
RAPPORT

LÄNSSTYRELSEN I HALLANDS LÄN

Kostnads-nyttoanalys av yttre översvämningsskydd mot höga havsnivåer Kungsbacka

UPPDRAGSNUMMER 30027604



2021-11-02

Sweco Sverige AB

**ANDREAS KARLSSON, LARS ROSÉN, MATS
ANDREASSON, VANIA KHAIRALLAH**

Sammanfattning

Kungsbacka är utsatt för betydande översvämningsskydd från höga nivåer i Kungsbackaån och i havet. Olika typer av översvämningsskydd diskuteras, exempelvis kantskydd längs Kungsbackaån och en yttre barriär längs väg E6.

Syftet med denna utredning är att genomföra en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys (KNA) som väger nyttorna av ett yttre skydd längs E6:an mot dess kostnader. I analysen ska de samhällsekonomiska effekterna av det yttre skyddet under lång tid (100-130 år) belysas. Det ska också utvärderas om en anläggning av detta skydd i närtid eller längre fram i tiden (om ca 50 år) är mest fördelaktigt.

Följande alternativ har studerats:

- Referensalternativ: Nuvarande situation, utan genomförande av klimatanpassningsåtgärder.
- Alternativ 1: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2021. Alternativ 1 innebär att alla områden uppströms väg E6, inklusive väg E6, kommer att skyddas mot översvämning av stigande nivåer i havet och Kungsbackaån.

Bedömd total kostnad: 525–790 miljoner kronor

- Alternativ 2: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2070. Detta kombineras med en utbyggnad av lokala kantskydd upp till +2,35 meter längs Kungsbackaån för att säkra nuvarande byggnader, planerad bebyggelse och trafikområden fram till att det yttre skyddet är anlagt. Bedömd längd på kantskydd är cirka 3000 meter. I övrigt är Alternativ 1 och 2 lika ur skyddssynpunkt.

Bedömd total kostnad: 380–565 miljoner kronor

De uppskattade kostnaderna är reala kostnader i dagens penningvärde.

Nyttor som kunnat kvantifieras i monetära enheter (kr) är minskade risker för skador på byggnader, anläggningar (vägar, spår, transformatorstationer för elförsörjning), verksamheter (industri och handel) och trafikförseningar. Även nyttor i form av ökade fastighetsvärden till följd av ökade möjligheter för exploatering kan förväntas uppstå men har inte kvantifierats, liksom möjliga effekter på samhällsviktiga funktioner, rekreation, minskad risk för spridning av föroreningar till följd av minskad erosion eller effekter på människors hälsa. Ej kvantifierade nyttor har bedömts vara i samma storleksordning för de två åtgärdsalternativen och bedöms därmed inte kunna påverka rangordningen av alternativen.

Utifrån den genomförda kostnads-nyttoanalysen har följande slutsatser dragits:

- Det är samhällsekonomiskt fördelaktigt att vänta med att bygga en yttre barriär längs väg E6 fram till ca 2070 och istället säkra befintlig och framtida bebyggelse, anläggningar och verksamheter genom kantskydd längs Kungsbackaån.
- Vid en tidshorisont på 100 år uppvisar båda de studerade åtgärdsalternativen negativ samhällsekonomisk lönsamhet.
- Vid en längre tidshorisont (2021–2150) uppvisar båda åtgärdsalternativen positiv samhällsekonomisk lönsamhet med en diskonteringsränta på 1,4 procent.
- Flera nyttor har inte kunnat kvantifieras, såsom effekter på samhällsviktiga funktioner, människors oro, människors hälsa, effekter på fastighetsvärden för områden som kan exploateras efter översvämningsskydd, minskad förorenings-spridning till följd av minskad erosion av strandkanter längs Kungsbackaån, etc. Nyttorna bedöms därmed vara underskattade för båda åtgärdsalternativen.
- Som ovan nämnts bedöms de nyttor som inte kunnat kvantifieras bedöms totalt sett vara likvärdiga för de två alternativen och bör inte kunna ändra alternativens rangordning.
- Analysen bör därmed fokuseras mera på skillnaderna i samhällsekonomisk lönsamhet än lönsamhetens absoluta värden.
- I analysen har inte heller klimatavtryck som följer av byggnation och materialåtgång kvantifierats. Den klimatkostnad som uppstår i samband med byggnation av det yttre skyddet samt materialåtgången för Alternativ 1 och Alternativ 2 samt kantskyddet i Alternativ 2 behöver i framtida studier beaktas och ställas mot ett potentiellt klimatavtryck av att inte genomföra några åtgärder.
- En enkel fördelningsanalys visar att de största bidragen till den samhällsekonomiska risken kommer från risker för trafikförseningar, skador på uppställda fordon på parkeringsplatser samt handelsbyggnader och verksamheter. Det är också för dessa objekt och verksamheter som nyttorna till följd av minskad risk blir som störst. Detta bör beaktas vid bedömning av hur kostnader för översvämningsskydd bör fördelas.

Rekommendationen utifrån den genomförda kostnads-nyttoanalysen är att säkra Kungsbackas bebyggelse, trafik och verksamheter genom anläggning av kantskydd längs Kungsbackaån i närtid. Därefter kan ett yttre skydd vara motiverat fram emot 2070 när riskerna för höga nivåer i havet är mera omfattande.

Slutligen bör det påpekas att den typ av analys som gjorts här 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. Analysen är emellertid en betydelsefull del i det underlag som behövs för en rimlig och välgrundad användning av samhälleliga resurser.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte	5
1.3	Tidigare utredningar & åtgärdsalternativ	5
2	Metodik	6
2.1	Vad är kostnads-nyttoanalys?	6
2.2	Begreppen kostnader, nyttor och lönsamhet	6
2.3	Matematisk beskrivning av KNA	8
2.4	Tidshorisont och diskontering	9
2.5	Osäkerhets- och känslighetsanalys	10
2.6	Nyttor av åtgärdslösningar	11
2.6.1	Minskade risker för översvämning	11
2.6.2	Övriga nyttor	13
2.7	Kostnader av åtgärdslösningar	14
3	Genomförande	15
3.1	Åtgärdsalternativ	15
3.2	Tidshorisont	16
3.3	Diskonteringsränta	16
3.4	Skadeobjekt och samhällsekonomisk risk	16
3.5	Åtgärdernas nyttor	20
3.6	Åtgärds kostnader	21
3.7	Övriga nyttor och kostnader till följd av åtgärderna	22
3.8	Beräkning av nettonuvärden	23
3.9	Känslighetsanalys	25
3.10	Fördelningsanalys	27
3.11	Ej kvantifierade effekter	29
4	Slutsatser och rekommendationer	30
5	Referenser	32

Bilagor

BILAGA 1: Enhetspriser

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Kungsbackaån är utpekad av Myndigheten för samhällsskydd och beredskap (MSB) som ett av de vattendrag och områden med betydande översvämningssrisk enligt förordningen om översvämningssrisker (SFS 2009:956). Detta innebär att delar av Kungsbacka som ligger i anslutning till ån är sårbara.

