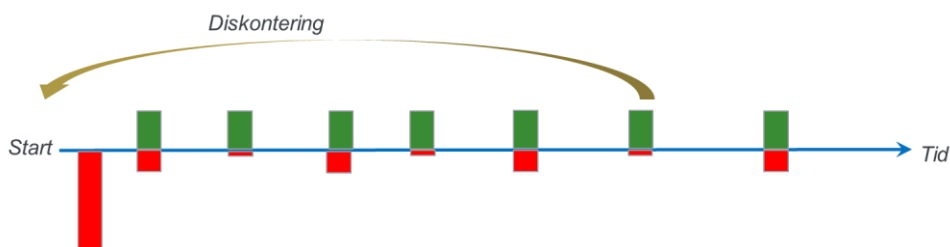
K_i = kostnader för att genomföra åtgärdsalternativet i

r = diskonteringsränta

T = tidshorisont angivet i antal år t

Nyttor och kostnader uttrycks i *reala* värden, rensade från inflationseffekter. Det är också viktigt att påpeka att nyttor och kostnader inte nödvändigtvis är pengar som byter hand. Monetära enheter används endast som ett måttal för att värdera konsekvensers storlek. Exempelvis kan värdet av en miljöpåverkan eller olägenhet (exempelvis trafikförsening) mätas i monetära enheter (pengar), men det betyder inte nödvändigtvis att någon ersättning betalas till den som råkar ut för en trafikförsening eller av den som orsakar en negativ miljöpåverkan. Detta avgörs av exempelvis juridiska processer som inte omfattas av kostnads-nyttoanalysen.

Som framgår av ekvation 1 beräknas ett *nuvärde* för alla kostnader respektive nyttor under den aktuella tidshorisonten. Detta sker genom en omräkning med hjälp av en räntesats och görs för att ta hänsyn till att nyttor och kostnader inträffar vid skilda tidpunkter och därför inte kan jämföras direkt med varandra, se Figur 3. Valet av räntesats för diskontering beskrivs närmare i avsnitt 2.4.



Figur 3 Principen för beräkning av nuvärden genom diskontering. Gröna staplar = nyttor; Röda staplar = kostnader.

2.4 Tidshorisont och diskontering

Diskontering är ett begrepp som används vid alla samhällsekonomiska beräkningar. Det innebär en omräkning med hjälp av en räntesats för att ta hänsyn till att nyttor och kostnader inträffar vid skilda tidpunkter och därför inte kan jämföras direkt med varandra. En diskonteringsränta används för att räkna om alla nyttor och kostnader i kostnads-nyttoanalysen till ett *nuvärde*.

Diskontering är en omdebatterad metod, eftersom kostnaderna med åtgärder som syftar till att åstadkomma exempelvis en klimatanpassning ofta inträffar före nyttorna som åtgärderna leder till. I en nuvärdesberäkning tenderar detta att leda till att nyttorna väger lättare än kostnaderna. Allmänt gäller att ju högre diskonteringsränta och ju längre fram i tiden en konsekvens inträffar desto lägre blir dess nuvärde. Om diskonteringsräntan däremot är noll värderas framtida kostnader och nyttor lika högt som dagens kostnader och nyttor.

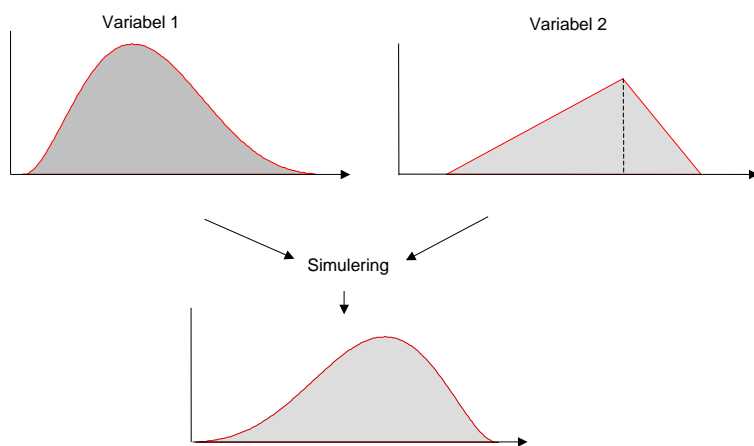
Valet av diskonteringsränta för skadekostnadsberäkningarna i Alingsås beskrivs närmare i avsnitt 3.3.

2.5 Osäkerhets- och känslighetsanalys

Kostnads-nyttoanalysen är förknippad med osäkerheter. Såväl skattningarna av nyttorna som kostnaderna måste göras utan fullständig kunskap om de verkliga utfallen. Osäkerheterna för en osäker variabel (exempelvis en kostnads- eller

nyttopost) i beräkningen kan representeras av statistiska osäkerhetsfördelningar.

Genom statistisk simulering (Monte Carlo) kan en osäkerhetsfördelning också för den sökta storheten, exempelvis skadekostnaden (i denna utredning) eller nettonuvärdet, skattas (se principiell beskrivning i Figur 4).



Figur 4. Principiell beskrivning av statistisk simulering.

Ur fördelningen för slutresultatet, exempelvis skadekostnaden eller nettonuvärdet, kan bl.a. väntevärdet¹ (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 studeras vidare i syfte att nå en säkrare skattning av den förväntade skadekostnaden (riskkostnaden) eller den samhällsekonomiska lönsamheten för de studerade alternativen.

I denna utredning har statistisk simulering med osäkerhetsanalys utförts vid beräkning av den förväntade skadekostnaden (riskkostnaden).

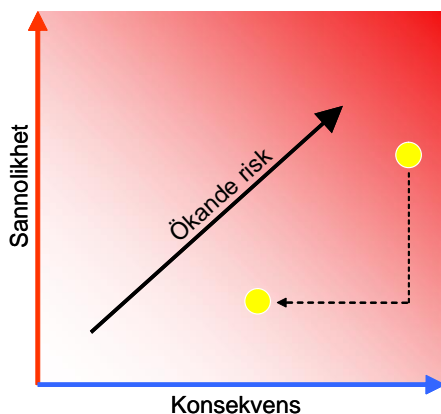
Också osäkerhetsanalys med avseende på olika modellval bör genomföras när så är motiverat baserat på olika modellutformning eller olika scenarier för exempelvis framtida samhällsutveckling. I denna utredning har sådana "scenario-analyser" genomförts med avseende på valet av diskonteringsränta, se ovan.

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

2.6 Nyttor av åtgärdslösningar

2.6.1 Minskade skaderisker för översvämning

Översvämningar inträffar oregelbundet och det går inte att med säkerhet förutsäga om, och i så fall när, en översvämning med viss omfattning ska inträffa. Det är därför lämpligt att i stället försöka bedöma *riskerna* för skador till följd av översvämning. En riskuppskattning innebär i detta sammanhang en *sammanvägning* av sannolikheten för översvämning och dess negativa konsekvenser (*skador*). Eftersom avsikten är att uttrycka risken i monetära enheter måste skadorna värderas ekonomiskt och det går då att tala om en *riskkostnad*. Riskkostnaden kan också benämnas *den förväntade skadekostnaden*. Sammanvägningen av sannolikhet för översvämning och skadekostnad beskrivs principiellt i Figur 5.



Figur 5. Principen för sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. Risken kan minskas genom förebyggande åtgärder (minskande sannolikhet) och/eller skadebegränsande åtgärder (minskande konsekvenser).

Risken beror således av sannolikheten för att händelsen, d.v.s. *översvämningen*, skall inträffa och dess negativa ekonomiska konsekvenser. Riskerna kan minskas genom *förebyggande åtgärder*, som syftar till att förhindra att händelsen uppstår, eller genom *skadebegränsande åtgärder*, som syftar till att mildra konsekvenserna av händelsen.

Exempel på förebyggande åtgärder är vallar (permanenta eller tillfälliga) eller ökad kapacitet för avledning för att klara ökade flöden till följd av stora nederbördsmängder. Exempel på skadebegränsande åtgärder är pumpar för att skydda byggnader och infrastruktur i samband förhöjda nivåer i vattendrag eller hav.

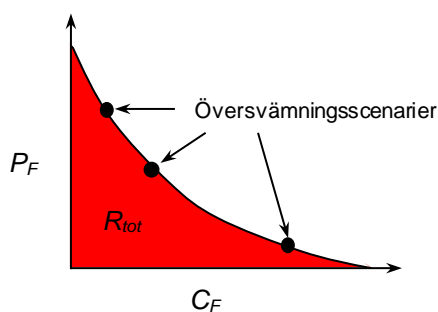
Syftet med att genomföra förebyggande och/eller skadebegränsande åtgärder är att minska, eller helst eliminera, riskerna för att negativa konsekvenser ska uppstå. Det ekonomiska värdet av de minskade riskerna som åstadkommes till följd av en åtgärd betraktas som *nyttor* i kostnads-nyttoanalysen.