MSB har genomfört översvämningsskarteringar där Kungsbackaån och Kungsbacka ingått (MSB 2019, MSB, DHI & SMHI. 2013). Utöver dessa skarteringar har kompletterande utredningar längs med Kungsbackaån genomförts, vilka visar att översvämningar beror både på höga flöden i ån från uppströms liggande avrinningsområden samt på höga havsvattenstånd i havet vid åns nedre delar (DHI 2009, 2016, SMHI 2002, 2006, 2018).

I syfte att skydda de sårbara delarna vid en översvämning arbetar Kungsbacka kommun fram en strategi som bland annat omfattar översvämningsskydd i form av kantskydd längs med vissa delsträckor utmed ån. Vidare finns en förstudie där tre alternativa yttre översvämningsskydd utretts och jämförts för havsvattennivån +3,5 meter.

1.2 Syfte

Syftet med denna utredning är att genomföra en samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys (KNA) som väger nyttorna av ett yttre skydd längs E6:an mot dess kostnader. I analysen ska de samhällsekonomiska effekterna av det yttre skyddet under lång tid (100-130 år) belysas. Det ska också utvärderas om en anläggning av detta skydd i närtid eller längre fram i tiden (om ca 50 år) är mest fördelaktigt.

1.3 Tidigare utredningar & åtgärdsalternativ

Till följd av den översvämningssrisken som finns Kungsbacka finns flertalet genomförda utredningar. För genomförandet av kostnads-nyttoanalysen är det i huvudsak förstudien för yttre översvämningsskydd mot höga havsnivåer (Norconsult, 2021). Kostnaderna för den valda åtgärden – yttre skyddet längs med E6:an – och dess utformning är valda indata till beräkningarna i denna rapport.

Nedan utredningar och rapporter utgör också underlag för analysen som beskrivs i denna rapport:

- Riskhanteringsplan för översvämningar i Kungsbackaån, Länsstyrelsen Hallands län (2015)
- Riskhanteringsplan för Kungsbacka tätort, 2022-2027 (remissversion), Länsstyrelsen Hallands län (2020)

2 Metodik

I denna utredning har verktyget FloodMan (Rosén och Nimmermark, 2018) använts för samhällsekonomisk kostnads-nyttoanalys av ett yttre översvämningsskydd för Kungsbacka längs väg E6. 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 översvämningssåtgärder. Metoden möjliggör också att den ekonomiska analysen kompletteras med en social och miljömässig analys av åtgärder i syfte att göra en bredare hållbarhetsbedömning av möjliga åtgärder. Nedan beskrivs kortfattat grunderna för den ekonomiska analysen i FloodMan.

2.1 Vad är kostnads-nyttoanalys?

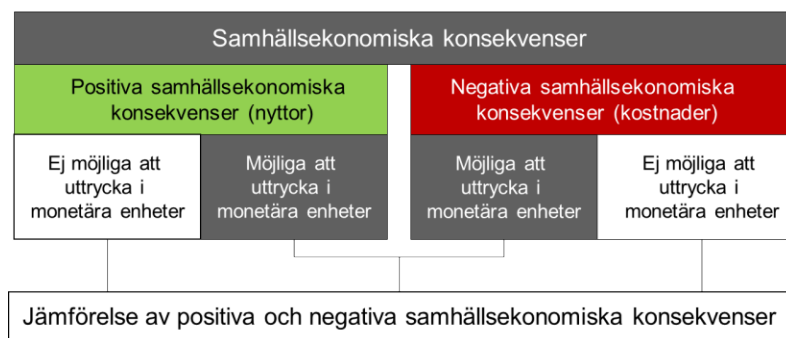
Kostnads-nyttoanalys (KNA) är en analys som innefattas i det bredare begreppet konsekvensanalys (jfr Naturvårdsverket 2003). Liksom konsekvensanalyser är kostnads-nyttoanalyser ett stöd för beslutsfattande. KNA bygger på en identifiering av de positiva och negativa konsekvenserna av ett projekt i samhället 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 (marginálnyttan) 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. Kostnads-nyttoanalys som metod beskrivs i en mängd olika textböcker, vägledningar, vetenskapliga publikationer och utredningar. Ett ofta refererat standardverk är Boardman m.fl. (2011). Nedan beskrivs kortfattat några nyckelbegrepp i KNA.

2.2 Begreppen kostnader, nyttor och lönsamhet

Det ligger i samhällets intresse att utforma effektiva strategier och åtgärder för att förhindra och mildra konsekvenserna 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 2-1.

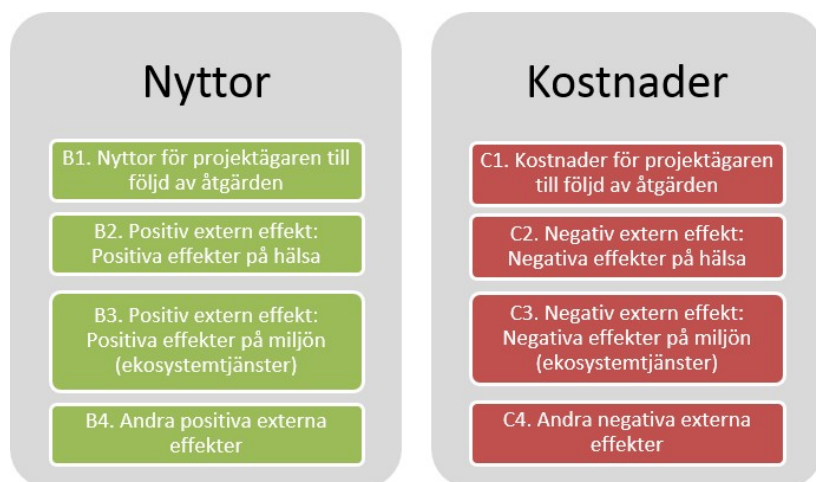
En samhällsekonomisk konsekvensanalys ska undersöka kostnaderna och nyttorna för de individer och företag som bedöms beröras av ett projekt. Det kriterium som vanligen används i en kostnads-nyttoanalys för vad som är bra eller dåligt att göra är *samhällsekonomisk lönsamhet*.



Figur 2-1. 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 2-2. En analys som omfattar endast projektägarens effekter brukar benämnas projektekonomisk analys, men en fullständig samhällsekonomisk analys ska omfatta också externa effekter. I FloodMan finns möjlighet att inkludera samtliga typer av effekter.



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

7(34)

En kostnads-nyttoanalys 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 2-1.