Olika *översvämningsscenarier* och därmed olika skadekostnader uppstår med olika sannolikhet. Detta kräver en summering över alla möjliga utfall för att en total årlig risk R_{tot} för området eller platsen ska kunna beräknas:

$$R_{tot} = E[C_F] = \int_0^1 C_F(P_F) dP_F \quad (\text{ekvation 2})$$

där P_F är sannolikheten ($1/\text{återkomsttid}$) för översvämning (F) och C_F är skadekostnaderna till följd av översvämning (kr). Risken är således väntevärdet för skadekostnaden ($E[C_F]$). Den totala risken är alltså en funktion av sambandet mellan sannolikheten för översvämning och dess skadekostnader, vilket kan beskrivas grafiskt enligt Figur 6. Skadekostnader uppskattas i denna utredning genom schablonvärden för olika typer av byggnader, anläggningar och verksamheter utifrån försäkringsstatistik samt Trafikverkets schabloner (se Bilaga 1). Det finns också möjlighet i FloodMan att använda egna platsspecifika värderingar av skadekostnader i de fall detta är möjligt.

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



Figur 6. Principiell beskrivning av den totala risken, vilket svarar mot den totala ytan i grafen.

Ett förenklat sätt att beräkna den totala risken är att, så som indikeras i Figur 6, beräkna risken för några få möjliga utfall (*översvämningsscenarier*) och utifrån detta approximativt skatta den totala årliga risken. Ofta är endast ett fåtal scenarier praktiskt möjliga att använda. Det rekommenderas att åtminstone 3, men gärna 5 eller fler återkomsttider används.

I FloodMan har ett förfarande med en ytterligare *förenklad analys* inkluderats där skadeobjekt identifieras för en dimensionerande händelse (100-årshändelsen) och där användaren sedan kan skatta relationen mellan återkomsttid (sannolikhet) och skadekostnad (den s.k. *skadekostnadsfunktionen*) utifrån relationer mellan 100-årshändelser och andra översvämningsscenarier baserat på tidigare studier och tillämpningar av FloodMan. Nuvärdet för risken över den valda tidshorisonten T beräknas i enlighet med ekvation 1 som:

$$R_{tot,T} = \sum_{t=1}^T \frac{R_{tot,t}}{(1+r)^t} \quad (\text{ekvation 3})$$

Förändringen över tid när det gäller olika översvämningshändelser omfattning, och därmed riskkostnadernas storlek, mellan startåret och slutåret i den valda tidshorisonten anges genom en s.k. *klimatfaktor*. Denna klimatfaktor kan utgöras av den typen av standardiserade klimatfaktorer som används vid

skyfallsberäkningar eller baseras på relationen rörande skadekostnaden för exempelvis en 100-årshändelse för havsnivån idag jämfört med skadekostnaden för en 100-årshändelse år 2100.

I denna utredning har en förenklad analys använts för att beräkna den förväntade skadekostnaden (riskkostnaden) över 100 år för en situation där inga klimatanpassningsåtgärder genomförs.

2.6.2 Övriga nyttor

Förutom riskreduktion kan klimatanpassningsåtgärder innebära andra nyttor. Ett exempel i exploateringsområden är ökade fastighetspriser som realiserar genom att klimatanpassningsåtgärder genomförs som möjliggör exploatering. Andra exempel på nyttor är ökad tillgång på ekosystemtjänster om klimatanpassningsåtgärder utformas så att de medför rening av dagvatten från föroreningar eller näringsämnen eller om åtgärderna möjliggör ökade rekreativsmöjligheter, såsom promenadstråk.

2.7 Kostnader för åtgärdslösningar

Kostnaderna för åtgärderna delas in i följande:

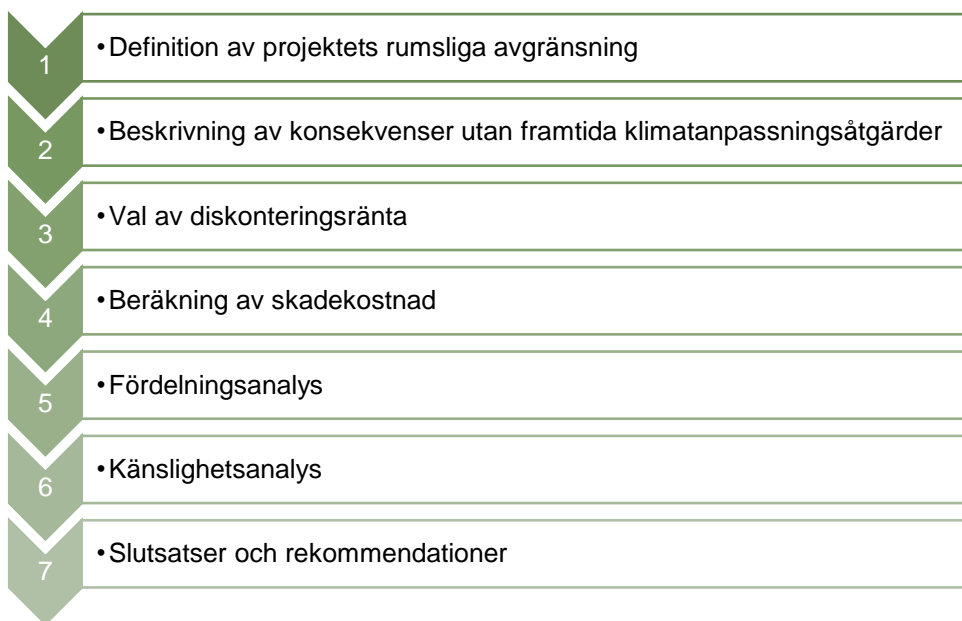
- Investeringskostnader för åtgärdens utförande och anläggning.
- Drift- och underhållskostnader, dvs. kostnader för den kontinuerliga driften och underhållet av åtgärden under den studerade tidshorisonten.
- Återinvesteringar, dvs. kostnader för att ersätta hela eller delar av anläggningen under den studerade tidshorisonten.

Dessa kostnader utvärderas för samtliga åtgärdsalternativ och diskonteras till nuvärdet. Övriga kostnader som kan uppstå av klimatanpassningsåtgärder är exempelvis effekter på trafik som kan behöva ledas längre sträckor förbi ett område, vilket leder till längre restid för resenärer, men också till ökade utsläpp till miljön och effekter på hälsa. Den här typen av effekter kan värderas ekonomiskt utifrån exempelvis Trafikverkets ASEK-arbete (Trafikverket, 2020) och inkluderas i analysen.

I denna utredning har ingen kostnads-nyttoanalys av åtgärder genomförts och därmed har inte heller några åtgärds-kostnader uppskattats.

3. Genomförande och resultat

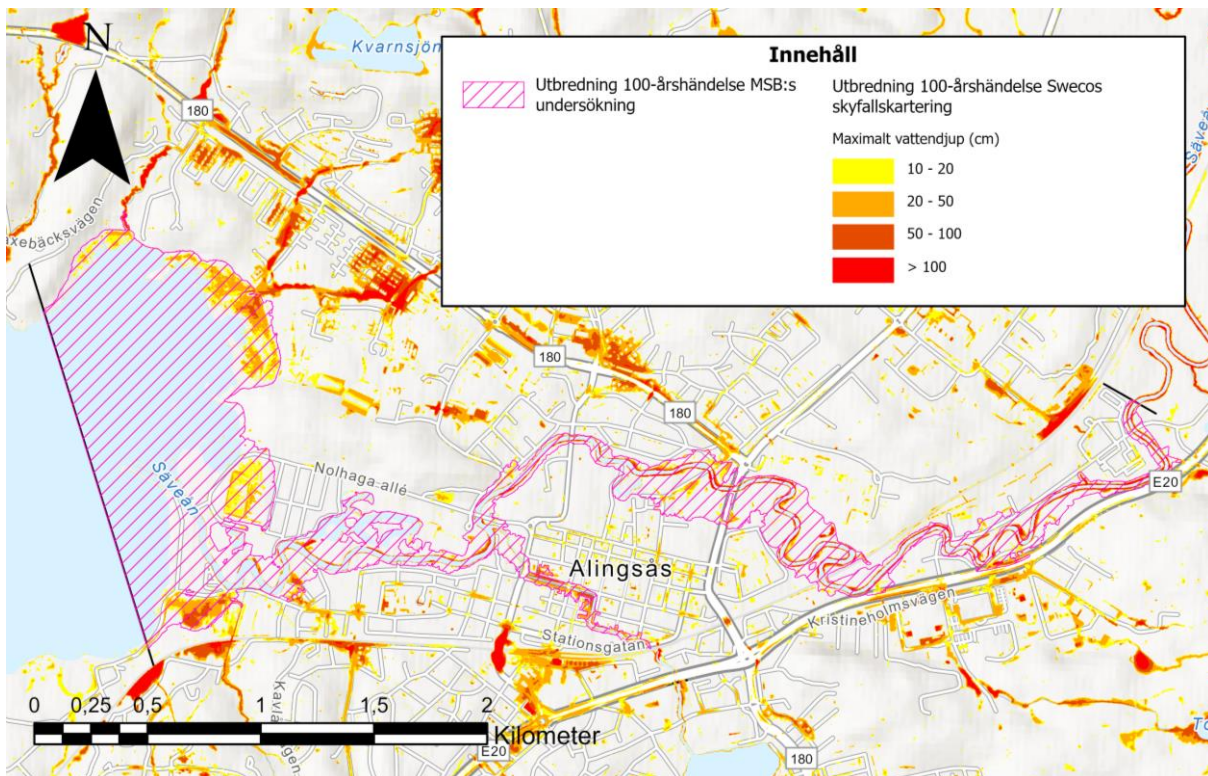
Genomförandet av analysen har omfattat de moment som beskrivs i Figur 7. Beskrivning av varje moment i arbetsflödet ges i efterföljande avsnitt.



Figur 7. Flödesschema för genomförande av analysen.

3.1 Definition av projektets rumsliga avgränsning

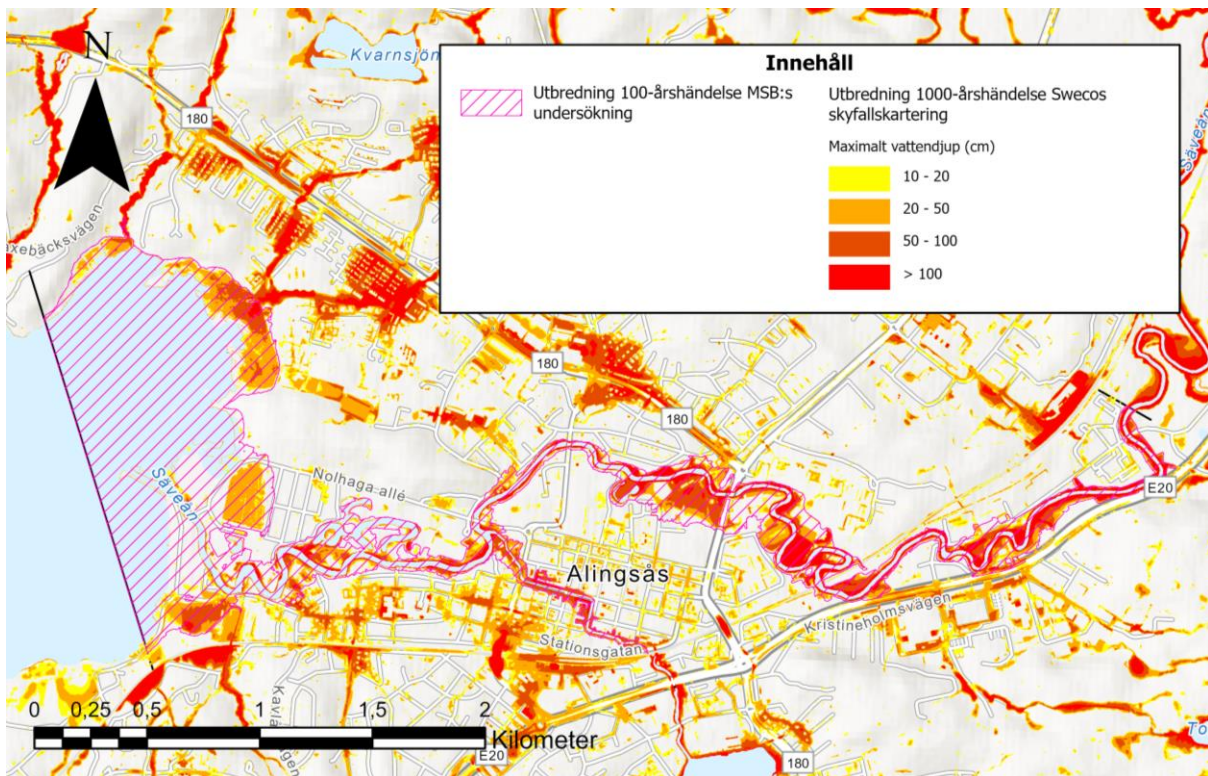
Projektet har avgränsats till den utbredning som redovisats i MSB:s undersökning i centrala Alingsås för en 100-årshändelse gällande höga vattennivåer i Säveån och Lillån, se Figur 8. 100-årshändelsen från Swecos skyfallskartering har inkluderats i analysen, men enbart inom ovanstående rumsliga avgränsning.



Figur 8. Utbredningen av översvämning av Sävån och Lillån i centrala Alingsås vid en 100-årshändelse från MSB:s undersökning tillsammans med utbredning och djup från 100-årshändelsen från Swecos skyfallskartering.

Dimensionerande händelse är således 100-årshändelsen som presenterats i MSB:s undersökning. Inom näst intill hela projektets rumsliga avgränsning har utbredningen av översvämningar till följd av en 100-årshändelse för skyfall enligt Swecos skyfallskartering en mycket begränsad utbredning inom undersökningsområdet. Sammantaget har därmed händelsen (stigande nivå i Sävån och Lillån) från MSB:s utredning ansetts dimensionerande för beräkning av skadekostnaderna i denna utredning. Beräkningarna har som ovan beskrivit genomförts med förenklad metodik enligt FloodMan.

Swecos skyfallskartering omfattade, utöver 100-årshändelsen, också en kartering för en 1000-årshändelse. Modellering av händelser med så lång återkomsttid är förknippad med betydande osäkerheter. Värt att notera är ändå att denna utbredning i mycket större utsträckning, än skyfallets 100-årshändelse, liknar den översvämningens utbredning som presenterades för 100-årshändelsen i MSB:s undersökning, se Figur 9 nedan.



Figur 9. Utbredningen av Sävån i centrala Alingsås vid en 100-årshändelse från MSB:s undersökning tillsammans med utbredning och djup från 1000-årshändelsen från Swecos skyfallskartering.

3.2 Beskrivning av konsekvenser utan framtida klimatanpassningsåtgärder

Inom ramen för detta uppdrag har skadekostnader som förväntas uppstå under tidshorizonten 2022–2122 beräknats om inga klimatanpassningsåtgärder genomförs, ett s.k. 0-alternativ.

Skadekostnaderna ska kunna utgöra ett underlag för en kommande KNA, där kostnader och nyttor av olika klimatanpassningsåtgärder värderas mot 0-alternativet (vilket då alltså kommer att utgöra referensalternativ). Detta i avsikt att undersöka vilken/vilka åtgärdslösning/ar som är samhällsekonomiskt motiverade.

3.2.1 Identifiering av skadeobjekt

För att beräkna de skadekostnader i samhället (riskkostnader, se ovan) som kan förväntas uppstå i 0-alternativet behöver de skadeobjekt identifieras som drabbas av översvämning vid olika översvämningsscenarioer med specifika återkomsttider (se beskrivning av metodik för skadekostnadsberäkning ovan).

Skadeobjekten är fördelade på en uppsättning kategorier, för vilka underlag inhämtats från olika källor. De olika kategorier av skadeobjekt som används i FloodMan anges i Tabell 1.

Tabell 1 Skadeobjekt och enheter

Kategori skadeobjekt	Enhet
Järnväg	m
Spårväg	m
Industri	Antal
Flerbostadshus	Antal
Offentlig byggnad	Antal
Transformator	Antal
Handelsbyggnad	Antal
Parkeringsplats	Antal
Småhus	Antal
Uthus (komplementbyggnad)	Antal
Motorväg	m ²
Huvudled	m ²
Lokalväg	m ²
Försening persontåg	Antal tågrörelser per timma
Försening godståg	Antal tågrörelser per timma
Avbrott i tillverkningsindustri	Antal industrier
Avbrott i försäljning (tjänster & varor)	Antal handelsverksamheter
Akuta åtgärder, nödpumpning i källare + avloppsvatten	Antal fastigheter
Trafikförsening bil privat/arbete	ÅDT
Trafikförsening bil tjänsteresa	ÅDT
Trafikförsening kollektiv privat/arbete	Antal avgångar kollektivtrafik
Trafikförsening kollektiv tjänsteresa	Antal avgångar kollektivtrafik
Trafikförsening gods tung vägtrafik	ÅDT tung trafik

För samtliga skadeobjekt som bedömts kunna drabbas av översvämning har skadans storlek värderats till schablonvärde (enhetskostnad) redovisat i Bilaga 1. Någon platsspecifik ekonomisk värdering av skadeobjekt har inte varit möjlig i denna utredning.

Identifieringen av skadeobjekt för de olika kategorierna har först genomförts med GIS-analys för ett översvämningsscenario med 100 års återkomsttid enligt MSB:s översvämningsskartering. Denna analys har kompletterats med en fältinspektion där de objekt som kan förväntas drabbas av marköversvämning identifierats.

Dessutom har en befintlig hydraulisk modell av spillvattennätet tillhörande Alingsås kommun nyttjats för att identifiera de objekt som också kan drabbas av översvämning via ledningsnätet. Olika regnhändelser (CDS-regn med koncentrationstid på 6 timmar, återkomsttider 10, 20, 30, 50 och 100 år,

klimatfaktor 1,25) studerades. Byggnader med källare inom projektets rumsliga avgränsning identifierades genom platsbesök, varför viss osäkerhet i antalet fastigheter med källare föreligger. Där vattennivån i spillvattenbrunnar i identifierade fastigheter med källare beräknades stiga en meter över ledningshjässan antogs källaröversvämning kunna ske. Flödestoppen på regnet anpassades för att sammanfalla med flödestoppen för spillvattenflödet. Mannings tal 65 nyttjades för ledningar av betong och 70 nyttjades för ledningar av plast. Modellen har inte varit möjlig att kalibrera inom ramen för denna utredning, vilket utgör ytterligare en osäkerhet i beräkningsresultatet.