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:

$$NPV_i = \sum_{t=1} \frac{1}{(1+r)^t} (B_{it}) - \sum_{t=1} \frac{1}{(1+r)^t} (C_{it}) \quad (\text{ekvation 1})$$

där:

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

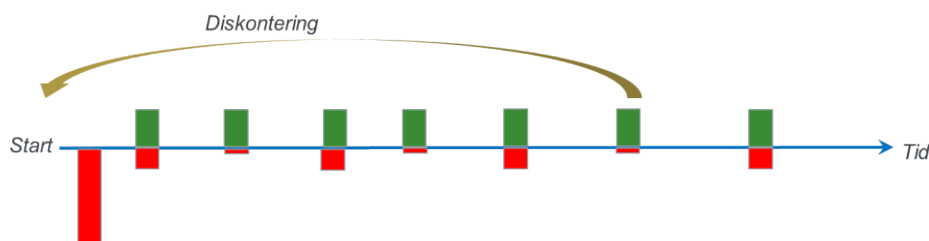
B_i = nyttor (benefits) av att genomföra åtgärdsalternativet i

C_i = kostnader (costs) för att genomföra åtgärdsalternativet i

r = diskonteringsränta

T = tidshorisont angivet i antal år t

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 2-3. Valet av räntesats för diskontering beskrivs närmare i avsnitt 2.4.



Figur 2-3. 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.

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 (2016) 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).

För samhällsekonomiska kalkyler av åtgärder som berör flera generationer av människor argumenteras ofta att räntesatsen istället bör sättas utifrån en etisk utgångspunkt för att inte diskriminera 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.

Valet av diskonteringsränta kan påtagligt påverka utfallet i en kostnads-nyttanalys, naturligtvis vad gäller nettonuvärdets absoluta storlek, men i vissa fall också rangordningen av alternativ. Vilken räntesats som väljs grundas i vilken grundläggande syn som beslutsfattandet utgår ifrån. Vid genomförandet av en kostnads-nyttanalys kan det vara svårt att avgöra vilken räntesats som är lämplig. I sådana fall är det lämpligt att genomföra kostnads-nyttanalysen med olika diskonteringsräntor och undersöka hur slutresultatet varierar med valet av räntesats.

I denna utredning har beräkningar med 1,4 procent räntesats använt, men en känslighetsanalys med 3,5 procent räntesats har genomförts för att se hur valet av räntesats påverkar slutresultatet.

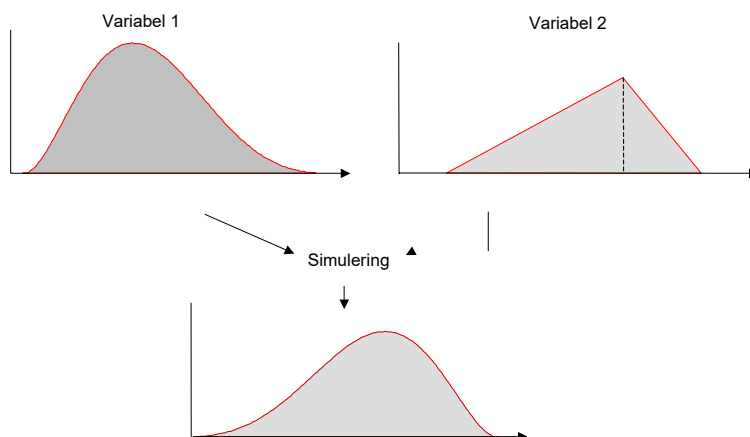
Tidshorisonten är också av stor betydelse bl.a. eftersom en längre tidshorisont innebär att åtgärden skyddar mot skadekostnader under en längre tid. Sweco har i flera utredningar valt att använda tidshorisonten 100 år alternativt perioden från innevarande år till år 2100. Detta med hänsyn till tillgänglig information och tillförlitlighet i det statistiska underlaget och modellberäkningar för översvämningarnas återkomsttider. I analyserna antas vanligen att förhållanden rörande bebyggelse, markanvändning, samhällsfunktioner, mm är konstant under den valda tidshorisonten.

I denna utredning har en tidshorisont på 100 år (perioden 2021-2120) och 130 år (perioden 2021-2150) använts efter önskemål från länsstyrelsen och Kungsbacka stad. Detta för att jämföra utfallet beroende på val av tidshorisont. Osäkerheterna med beräkningar så långt in i framtiden är mycket stora, men med diskonteringsräntans effekt blir kostnads- och nyttoposternas värden långt in i framtiden av relativt liten betydelse i beräkningarna av nuvärden. Det bedömdes i denna utredning vara motiverat att använda upp till 130 års tidshorisont.

2.5 Osäkerhets- och känslighetsanalys

Kostnads-nyttanalysen är förknippad med osäkerheter. Såväl skattningarna av nyttorna som kostnaderna måste göras utan fullständig kunskap om de verkliga utfallen. Osäkerheterna för varje variabel (kostnads- eller nyttopost) i beräkningen kan beskrivas med hjälp av statistiska osäkerhetsfördelningar.

Genom statistisk simulering (Monte Carlo) kan en osäkerhetsfördelning också för den sökta storheten, exempelvis objektfunktionen, skattas (se principiell beskrivning i Figur 2-4).



Figur 2-4. Principiell beskrivning av statistisk simulering.

Ur fördelningen för slutresultatet, exempelvis nuvärdet, 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 studera vidare i syfte att nå en säkrare skattning av den samhällsekonomiska lönsamheten för de studerade alternativen.

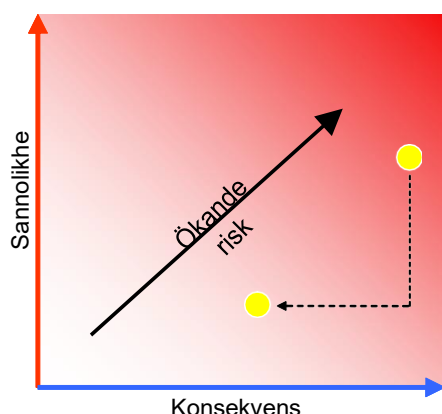
2.6 Nyttor av åtgärdslösningar

2.6.1 Minskade risker 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 istället 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 termer måste skadorna värderas ekonomiskt och det går då att tala om en *riskkostnad*. Riskkostnaden kan också benämnas *den förväntade*

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

skadekostnaden. Sammanvägningen av sannolikhet för översvämning och skadekostnad beskrivs principiellt i Figur 2-5.



Figur 2-5. Principen för sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. Risken kan minskas genom förebyggande åtgärder (minskande sannolikhet) och/eller skadebegränsande åtgärder (minskande konsekvenser).

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

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.

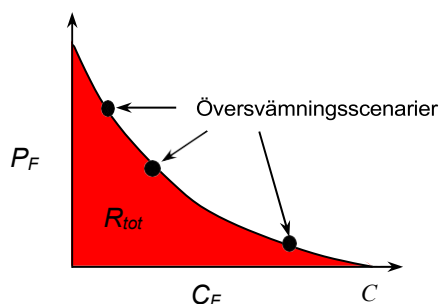
Den totala ekonomiska risken beräknas som:

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

där P_F är sannolikheten (1/återkomsttid) för översvämning (F) och C_F är skadekostnaderna till följd av översvämning (kr). Risken är således väntevärdet för skadekostnaden ($E[C]$).

Olika översvämningsscenarier och därmed olika skadekostnader 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 2-6.

Skadekostnaderna 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 översvämningstillfälles utbredning kräver omfattande hydrologiskt modelleringsarbete. Detta innebär därmed att inte heller någon exakt beräkning av R_{tot} är praktiskt möjlig.



Figur 2-6. 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 2-6, beräkna risken för några få möjliga utfall (översvämningsscenarier) och utifrån detta approximativt skatta den totala 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 skadekostnadsfunktionen utifrån relationer mellan 100-årshändelser och andra översvämningsscenarier baserat på tidigare studier. Förändringen över tid mellan startåret och slutåret i den valda tidshorisonten anges genom en s.k. klimatfaktor.

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.

I denna utredning har inga sådana tillkommande nyttor identifierats.

13(34)

2.7 Kostnader av åtgärdslösningar

Kostnaderna för åtgärderna delas in i följande:

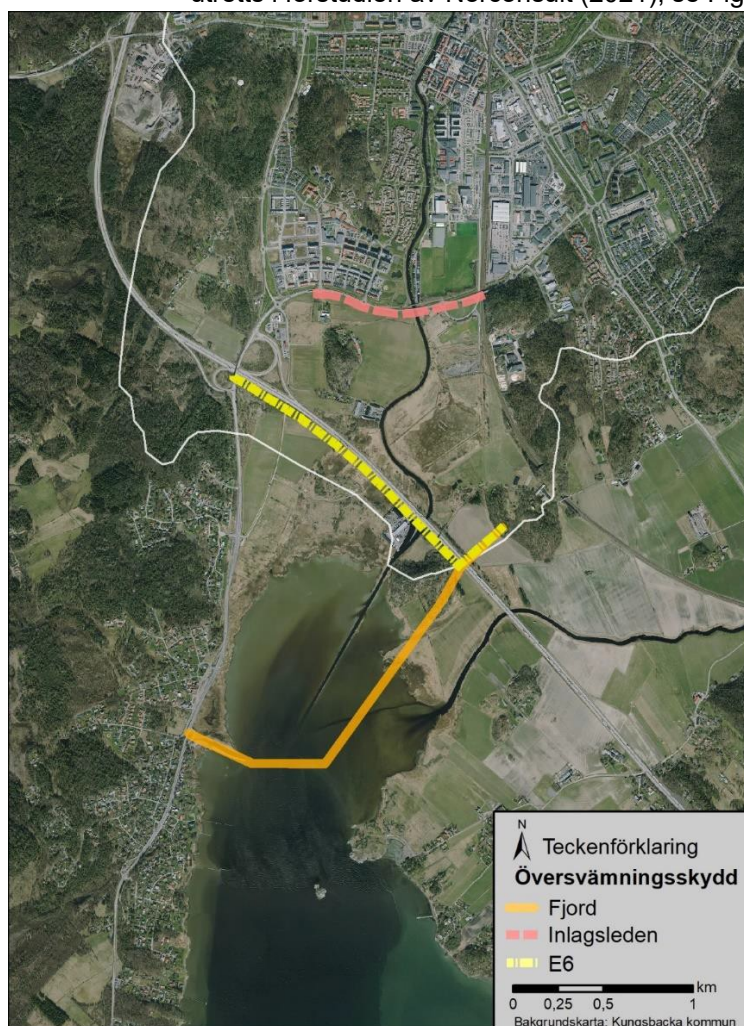
- Investeringskostnader för åtgärdens utförande och anläggning
- Drift- och underhållskostnader, dvs. kostnader för den kontinuerliga driften och underhållet av åtgärden under den studerade tidshorisonten.
- Återinvesteringar, dvs. kostnader för att ersätta hela eller delar av anläggningen under den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

Dessa kostnader utvärderas för samtliga åtgärdsalternativ och diskonteras till nuvärden. 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. Denna här typen av effekter kan värderas ekonomiskt utifrån exempelvis Trafikverkets ASEK-arbete (Trafikverket, 2020) och inkluderas i analysen.

3 Genomförande

3.1 Åtgärdsalternativ

KNA genomfördes av två åtgärdsalternativ jämfört med ett referensalternativ. Båda åtgärdsalternativen innebär en utbyggnad av ett yttre översvämningsskydd längs med väg E6, men vid olika tidpunkter. Yttre översvämningsskydd längs väg E6 har tidigare utretts i förstudien av Norconsult (2021), se Figur 3-1.



Figur 3-1. Alternativa översvämningsskydd beskrivna och utredda i förstudie av Norconsult (2021). I den föreliggande studien har kostnads-nyttoanalys genomförts av översvämningsskydd längs väg E6. I analysen har skillnader mellan utförande av översvämningsskydd åren 2021–2023 jämförts med utförande av samma skydd år 2070–2072, kompletterat med kantskydd längs Kungälvån utfört 2021–2023.

15(34)

Referensalternativ och åtgärdsalternativ har definierats enligt följande:

- Referensalternativ: Nuvarande situation, utan genomförande av klimatanpassningsåtgärder.
- Alternativ 1: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2021. Alternativ 1 innebär att alla områden uppströms väg E6, inklusive väg E6, kommer att skyddas mot översvämning av stigande nivåer i havet och Kungsbackaån.
- Alternativ 2: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2070. Detta kombineras med en utbyggnad av lokala kantskydd upp till +2,35 meter längs Kungsbackaån för att säkra nuvarande byggnader, planerad bebyggelse och trafikområden fram till att det yttre skyddet är anlagt. Bedömd längd på kantskydd är cirka 3000 meter. I övrigt är Alternativ 1 och 2 lika ur skyddssynpunkt.

3.2 Tidshorisont

Valet av tidshorisont ska spegla det tidsperspektiv som beslutsfattaren har för det projekt som avses att genomföras. Det kan baseras på teknisk och ekonomisk livslängd för åtgärdslösningar men också för hur länge det är önskvärt att beslutet får effekt, även om tekniska åtgärder behöver uppgraderas under tiden. Valet av tidshorisont påverkas också av tillgång till information med god tillförlitlighet. Ytterligare en aspekt är livslängden på fastigheter som ska skyddas där nyproduktion förväntas stå kvar i minst 100 år.

I denna studie har analys utförts med en tidshorisont på 100 år (2021-2121). För att undersöka effekten av en ännu längre tidshorisont gjordes känslighetsanalys där tidshorisonten sattes till ca 130 år (2021-2150).