Information om byggnadstyper, det vill säga huruvida de drabbade byggnaderna varit bostadshus, industribyggnader eller verksamhetsbyggnader, etc, är hämtat från Lantmäteriets fastighetskarta, vilken kompletterats med mer detaljerad information som tillhandahållits från Alingsås kommun. Samtliga byggnader har vid ett platsbesök dessutom kategoriserats utifrån om de ansetts ha *ingen, låg eller hög risk att drabbas* vid en 100-årshändelse, baserat på den utbredning som MSB presenterat inom ramen för arbetet med förordning om översvämningsrisker (SFS 2009:956) och den skyfallskartering som Sweco genomfört.

Kategoriseringen baserades på terrängens lutning samt huruvida de drabbade byggnaderna haft punkter i utsatta lägen vid vilka vatten skulle kunna tränga in, såsom lågt liggande riskutsatta delar, t.ex. fönster-, dörröppningar eller ventilationsluckor.

Vid bedömningen av hög respektive låg risk för att objektet ska drabbas av översvämning har följande kvantifiering av sannolikhet använts:

- Låg risk = 30 – 50 % sannolikhet att objektet drabbas av översvämning
- Hög risk = 75 – 95 % sannolikhet att objektet drabbas av översvämning

Dessa värden har sedan använts vid beräkningen av skadekostnad och för osäkerhetsanalys, se nedan. Osäkerheterna har representerats av betafördelningar med parametrarna $B[\text{min}; \text{max}; 5\text{-percentil}; 95\text{-percentil}]$, vilket för låg respektive hög risk medför:

- Låg risk: $B[0;1;0,30;0,50]$
- Hög risk: $B[0;1;0,75;0,95]$

Information om sträckning och typ av väg som använts för att identifiera översvämningsdrabbade väggroppar har tillhandahållits av Alingsås kommun, liksom lokalisering av parkeringsplatser och järnvägssträckningar.

För väganläggningar har ingen bedömning av hög eller låg risk genomförts. Ingen järnvägssträcka eller motorvägssträcka har bedömts påverkas inom det aktuella område som studerats i denna utredning.

För väganläggningar är skadekostnaden beroende av vägens yta (se Tabell 1). Längden på översvämningsdrabbad vägsträcka har uppskattats genom GIS-analys. Följande antaganden om vägbredd har använts:

- Lokalväg (inkl trottoar): 8 m
- Huvudled: 11 m

För parkeringsplatser har antagits att de har en fyllnadsgrad på 15–25 %. Osäkerhetsintervallet representeras av en betafördelning med parametrarna $B[\text{min}; \text{max}; 5\text{-percentil}; 95\text{-percentil}] = B[0;1;0,15;0,25]$.

De skadeobjekt som identifierats för dimensionerande händelse (översvämning med 100 års återkomsttid) redovisas i Tabell 2. Uppgifter för trafik redovisas separat i avsnitt 3.2.2.

Vid identifieringen av skadeobjekt har objekt med kulturvärden identifierats, såsom exempelvis Landskyrkan, Alingsås bibliotek, Nolhaga smedja och Mjörnvallen med dess läktarbyggnad. Det har inte varit möjligt att genomföra någon samhällsekonomisk värdering av påverkan på själva kulturvärdena för dessa objekt till följd av översvämning. För de objekt som har byggnader har skadekostnaden värderats med schablonvärde för offentlig byggnad, se Bilaga 1.

Avloppsreningsverket i Nolhaga har identifierats som ett skadeobjekt. Det har inte varit möjligt att värdera skadekostnaden specifikt för detta objekt och schablonvärdet för industribyggnad har därför använts.

Tabell 2 Antalet identifierade skadeobjekt för dimensionerande händelse (översvämning med 100 års återkomsttid).

Kategori skadeobjekt	Antal	
	Hög risk	Låg risk
Småhus	23	19
Flerbostadshus	28	16
Industri	14	6
Offentlig	14	5
Uthus	119	43
Parkering	90	30
Transformator	2	0
Handel	7	2
Lokalväg	40 500 m ²	
Huvudled	2450 m ²	

3.2.2 Trafikanalys

Trafikförseningar kan utgöra en betydande störning vid översvämningar eftersom det finns ett potentiellt stort antal resenärer som kan drabbas av förseningar. Det har inte inom ramen för denna KNA varit möjligt att utföra detaljerade analyser av trafikflöden som kan påverkas av översvämningar och grova uppskattningar och förenklingar har därmed varit nödvändiga.

Som grund för uppskattningen av effekter på vägtrafiken (personbil, tunga fordon) har fordonsräkningen redovisad för Sörhaga (COWI, 2019), Västra Ringgatan (AFRY, 2022) samt Vänersborgsvägen (Trafikverkets Vägtrafikflödeskarta, 2022) använts. För uppskattning av störningar på kollektivtrafik (bussavgångar) har busslinjernas lokalisering i plan tillhandahållits av Alingsås kommun medan antalet avgångar per dygn utlästs ur tidtabeller från Västtrafik (2022).

Eftersom ingen järnväg bedömts bli drabbad av de aktuella skadehändelserna har ingen tågtrafik kontrollerats.

Sammantaget har uppgifterna i Tabell 3 rörande trafikflöden använts som underlag för uppskattning av störningar på trafik med personbil och tunga fordon.

Tabell 3 Trafikflöden Årsdygnsmedeltrafik (ÅDT) för personbil respektive tunga fordon.

Gata	ÅDT personbil	ÅDT tung
Västra Ringgatan*	13 000	390
Norra Strömgatan*	1700	50
Nolhagagatan**	5350	160
Vänersborgsvägen***	17 500	550

*COWI (2019); **AFRY (2022); ***Trafikverkets Vägtrafikkarta (2022)

För störningar på kollektivtrafik har uppgifterna i Tabell 4 använts.

Tabell 4 Bussavgångar centrala Alingsås (uppgifter från Västtrafik, 2022).

Linje	Avg. mån- fre	Avg. Lör	Avg. Sön	Snitt/dag	2 riktningar
1	40	14	12	32,3	64,6
2	39	15	11	31,6	63,1
541	11	1	1	8,1	16,3
543	15	3	2	11,4	22,9
544	3	0	0	2,1	4,3
551	8	0	0	5,7	11,4
560	24	4	4	18,3	36,6
565	3	0	0	2,1	4,3
566	3	0	0	2,1	4,3
585	1	0	0	0,7	1,4

Följande antaganden rörande störningar i trafiken har gjorts:

- Det har utifrån utredningarna från AFRY och COWI samt Trafikverkets Vägtrafikkarta antagits att trafikflödena för personbil och tung trafik på Västra Ringgatan, Norra Strömgatan, Nolhagagatan samt Vänersborgsvägen utgör huvudparten av den trafik som kan påverkas av trafikstörningar vid den dimensionerande skadehändelsen (översvämning med 100 års återkomsttid). Trafik som sker på övriga gatunät som kan påverkas har mycket förenklat bedömts vara gemensam med trafiken på dessa tre gator.

- Andelen tunga fordon inom Alingsås som kan drabbas av översvämning vid en 100-årshändelse uppskattas till cirka 3 procent av det totala antalet fordonsrörelser. Andelen tung trafik är uppskattad utifrån Trafikverkets redovisning av fordonsrörelser för Vänersborgsvägen (Vägtrafikflödeskartan, 2022).
- Representativt värde för årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) för tung trafik år 2022 är därmed ca 1150 +/- 10 procent utifrån trafikflöden redovisade i Tabell 3.
- Cirka 20 % av ÅDT för tung trafik antas utgöras av busstrafiken. Enligt uppgifter från Västtrafik sker drygt 200 bussrörelser per dygn i snitt i centrala Alingsås.
- Ökningen av riskkostnaden till följd av trafikstörningar har antagits vara densamma som för övriga skadeobjekt, dvs cirka 0,4 procent per år under hela tidsperioden 2022–2122.

Skadekostnader för trafikförseningar har värderats enligt schablonvärden för försening av vägtrafik (se Trafikverket, 2020 och Rosén & Nimmermark, 2018). Det har här antagits att en översvämning varar mellan 5–7 timmar (90-procentigt osäkerhetsintervall med lognormal fördelning) och att en resenär fördröjs 0,5 – 1,5 timmar (90-procentigt osäkerhetsintervall med lognormal fördelning). Det har inte varit möjligt att värdera effekter på människors hälsa (såsom minskad tillgänglighet till vårdinrättningar) eller effekter på andra servicefunktioner (såsom störningar i avfallshantering) till följd av trafikstörningar. Dock innefattar de schablonvärden som använts kostnader för försenad leverans av varor och tjänster.

3.3 Val av diskonteringsränta och tidshorisont

Valet av diskonteringsränta och tidshorisont kan påtagligt påverka utfallet i en beräkning av skaderisk till följd av översvämning och i en efterföljande kostnads-nyttoanalys av åtgärder. Valet av räntesats och tidshorisont påverkar således nuvärdet för skadekostnader och den samhällsekonomiska lönsamheten av åtgärder. Det kan också påverka rangordningen av vilka åtgärdsalternativ som är de samhällsekonomiskt mest lämpliga att genomföra. Valet av diskonteringsränta och tidshorisont behöver därför motiveras väl.

Vilken räntesats som väljs grundas i vilken grundläggande syn som beslutsfattandet utgår ifrån. Vid genomförandet av en kostnads-nyttoanalys kan det vara svårt att avgöra vilken räntesats som är lämplig. I sådana fall är det lämpligt att genomföra kostnads-nyttoanalysen med olika diskonteringsräntor och undersöka hur slutresultatet varierar med valet av räntesats.

Diskontering i samhällsekonomiska kalkyler av klimatåtgärder diskuteras ingående av exempelvis Söderqvist (2006). Där beskrivs hur det kan vara rimligt att använda räntesatser nära marknadsräntan för kortare tidsperioder, medan det kan vara försvarbart att använda lägre räntesatser för längre tidsperioder som berör flera generationer.

För samhällsekonomiska kalkyler inom transportområdet rekommenderar exempelvis Trafikverket (2020) en räntesats på 3,5 procent. Denna räntesats baseras på studier av marknadsräntor. Under senare år har det i olika

sammanhang rekommenderats fallande diskonteringsränta över tid i samhällsekonomiska kalkyler, se exempelvis Arrow m fl (2014) och UK HM Treasury (2022).

För samhällsekonomiska kalkyler av åtgärder som berör flera generationer av människor argumenteras ofta att räntesatsen bör sättas utifrån en etisk utgångspunkt som inte diskriminerar framtida generationer i förhållande till dagens generation och utifrån prognoser om den framtida ekonomiska utvecklingen. Detta förhållningssätt tenderar att leda till lägre diskonteringsräntor. Ett exempel på detta är rekommendationerna i den s.k. Stern-rapporten (Stern 2006), som utvärderar samhällsekonomiska effekter av klimatförändringar. Stern-rapporten har fått ett mycket stort genomslag i klimatdebatten och föreslår en diskonteringsränta på 1,4 procent för samhällsekonomiska kalkyler rörande klimateffekter och åtgärder mot klimatförändringar.

I denna utredning har en räntesats på 1,4 procent använts, men en känslighetsanalys med 3,5 procent räntesats har genomförts för att se hur valet av räntesats påverkar nuvärdet av den förväntade skadekostnaden.

Tidshorisonten är också av stor betydelse eftersom en längre tidshorisont innebär att man beaktar förväntade skador också långt in i framtiden. Sweco har i flera utredningar valt att använda tidshorisonten 100 år alternativt perioden från innevarande år till år 2100. Detta med hänsyn till tillgänglig information och tillförlitlighet i det statistiska underlaget och modellberäkningar för översvämningarnas återkomsttider. I analyserna antas vanligen att förhållanden rörande bebyggelse, markanvändning, samhällsfunktioner, m.m. är konstant under den valda tidshorisonten.

I denna utredning har beräkningarna utförts med en tidshorisont på 100 år (perioden 2022–2122). Osäkerheterna med beräkningar så långt in i framtiden är stora men den långa tidshorisonten är motiverad utifrån att åtgärderna har betydelse för framtida generationers levnadsbetingelser och välfärd.

3.4 Beräkning av skadekostnad

Utifrån översvämningars återkomsttider och ekonomiska konsekvenser i form av skador på byggnader, installationer, verksamheter m.m., kan en samhällsekonomisk skadekostnad (dvs. förväntad konsekvenskostnad) beräknas, se metodik beskriven i kapitel 2.

Skadekostnaden beräknas för hela den aktuella tidshorisonten och diskonteras till ett nuvärde. Underlag för beräkningen av skadekostnad utgörs av resultaten från identifieringen av skadeobjekt och en samhällsekonomisk värdering av konsekvenserna (skadorna) för dessa objekt vid en översvämning. Skadekostnaden baseras alltså på sambandet mellan översvämningars återkomsttider och de ekonomiska konsekvenser (skador) som dessa översvämningar orsakar.

Konsekvensvärderingen görs här *ex post* och utgår från:

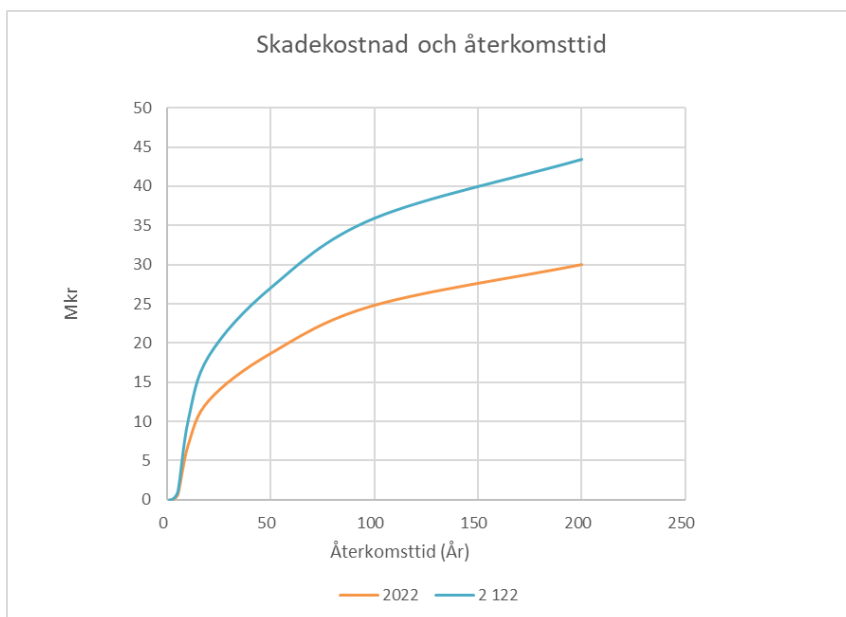
- befintliga skadekostnadsdata från försäkringsstatistik rörande skador på olika typer av byggnader, verksamheter och anläggningar,
- befintliga schablonvärden för ekonomisk värdering av olyckor, miljöeffekter, trafikförseningar, etc., som Trafikverket tagit fram inom Arbetsgruppen för samhällsekonomiska kalkyl- och analysmetoder inom transportområdet (ASEK) (Trafikverket, 2020),

I verktyget FloodMan finns, som ovan nämns, schablonvärden (enhetskostnader för olika skadetyper, exempelvis skador på olika byggnader, trafikförseningar, verksamheter inom industri och handel, skador på infrastruktur, negativa effekter på ekosystemtjänster, skador på elförsörjning m.m.) samt metodik för beräkning av samhällsekonomisk skadekostnad. Vissa typer av objekt, såsom vissa samhällsviktiga funktioner (exempelvis tillgång till sjukvårdsanläggningar) eller byggnader med speciellt innehåll (exempelvis museer) är vanligen inte lämpliga att värdera med schablonvärden utan bör i förekommande fall ges en platsspecifik värdering.

Det har inom ramen för detta uppdrag inte varit möjligt att genomföra platsspecifika ekonomiska värderingar av skadeobjekt. Inom det aktuella området är det framför allt tillgängligheten till Alingsås sjukhus som kan ge allvarliga konsekvenser för samhällsviktig funktion.

För samtliga kategorier av skadeobjekt finns schablonvärden för skadekostnader (enhetskostnader) med osäkerhetsbedömningar, se Bilaga 1. Uppgifterna är baserade på försäkringsstatistik och uppgifter från Trafikverkets ASEK-arbete (Trafikverket, 2020). Samtliga priser är uppräknade med konsumentprisindex (KPI) sedan tiden för dess uppskattning. Osäkerheterna i dessa schablonvärden har beräknats med statistisk analys av tillgängliga data. Samtliga osäkerheter i schablonvärden för skadekostnader representeras av log-normalfördelningar, se Bilaga 1.

För Alingsås har identifierade skadeobjekt och schablonvärden för skadekostnader resulterat i en skadekostnadsfunktion (sambandet mellan skadekostnad och återkomsttid för översvämningshändelser) enligt Figur 10. Vid beräkningarna har *förenklad analys* i FloodMan tillämpats där beräkning av skadekostnad först genomförts för den dimensionerande händelsen (100-årshändelsen). Därefter har skadekostnader för översvämningar med andra återkomsttider uppskattats baserat på tidigare studier och tillämpningar av FloodMan.



Figur 10 Skadekostnadsfunktion för centrala Alingsås. Vid beräkningarna av skillnaderna i skadekostnadsfunktion mellan startåret (2022) och slutåret (2122) har en klimattfaktor på 1,35 använts.