3.3 Diskonteringsränta

KNA:n gjordes med en diskonteringsränta på 1,4 procent i enlighet med Stern-rapporten (Stern, 2006). En känslighetsanalys gjordes genom att jämföra resultaten med beräkningar med en räntesats på 3,5 procent, i enlighet med Trafikverkets ASEK-system (Trafikverket, 2020).

3.4 Skadeobjekt och samhällsekonomisk risk

Denna analys har utförts som en *Förenklad analys* i FloodMan-verktyget (Rosén & Nimmermark, 2018). Härvid har identifiering av skadeobjekt (byggnader, väg- och spåranläggningar, industri- och handelsverksamheter och trafikstörningar) genomförts för referensalternativet genom GIS-analys för följande havsvattennivåer:

- 20-årsnivå år 2021, +1,55m
- 100-årsnivå år 2021, +1,85m
- 20-årsnivå år 2100, +2,65m (IPCC, 2019)
- 100-årsnivå år 2100, +2,95m (IPCC, 2019)

Nivåerna svarar mot 95-percentiler i SMHI:s data (SMHI, 2018) för att ta höjd för osäkerheter i nivåangivelser. Härvid har en GIS-analys genomförts för referensalternativet för att analysera vilka skadeobjekt som drabbas vid en 20-årsnivå respektive en 100-årsnivå under startåret 2021.

Nivåerna är även avstämda mot IPCC:s rapport AR6 (2021).

Resultaten från identifieringen av skadeobjekt redovisas i Tabell 3-1.

Tabell 3-1. Identifierade skadeobjekt för olika översvämningsscenarier (återkomsttider för 20-respektive 100-årsnivåer år 2021 och 2100).

Kategori	Enhet	20- årsnivå 2021	100- årsnivå 2021	20- årsnivå 2100	100- årsnivå 2100
Industri	antal	0	0	7	17
Flerbostadshus	antal	3	8	87	140
Offentlig byggnad	antal	0	2	27	41
Transformator	antal	0	1	7	7
Handelsbyggnad	antal	1	6	33	50
Småhus	antal	0	7	57	114
Uthus	antal	18	51	248	430
Parkering	antal	5	130	2260	3800
Järnväg	meter	-	-	3200	3200
Motorväg	m ²	-	800	18 400	18 400
Huvudled	m ²	-	450	26 400	39 700
Lokalväg	m ²	3000	9000	74 000	103 000
ÅDT bil E6	antal/dygn	40 000*			
ÅDT tung trafik E6	antal/dygn	6 000*			
ÅDT biltrafik Kungsbacka	antal/dygn	18 000*			
ÅDT tung trafik Kungsbacka	antal/dygn	1800*			
Persontåg södra infarten	antal/dygn	100*,**			
Godståg södra infarten	antal/dygn	20*,**			
Busstrafik	antal/dygn	100*			

*För trafikrörelser har relationen till övriga scenarier antagits vara densamma som relationen för övriga kategorier i medeltal. För trafikrörelser anges summerade värden för båda riktningar av väg och spårtrafik.

**För spårtrafik har antagits att översvämning av spår kan ske vid en 100-årshändelse ca år 2050.

17(34)

Effekter på vägtrafik har bedömts utifrån Trafikverkets trafikflödeskarta, trafikanalys av Ramböll (2018) samt uppgifter från Kungsbacka kommun. Trafikflöden väg E6 redovisas i Tabell 3-2.

Tabell 3-2. Trafikflöden på väg E6 förbi det område som skyddas mot översvämning av yttre barriär (<https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>, 2021-10-28).

Avsnitt	Fr o m	Till	Mätkod	Mätår	Mätriktning	ADT(OS) Samtliga fordon	ADT(OS) Lastbilar	ADT(OS) Axelpar
6120107	1994-01-01	1998-01-01	2	1993	1	7560±(11%)	770±(14%)	8610±(11%)
6120107	1997-01-01	1998-01-01	2	1993	2	8050±(11%)	760±(14%)	9060±(11%)
6120107	1998-01-01	2002-01-01	2	1998	1	9810±(6%)	1120±(8%)	11310±(6%)
6120107	1998-01-01	2002-01-01	2	1998	2	9490±(10%)	1120±(9%)	10980±(10%)
6120107	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	1	11780±(6%)	1480±(8%)	13700±(6%)
6120107	2002-01-01	2006-01-01	2	2002	2	11460±(6%)	1420±(8%)	13230±(6%)
6120107	2006-01-01	2011-01-01	2	2006	1	14220±(10%)	2010±(9%)	16720±(10%)
6120107	2006-01-01	2011-01-01	2	2006	2	14800±(9%)	1880±(9%)	16840±(9%)
6120107	2011-01-01	2014-01-01	2	2011	1	15380±(12%)	2220±(9%)	17910±(12%)
6120107	2011-01-01	2014-01-01	2	2011	2	14910±(8%)	2130±(7%)	17340±(8%)
6120107	2014-01-01	2018-01-01	2	2014	1	16730±(6%)	2360±(7%)	19410±(6%)
6120107	2014-01-01	2018-01-01	2	2014	2	15840±(6%)	2160±(7%)	18250±(6%)
6120107	2018-01-01	2020-01-01	3	2018	1	18030	2780	20770
6120107	2018-01-01	2020-01-01	3	2018	2	18290	2740	21080
6120107	2020-01-01	9999-12-31	2	2020	1	16270±(9%)	2760±(7%)	19060±(9%)
6120107	2020-01-01	9999-12-31	2	2020	2	16080±(7%)	2580±(5%)	18830±(7%)

Observera att ADT-siffrorna för mätåret 2020, rödmarkerat år, kan vara påverkade av COVID-19.

Ramböll (2019) beräknade att genomfartstrafiken genom centrala Kungsbacka är ca 9300 fordon per dygn. Antalet tågrörelser har baserats på Trafikverkets rapport om järnvägsrörelser till, från och förbi Kungsbacka (Trafikverket, 2019).

Såväl väg- som järnvägstrafik förväntas öka under kommande decennier. Ramböll (2018) bedömer att trafiken på väg E6 kommer att öka med cirka 8000 fordon per dygn fram till år 2030. 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. Utifrån detta har följande antaganden gjorts:

- Representativt värde för årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) för bilar på E6 år 2021 är cirka 40 000 +/- 10 procent utifrån trafikflöden redovisade i Tabell 3-2.
- Representativt värde för årsmedeldygnstrafiken (ÅDT) för tung trafik på E6 år 2021 är cirka 6 000 +/- 10 procent utifrån trafikflöden redovisade i Tabell 3-2.
- Utifrån Rambölls (2019) beräkning att genomfartstrafiken i Kungsbacka är 9300 fordon per dygn har en mycket grov uppskattning att det dubbla antalet kan

drabbas av trafikförsening av en 100-årshändelse i Kungsbacka. Här antas alltså att trafiken inom Kungsbacka som inte är genomfartstrafik är av samma omfattning som genomfartstrafiken.