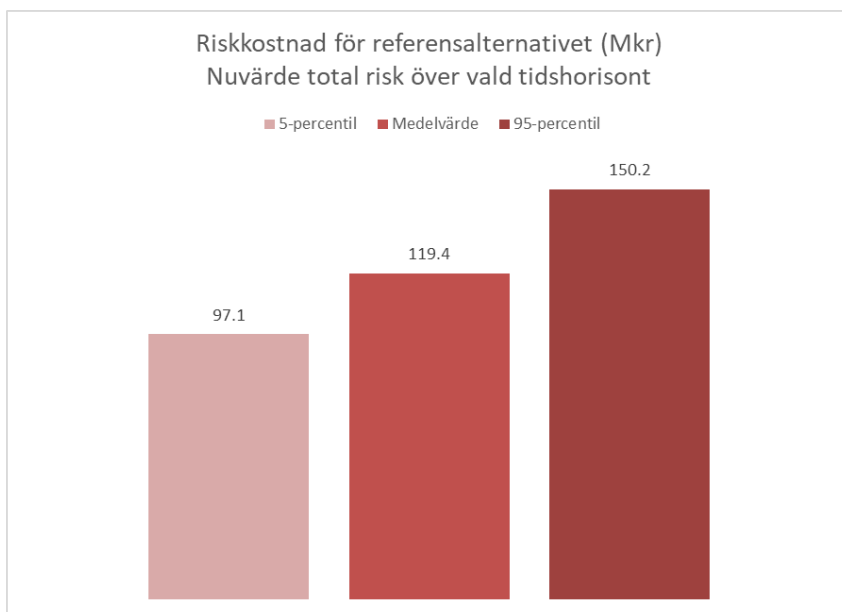
Från skadekostnadsfunktionen framgår att skadekostnaden för den dimensionerande skadehändelsen med återkomsttid 100 år är ca 25 Mkr vid startåret och ca 36 Mkr för slutåret. I Tabell 5 redovisas skadekostnaderna för den dimensionerande händelsen för respektive skadekategori.

Tabell 5 Skadekostnader för dimensionerande skadehändelse (översvämning med 100 års återkomsttid). Beloppen är i miljoner kr (Mkr).

Kategori	Startåret 2022 (Mkr)	Slutåret 2122 (Mkr)
Järnväg	0,0	0,0
Spårväg	0,0	0,0
Industri	3,9	5,7
Flerbostadshus	4,6	6,7
Offentlig	2,0	2,9
Transformator	0,5	0,7
Handel	1,0	1,5
Parkering	0,7	1,1
Småhus	1,2	1,7
Uthus	1,8	2,6
Motorväg	0,0	0,0
Huvudled	0,2	0,4
Lokalväg	3,4	4,9
Trafikförsening väg	5,4	7,8
Trafikförsening spår	0,0	0,0
Totalt	24,8	36,0

Genom en approximativ beräkning av integralfunktionen enligt ekvation 2 ovan och nuvärdesberäkning enligt ekvation 3 ovan har den totala förväntade skadekostnaden (riskkostnaden) för den valda tidsperioden (2022–2122) beräknats, se Figur 11. Denna beräkning omfattar således skadekostnaden över alla återkomsttider upp till 200 år och den förväntade ökningen av förväntade skadekostnader över tid under tidsperioden beroende på den klimatfaktor (1,35) som tillämpats.

Det ska poängteras att skadekostnadsberäkningen inte tagit hänsyn till prognoser om förtätning av staden, ombyggnad av VA-system, förändrade trafikmängder, etc. Den enda förändring över tid som beaktats är klimatfaktorn, vilken beskriver den ökade utbredningen av översvämningar som förväntas ske för ett översvämningsscenario med specifik återkomsttid (här antaget för samtliga återkomsttider) mellan nuläget (2022) och år 2100. I analysen antas att skadekostnaderna ökar i takt med klimatfaktorn från startåret 2022 till slutåret 2122, vilket motsvarar ca 0,37 % årlig ökning.



Figur 11. Beräknade totala riskkostnader (Mkr) för centrala Alingsås för en tidshorisont på 100 år. Räntesats = 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (medelvärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

I Tabell 6 redovisas skadekostnadsberäkningen för händelser med olika återkomsttid.

Tabell 6 Beräknade skadekostnader (Mkr) för olika återkomsttider för år 2122, räntesats 1,4 %.

Skadekategori	Återkomsttid (år)				
	10	20	50	100	200
Järnväg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Spårväg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Industri	2,3	4,2	6,2	8,3	10,0
Flerbostadshus	2,7	4,9	7,3	9,7	11,7
Offentlig	1,2	2,2	3,2	4,2	5,1
Transformator	0,3	0,5	0,8	1,0	1,3
Handel	0,6	1,1	1,6	2,2	2,6
Parkering	0,4	0,8	1,2	1,5	1,8
Småhus	0,7	1,3	1,9	2,5	3,0
Uthus	1,1	1,9	2,8	3,8	4,6
Motorväg	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Huvudled	0,1	0,3	0,4	0,5	0,6
Lokalväg	2,0	3,6	5,4	7,1	8,6
Trafikförsening väg	3,2	5,8	8,5	11,3	13,7
Trafikförsening spår	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Övriga skadekostnader	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
Totalt	10,1	18,4	27,1	36,0	43,5

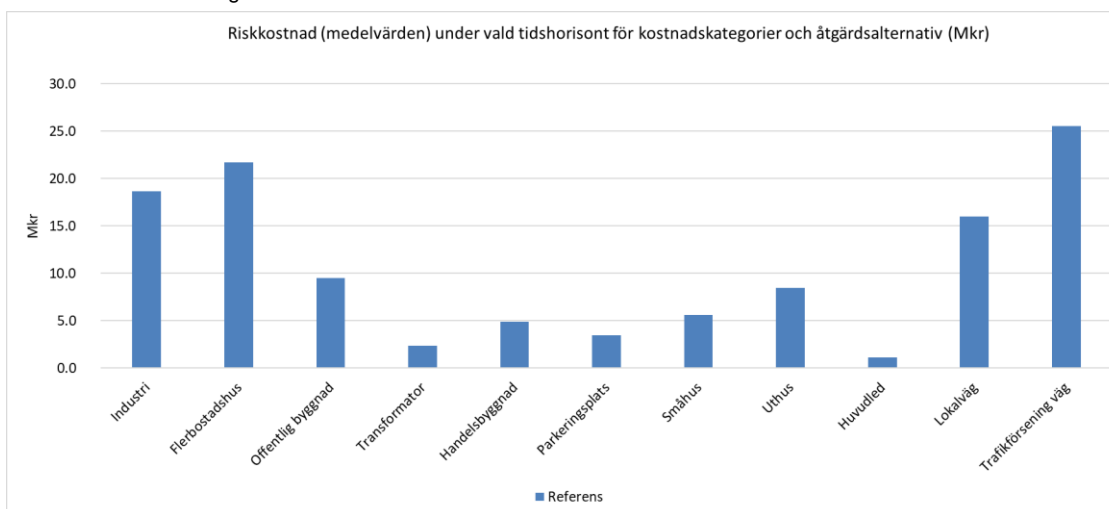
Från Tabell 6 framgår hur viktigt det är att *inte* basera beslut om vad som är ekonomiskt rimliga klimatanpassningar på skadekostnader för enskilda händelser med specifik återkomsttid. Exempelvis innebär en användning av skadekostnaden för en 100-årshändelse år 2122 en underskattning av den förväntade totala skadekostnaden (och därmed den potentiella nyttan av åtgärder) under den kommande 100-årsperioden med ca 70 % (den totala kostnaden på 36 Mkr utgör ca 30 % av den totala skadekostnaden på 119 Mkr). Analogt med detta ger kostnaden för en 200-årshändelse år 2122 en underskattning av den totala förväntade skadekostnaden med ca 63 %.

3.5 Fördelningsanalys

Det är viktigt att åtminstone översiktligt undersöka hur kostnaderna för skador drabbar olika aktörer i samhället så att kostnaderna för klimatanpassnings-åtgärder kan fördelas rättvist mellan dessa aktörer. En enkel fördelningsanalys är implementerad i verktyget FloodMan, se Figur 12 och Figur 13.



Figur 12 Fördelning av riskkostnad i % mellan olika kategorier av skadeobjekt. Trafikförsening väg omfattar också försening i kollektivtrafiken.