- Andelen tunga fordon inom Kungsbacka som kan drabbas av översvämning vid en 100-årshändelse uppskattas till cirka 10 procent av det totala antalet fordonsrörelser med bil.
- Utifrån Trafikverket (2019) har antalet tågrörelser på södra infarten till Kungsbacka uppskattats. Representativa värden har antagits vara 100 persontåg och 20 godståg +/- 10 i båda riktningarna. Under 2021 kommer inte en 100-årshändelse att kunna orsaka trafikförseningar på järnväg. I beräkningarna antas att järnvägsförseningar kan uppstå cirka 2050.
- Ökningen av riskkostnaden till följd av trafikstörningar har antagits vara densamma som för övriga skadeobjekt, dvs cirka 2,6 procent per år under hela tidsperioden.

Risker för trafikförseningar har värderats enligt schablonvärden för försening av vägtrafik och spårtrafik (se Trafikverket, 2020 och Rosén & Nimmermark, 2018). Det har här antagits att en översvämning varar i medeltal 6 timmar och att en resenär fördröjs i cirka 1 timma.

Med hjälp av skadekostnadsschabloner (enhetspriser) i FloodMan (se Bilaga 1) kan en skadekostnad beräknas för dessa två översvämningsscenarier. Enhetspriserna har uppdaterats år 2018 och uppräknats därefter med konsumentprisindex (KI).

Därefter skattas skadekostnaderna också för andra översvämningsscenarier (5, 10, 50 år 200 års återkomsttid) genom att anta att *relationen* mellan de olika översvämningsscenarierna (skadekostnader för olika återkomsttider) är densamma som för Göteborgs hamn, se Sweco (2014) och Rosén & Nimmermark (2018). Detta ger relationen mellan återkomsttid och skadekostnad (*skadekostnadsfunktion*).

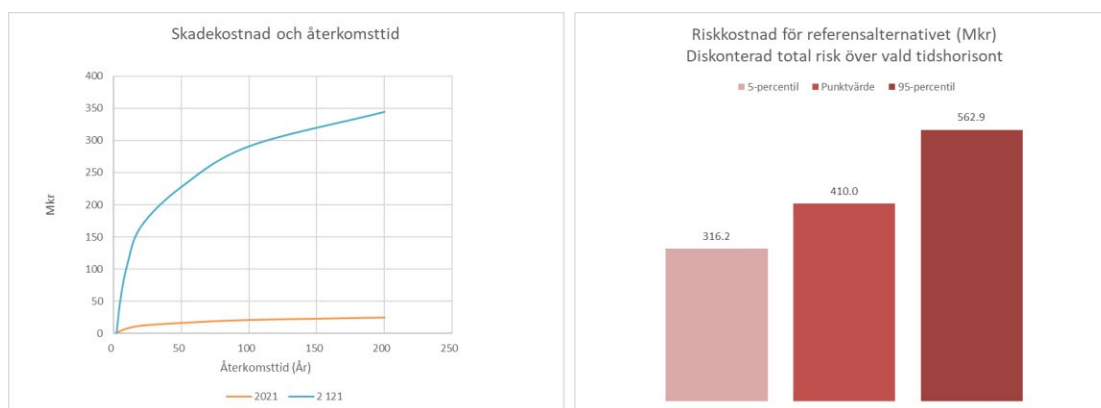
Som ovan nämnts förväntas återkomsttid för specifika vattennivåer att ändras över tiden på grund av klimatförändringarna. Därmed förändras också skadekostnadsfunktionen över tid. Därför genomfördes också GIS-analyser för att identifiera skadeobjekt för 20- respektive 100-årsnivåer både år 2021 och år 2100. Vid beräkningarna har antagits att ökningen av skadekostnaden för respektive för respektive översvämningsscenario (specifik återkomsttid) sker linjärt över den studerade tidshorisonten i enlighet med relationen mellan skadekostnader för en 100-årsnivå år 2021 och år 2100. Det antas alltså att förändringen av skadekostnadsfunktionen sker i samma takt efter år 2100 som mellan startåret och fram till år 2100.

Skadekostnadsfunktionen (skadekostnad som en funktion av återkomsttid) för det aktuella området har beräknats enligt ovan beskriven metodik för vald tidshorisont och med en diskonteringsränta på 1,4 procent i enlighet med rekommendationerna från Sternrapporten (2006) för samhällsekonomiska kalkyler av åtgärder för klimatanpassning.

På grund av osäkerheter i skattningen av skadekostnadsschabloner (enhetspriser) samt i vilken omfattning olika skadeobjekt verkligen drabbas av skador har osäkerhetsfördelningar ansatts för dessa variabler.

Beräkningarna visar att nuvärdet för skaderisken över den valda tidshorisonten är cirka 410 Mkr, med ett osäkerhetsintervall (90-procentigt) mellan 316 och 563 Mkr. Det ska påpekas att det inom ramen för denna utredning inte varit möjligt att värdera ett flertal olika typer av kostnader som kan komma att uppstå vid översvämningar inom det aktuella området. Exempelvis har inte effekter på människors hälsa, miljö och många samhällsviktiga funktioner varit möjliga att värdera. De beräknade riskkostnaderna bedöms därför vara underskattningar av den verkliga samhällsekonomiska risken till följd av översvämningar i området.

Som kan ses från Figur 3-2 är det en förändring (cirka 14 gånger högre kostnad för motsvarande återkomsttid, ej diskonterade värden) av skadekostnadsfunktionen mellan start- och slutåret, vilket visar att riskerna i samhället ökar påtagligt över tid.



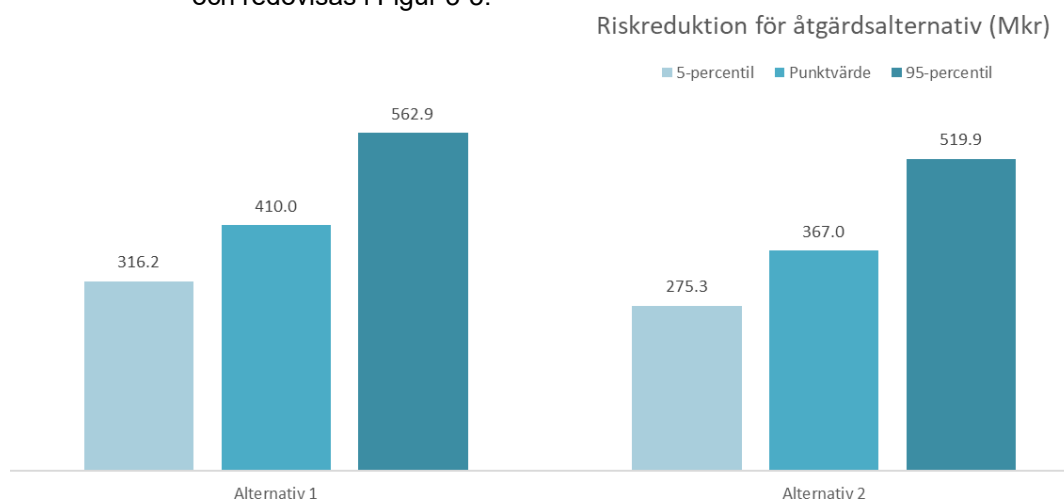
Figur 3-2. Skadekostnadsfunktion och beräknade totala riskkostnader för referensalternativet för en tidshorisont på 100 år. Räntesats = 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