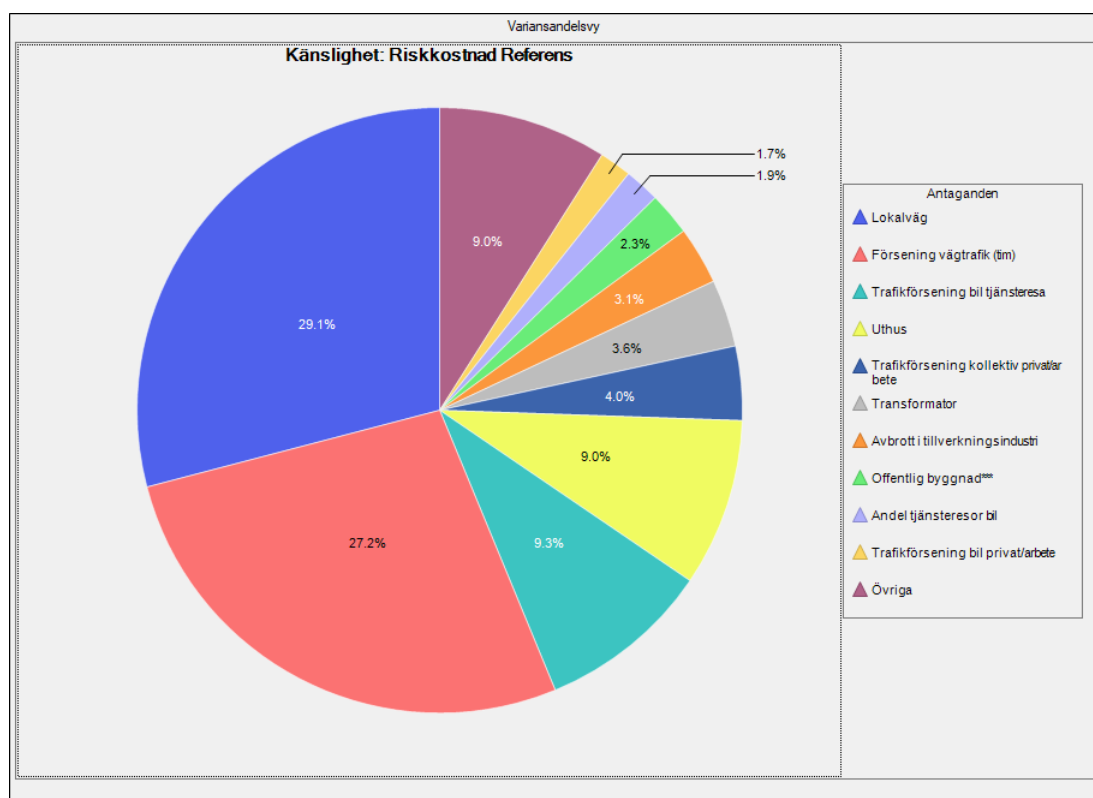
Figur 13 Fördelning av riskkostnad i % mellan olika kategorier av skadeobjekt. Trafikförsening väg omfattar också försening i kollektivtrafiken.

3.6 Känslighetsanalys

Olika faktorer kommer att vara förknippade med osäkerheter vid en samhällsekonomisk analys. Det är därför viktigt att någon form av känslighetsanalys utförs. Denna kan utgöras av en s.k. lokal analys, där en ingångsparameter i taget varieras och där effekten på resultatet – såväl skadekostnad (riskkostnad) och nettonuvarde som alternativens rangordning – undersöks. En mera avancerad känslighetsanalys (global) är att representera ingångsdatas osäkerheter med hjälp av sannolikhetsintervall och sedan utföra statistisk simulering (Monte Carlo) för att undersöka varje ingångsparameters bidrag till skadekostnadens eller nettonuvarde totala osäkerhet.

Osäkerhetsanalysen ger information om vilka faktorer som i första hand bör studeras närmare för att åstadkomma resultat med högre tillförlitlighet. En global osäkerhetsanalys och känslighetsanalys med Monte Carlo simulering har i denna utredning utförts med verktyget FloodMan.

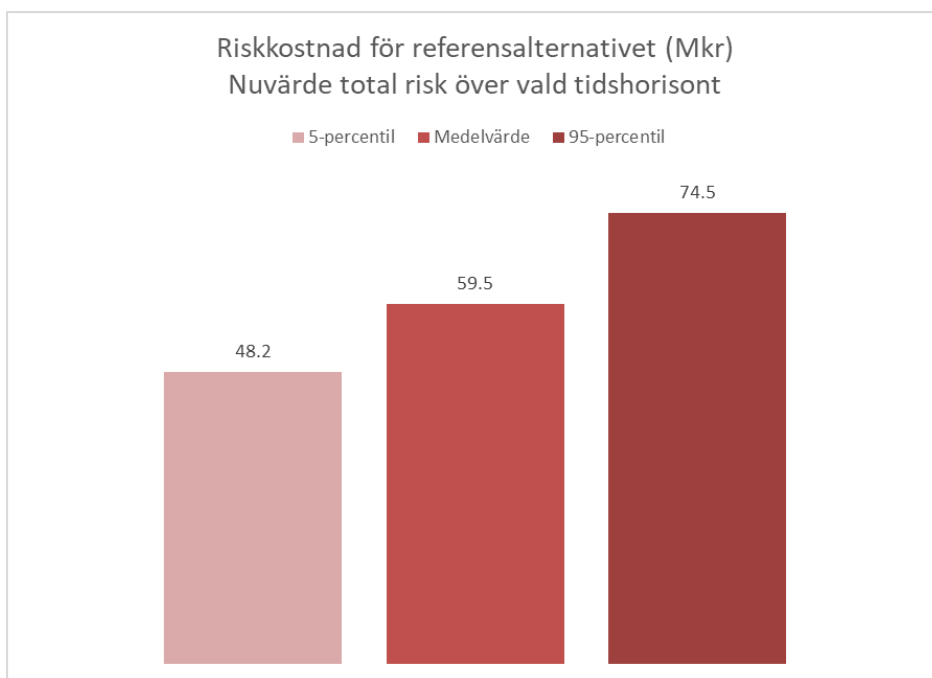
I Figur 14 redovisas de ingångsvariabler som ger störst bidrag till den totala osäkerheten i beräkningen av skadekostnad.



Figur 14 Känslighetsanalys för beräkning av förväntad skadekostnad (riskkostnad) i centrala Alingsås. Grafen visar de olika variabelernas bidrag (%) till den totala osäkerheten i beräkningen av förväntad skadekostnad (riskkostnad).

En annan typ av känslighetsanalys kan göras med hänsyn till olika modellantaganden eller olika scenarier för framtida översvämningar. I denna utredning har en känslighetsanalys utförts med hänsyn till valet av räntesats. En beräkning har genomförts också med räntesatsen 3,5 %, vilket är den ränta som exempelvis Trafikverket (2020) rekommenderar för samhällsekonomiska beräkningar inom transportsektorn.

Resultatet från skadekostnadsberäkning för centrala Alingsås med räntesatsen 3,5% redovisas i Figur 15. Resultaten visar att de förväntade skadekostnaderna blir avsevärt lägre med 3,5 % diskonteringsränta, jämfört med 1,4 %. Detta beror på att nuvärdet av de framtida skadekostnaderna, långt fram inom den valda tidsperioden, blir mycket låga med en så hög räntesats som 3,5 %. Sammantaget gör detta att den förväntade skadekostnaden för centrala Alingsås halveras vid beräkning med den högre räntesatsen.



Figur 15 Beräknade totala riskkostnader (Mkr) för centrala Alingsås för en tidshorisont på 100 år. Räntesats = 3,5 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (medelvärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

4. Slutsatser och rekommendationer

Utifrån den genomförda skadekostnadsanalysen har följande slutsatser dragits:

- Nuvärdet av den samhällsekonomiska skadekostnaden (riskkostnaden) till följd av översvämning i centrala Alingsås *under de kommande 100 åren* har beräknats till *97–150 Mkr* med ett troligt värde (medelvärde i genomförda osäkerhetssimuleringar) på *ca 119 Mkr*. Detta resultat är beräknat med en diskonteringsränta på 1,4 %.
- Den samhällsekonomiska skadekostnaden ger en uppfattning dels om vilka typer av skador som ger störst bidrag till den totala skadekostnaden, dels vilken *storleksordning* på kostnader som kan vara motiverade för klimatanpassningsåtgärder för att minska eller eliminera skadorna i samhället till följd av översvämningar.
- Den genomförda skadekostnadsanalysen kan användas som underlag för en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av klimatanpassningsåtgärder för att minska risker för översvämningar. I en sådan analys utgör minskade skadekostnader till följd av åtgärder en viktig nyttopost.
- Det ska dock påpekas att de beräknade skadekostnaderna sannolikt är i underkant. Detta eftersom en del negativa konsekvenser inte kunnat värderas inom ramen för denna utredning, exempelvis människors oro, negativa effekter på kulturvärden, minskad tillgänglighet till sjukvård under översvämningstillfällen eller effekter på vissa andra servicefunktioner såsom störningar på avfallshantering. Detta bör nogta beaktas vid kostnads-nyttoanalys av olika åtgärdslösningar.
- Den genomförda fördelningsanalysen visar att största bidragen till den totala skadekostnaden kommer från skador på flerbostadshus, industribyggnader och dess verksamheter, offentliga byggnader, lokalgator samt trafikförseningar. Kostnader för dessa skadetyper utgör ca 80 % av de totala skadekostnaderna.
- Den genomförda känslighetsanalysen visar att indata kopplat till negativa effekter på trafik i samband med översvämningar ger ett stort bidrag till osäkerheten i skadekostnadsberäkningen. Detta är inte överraskande då trafikanalysen som varit möjlig inom ramen för denna utredning varit mycket översiktlig.