3.5 Åtgärdernas nyttor

Åtgärdernas nyttor utgörs i denna utredning av minskad skaderisk. För Alternativ 1 antas att åtgärden tar bort all risk för översvämning från stigande nivåer i havet under den valda tidshorisonten. För Alternativ 2 anläggs den yttre barriären först år 2070, men mellan år 2021–2023 kompletteras kantskydden längs Kungsbackaån. Detta leder till att all befintlig och framtida bebyggelse, verksamheter och vägtrafik i Kungsbacka förutom vägtrafiken och väganläggningen på väg E6 samt järnvägstrafiken och järnvägsanläggningen helt skyddas mot översvämningar från stigande nivåer i havet. Fram till år 2070 kvarstår

således i Alternativ 2 risken för översvämning och störning på vägtrafiken på väg E6 samt tågtrafiken till och från Kungsbacka söderut.

Riskreduktionen till följd av de genomförda åtgärdsalternativen har beräknats i FloodMan och redovisas i Figur 3-3.



Figur 3-3. Riskreduktion till följd av genomförande av åtgärdsalternativen. Diagrammet visar den beräknade riskreduktionen under 100 år med diskonteringsräntan 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

3.6 Åtgärds kostnader

Åtgärds kostnader redovisas i Figur 3-4.

Åtgärds kostnaderna har uppskattats enligt följande:

- Alternativ 1: Yttre barriär utförd 2022–2023 med en uppskattad total kostnad på 525–790 miljoner kronor. Den totala kostnaden omfattar kostnadsuppskattning för yttre översvämningsskydd från Norconsults (2021) uppskattning samt det lokala kantskyddet längs med ån (40 Mkr). Det har i denna KNA antagits att kostnaderna för kantskydd längs med ån vid Kollaberget inte kan räknas bort eftersom dessa kantskydd har antagits finnas på plats vid identifieringen av skadeobjekt, se ovan.
- Alternativ 2: Yttre barriär utförd 2070–2072 till en uppskattad kostnad på ca 380–565 miljoner kronor. För den yttre barriären är den reala investeringskostnaden densamma som för Alternativ 1 men pga. diskonteringseffekten blir nuvärdet av den totala kostnaden avsevärt lägre. I denna kostnad ingår också kostnaden för kantskydd som antas genomföras 2021–2023 till en kostnad av 120 - 180 miljoner kronor.

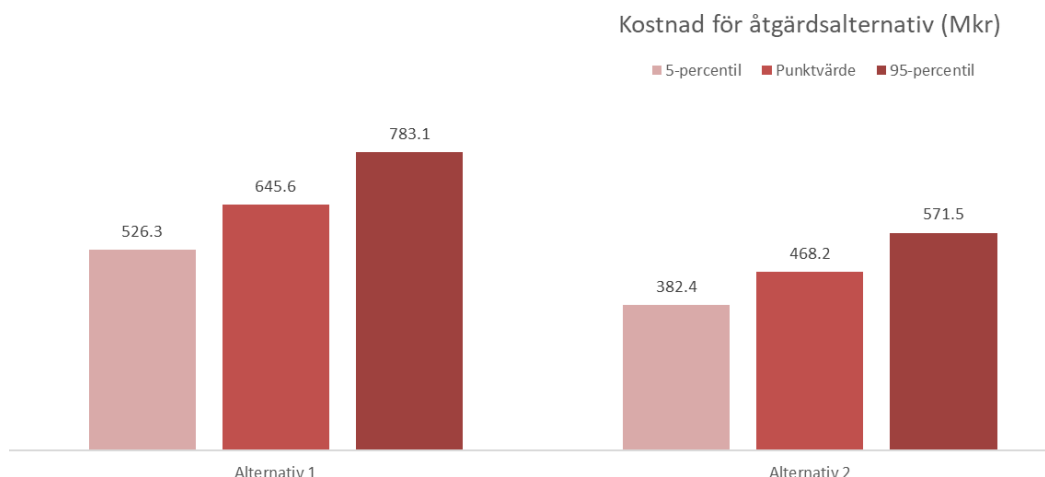
21(34)

22(34)

RAPPORT

2021-11-02

KOSTNADS-NYTTOANALYS AV YTTRE
ÖVERSVÄMNINGSSKYDD MOT HÖGA HAVSNIVÅER
KUNGSBACKA



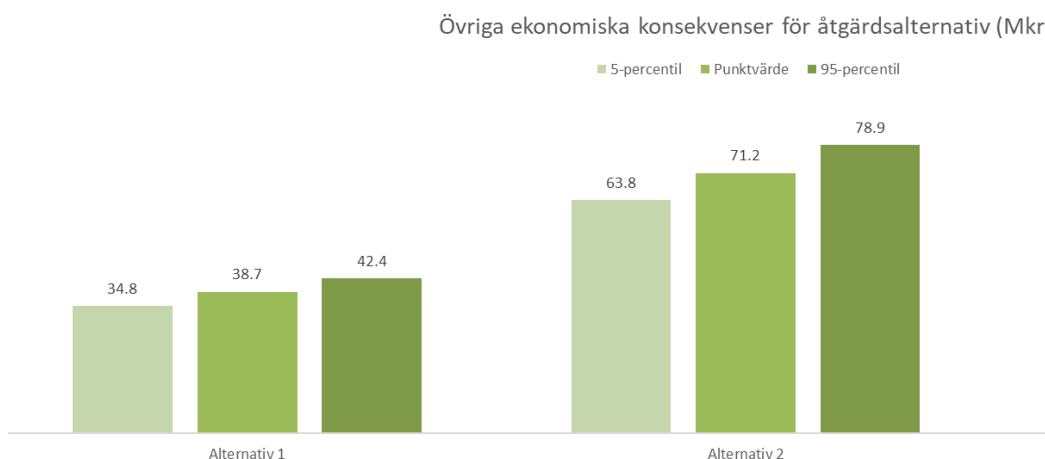
Figur 3-4. Det beräknade nuvärdet av åtgärdskostnader. Diagrammet visar den beräknade åtgärdskostnaden under 100 år med diskonteringsräntan 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

3.7 Övriga nyttor och kostnader till följd av åtgärderna

Det har inte varit möjligt att inom ramen för denna utredning göra någon djupare analys av andra ekonomiska effekter i samhället, förutom riskreduktionen, till följd av åtgärderna. Åtgärderna kan i sig innebära effekter på exempelvis fastighetsvärden genom möjligheter för exploatering och tillgång på ekosystemtjänster (exempelvis rekreation) som inte kunnat värderas här. Det har bedömts att dessa värden sannolikt inte skiljer sig åt mellan alternativen och att det därför inte kommer att kunna påverka rangordningen mellan åtgärdsalternativen.