- Också indata som rör skadekostnader för lokalvägar bidrar med stor osäkerhet. Det är osäkert vilka skador som faktiskt kommer att uppstå på lokalvägar när dessa står under vatten, exempelvis i form av påverkan på vägnarnas under- och överbyggnader, slitlager, vägtrummor, elinstallationer, etc.
- Osäkerhetsanalysen ger vägledning kring vilka indata som skulle behöva studeras mera ingående för att möjliggöra en skadekostnadsberäkning med högre tillförlitlighet.
- En känslighetsanalys med avseende på valet av diskonteringsränta för nuvärdesberäkning har också genomförts. Härvid ansattes diskonteringsräntan till 3,5 %. Känslighetsanalysen visar att vid en förändring av räntesatsen från 1,4 % till 3,5 % så halveras nuvärdet av den totala skadekostnaden (riskkostnaden). Detta innebär således att det med en högre räntesats blir samhällsekonomisk mindre motiverat att genomföra kostsamma klimatanpassningsåtgärder, särskilt om dessa innebär höga investeringskostnader i närtid.
- Vilken räntesats som slutligen väljs beror på vilken etisk utgångspunkt som gäller för det beslut som ska fattas. Med den lägre räntesatsen blir långsiktiga skyddsåtgärder till nytta för framtida generationer mera samhällsekonomiskt motiverade.
- Också underliggande modeller för översvämnings utbredning bidrar med osäkerhet till skadekostnadsberäkningen. I denna utredning har MSB:s redovisning för höjda nivåer i vattendrag (Säveån och Lillån) använts för att identifiera utbredningsområdet för en dimensionerande översvämningshändelse (en 100-årshändelse med klimatkoefficient). Inom detta område har skadeobjekt som drabbas av marköversvämning identifierats. Dessutom har en modellering genomförts inom detta område för att identifiera skadeobjekt som kan drabbas av källaröversvämning via ledningsnätet. Dessa modeller har bedömts vara relevanta för denna utredning men vid val av andra befintliga modeller eller framtida modellberäkningar kan resultatet för skadekostnadsberäkningen komma att ändras. Någon känslighetsanalys med avseende på valet av modellunderlag har inte varit möjligt i denna utredning.

Slutligen bör det påpekas att samhällsekonomiska analyser endast utgör en, men viktig, del av det fullständiga beslutsunderlaget rörande åtgärder mot översvämnings. Inför det slutliga beslutet måste naturligtvis också andra aspekter beaktas, exempelvis planfrågor, juridiska förhållanden och människors oro.

Skadekostnadsanalysen är emellertid en betydelsefull och nödvändig del av en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys (KNA) av klimatanpassningsåtgärder. En sådan KNA är en del i det underlag som behövs för en rimlig och välgrundad användning av samhälleliga resurser.

5. Referenser

- AFRY, 2022. Trafikutredning, Detaljplan för Västra Ringgatan/Kungsgatan, Solen 14 i Centrum, (Kontor). Projekt ID 208549.
- Arrow, K. J., Cropper, M. L., Gollier, C., Groom, B., Heal, G. M., Newell, R. G., Nordhaus, W. D., Pindyck, R. S., Pizer, W. A., Portney, P. R., Sterner, T., Tol, R. S. J., Weitzman, M. L., 2014. Should governments use a declining discount rate in project analysis? *Review of Environmental Economics and Policy* 8, 145-163.
- Boardman, A.E., Greenberg, D.H, Vining, A.R och Weimer D. L. 2011. Cost-benefit analysis; Concepts and practice. 4th Edition. Pearson/Prentice Hall. Upper Saddle River New Jersey.
- COWI, 2019. Trafikutredning Sörhaga, Alingsås. Projektnr. A096858, Dokumentnr. A096858-4-2-RAP001.
- Johansson P-O, Kriström B (2016) Cost-benefit analysis for project appraisal. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB), 2018. Översyn av områden med betydande översvämningsrisk, enligt förordning (2009:956) om översvämningsrisker. Enheten för brand- och olycksförebyggande arbete. Publikationsnummer MSB1152, Januari 2018.
- Naturvårdsverket. 2003. Konsekvensanalys steg för steg: handledning i samhällsekonomisk konsekvensanalys för Naturvårdsverket. Naturvårdsverket, Stockholm.
- Stern, N. 2006. The Economics of Climate Change - the Stern Review. Cabinet Office, HM Treasury, Cambridge University press, Cambridge.
- Rosén, L., Nimmermark, J., 2018. FloodMan - Sustainable Flood Management Assessment Tool. Ett verktyg för samhällsekonomisk analys och hållbarhetsanalys av översvämningskydd. Göteborgs Stad. Sweco Environment AB, uppdragsnummer 13002424. Uppdaterad 2021.
- Sweco, 2022. Skyfallskartering i Alingsås kommun. Skyfallskarteringar av 13 tätorter i Alingsås. Uppdragsnummer 30029933.
- Trafikverket, 2020. Samhällsekonomiska principer och kalkylvärden för transportsektorn: ASEK 7. Trafikverket. <http://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/gallande-forutsattningar-och-indata/>, tillgänglig 2020-06-01.
- UK HM Treasury, 2022. The green book central government guidance on appraisal and evaluation. HM Treasury.
- Västtrafik, 2022. Tidtabeller. Västtrafik. <https://www.vasttrafik.se/reseplanering/tidtabeller/>, tillgänglig 2022-12-13.

Bilaga 1

BILAGA 1: Enhetspriser

Enhetspriser				
Kategori	Enhet	Värde (kr)	Medelvärde*	Std**
Järnväg	Kostnad per längdmeter	3 301 kr	3 301 kr	1 650 kr
Spårväg	Kostnad per längdmeter	3 301 kr	3 301 kr	1 650 kr
Industri***	Kostnad per enhet	226 306 kr	214 534 kr	22 087 kr
Flerbostadshus***	Kostnad per enhet	220 805 kr	209 034 kr	16 519 kr
Offentlig byggnad***	Kostnad per enhet	209 804 kr	198 032 kr	21 184 kr
Transformator	Kostnad per enhet	418 067 kr	418 067 kr	737 613 kr
Handelsbyggnad***	Kostnad per enhet	209 804 kr	198 032 kr	18 245 kr
Parkeringsplats****	Kostnad per enhet	11 910 kr	11 910 kr	4 090 kr
Småhus***	Kostnad per enhet	63 480 kr	51 708 kr	2 458 kr
Uthus	Kostnad per enhet	22 004 kr	22 004 kr	9 700 kr
Motorväg	Kostnad per m ²	165 kr	165 kr	83 kr
Huvudled	Kostnad per m ²	143 kr	143 kr	72 kr
Lokalväg	Kostnad per m ²	121 kr	121 kr	61 kr
Försening persontåg	Kostnad per tåg och timma	46 934 kr	46 934 kr	23 467 kr
Försening godståg	Kostnad per tåg och timma	12 377 kr	12 377 kr	7 289 kr

*Värden i Göteborg Stads Hydromodell (Ramböll, 2014)

**Värden beräknade baserat på variationskoefficient ($CV = \text{std}/\text{medelvärde}$) som beräknats för skadekostnadsdata från Länsförsäkringar och som används i Swecos KNA-modell (Sweco, 2011). För förseningskostnader antas $CV=0,5$.

*** För dessa kategorier har antagits att en akut insats i form av nödpumpning och omhändertagande av förorenat vatten (inkl avloppsvatten) behöver göras vid ett översvämningstillfälle.

**** Enhetspris per skadat fordon från Karlsson & Larsson (2014) samt antagande att 20 % av parkeringsplatserna är fyllda

Kategori	Enhet	Värde (kr)	Medelvärde*****	Std****
Avbrott i tillverkningsindustri	Kostnad per enhet	173 682 kr	191 081 kr	74 785 kr
Avbrott i försäljning (tjänster & varor)	Kostnad per enhet	40 400 kr	44 447 kr	35 340 kr
Akuta åtgärder, nödpumpning i källare + avloppsvatten	Kostnad per enhet		11 772 kr	825 kr

***** Värden från Swecos KNA-modell (Sweco, 2011). Baserat på statistik från Länsförsäkringar och Karlsson & Larsson (2014)

Kategori	Enhet	Värde (kr)	Medelvärde*****	Std**
Trafikförsening bil privat/arbete	Kostnad per timma	249 kr	248.51 kr	123 kr
Trafikförsening bil tjänsteresa	Kostnad per timma	1 197 kr	1 196.55 kr	597 kr
Trafikförsening kollektiv privat/arbete	Kostnad per timma	221 kr	220.74 kr	110 kr
Trafikförsening kollektiv tjänsteresa	Kostnad per timma	1 197 kr	1 196.55 kr	597 kr
Trafikförsening gods tung vägtrafik	Kostnad/tontimma	9 kr	8.76 kr	4 kr

***** Baserat på Trafikverkets ASEK-värden (2020). Värdet för trafikförsening gods tung vägtrafik är medelvärdet av textilier och diverse andra färdiga varor $(7,7 + 8,03)/2 = 7,865$

Samtliga osäkerheter för schablonkostnader representeras av log-normalfördelningar med angivna medelvärden och standardavvikelse. Osäkerhetsfördelningarna baseras på analys av försäkringsdata.