En övrig nyttopost som kvantifierats är emellertid restvärdet av de skyddsåtgärder som genomförs. Det har här gjorts en rimlighetsbedömning av Sweco att en barriär längs väg E6 har en teknisk livslängd på cirka 150 år. Med en linjär avskrivning över tiden från att åtgärderna anläggs kommer det att finnas ett restvärde för både Alternativ 1 och 2, men restvärdet är högre i Alternativ 2 eftersom barriären inte då är lika gammal vid tidsperiodens slut (år 2121). För kantskydd längs Kungsbackaån antas inget restvärde finnas kvar vid tidsperiodens slut.

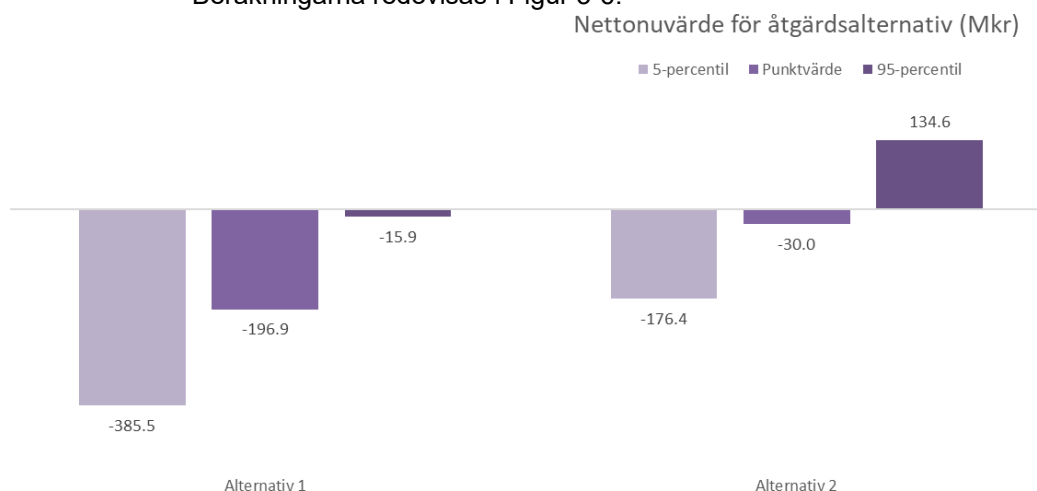
Restvärden har beräknats som summan av nuvärdena för återstående årliga avskrivningar från slutåret på tidshorisonten (2121) till slutpunkten för barriärens tekniska livslängd (150 år efter anläggning). Restvärden för de båda åtgärdsalternativen redovisas som *Övriga ekonomiska konsekvenser* i Figur 3-5.



Figur 3-5. Det beräknade nuvärdet av Övriga ekonomiska konsekvenser, här restvärdet för barriären längs väg E6. Diagrammet visar det beräknade restvärdet med diskonteringsräntan 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

3.8 Beräkning av nettonuvärden

Utifrån de beräknade nyttorna, i form av minskade risker för översvämning och övriga nyttor (restvärden), samt de beräknade åtgärds kostnaderna har en beräkning av nettonuvärdet för översvämningssåtgärderna genomförts i enlighet med ekvation 1 ovan. Beräkningarna redovisas i Figur 3-6.



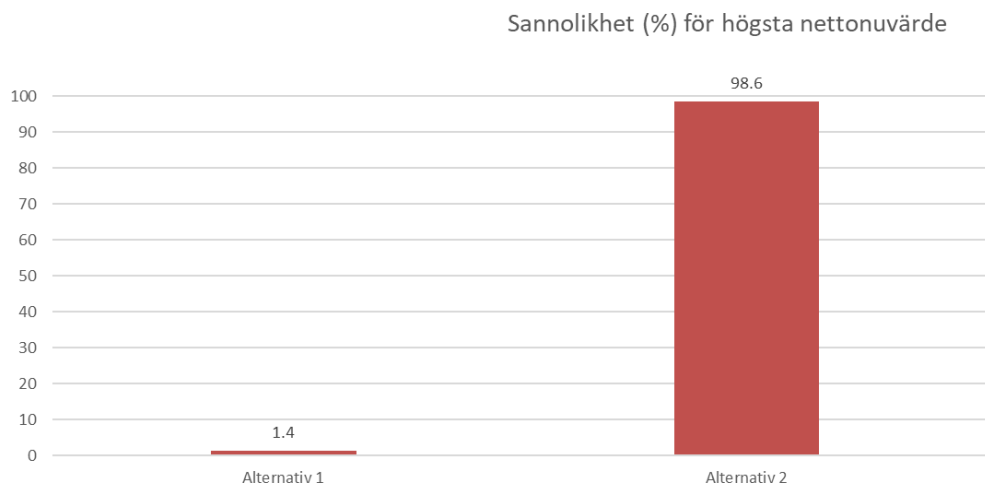
Figur 3-6. Nettonuvärden för åtgärdsalternativen under 100 år med diskonteringsräntan 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

Alternativ 2, Yttre barriär utförd år 2070 och med kantskydd längs Kungsbackaån fram tills barriär byggs, framstår som den samhällsekonomiskt bästa lösningen.

Som framgår av beräkningarna av åtgärdernas nettonuvärde (samhällsekonomiska lönsamhet) uppvisar båda alternativen negativ lönsamhet för sitt mest troliga värde (punktvärde). För Alternativ 2 finns en betydande sannolikhet att kunna uppnå lönsamhet (positivt nettonuvärde) på cirka 40 procent.

Fokus på dock inte vara på den samhällsekonomiska lönsamhetens absolutvärde utan snarare rangordningen mellan alternativen. Detta eftersom flera nyttor inte varit möjliga att kvantifiera inom ramen för denna analys, exempelvis effekterna på fastighetsvärden till följd av ökade möjligheter för exploatering och förtätning av staden, effekter på tillgång till ekosystemtjänster, människors oro eller fysiska hälsa. Dessa effekter har bedömts vara någorlunda likvärdiga för de båda alternativen men skulle naturligtvis kunna göra att åtgärdernas nettonuvärden ökar så att åtgärderna uppvisar en samhällsekonomisk lönsamhet.

Som framgår av diagrammet ovan är beräkningarna av åtgärdernas nettonuvärden förknippade med stora osäkerheter, vilket är ett resultat av osäkerheterna i indata till beräkningarna. Utifrån osäkerheten i modellens indata kan en beräkning av sannolikheten att respektive åtgärdsalternativ är mest lönsamt göras, se Figur 3-7.



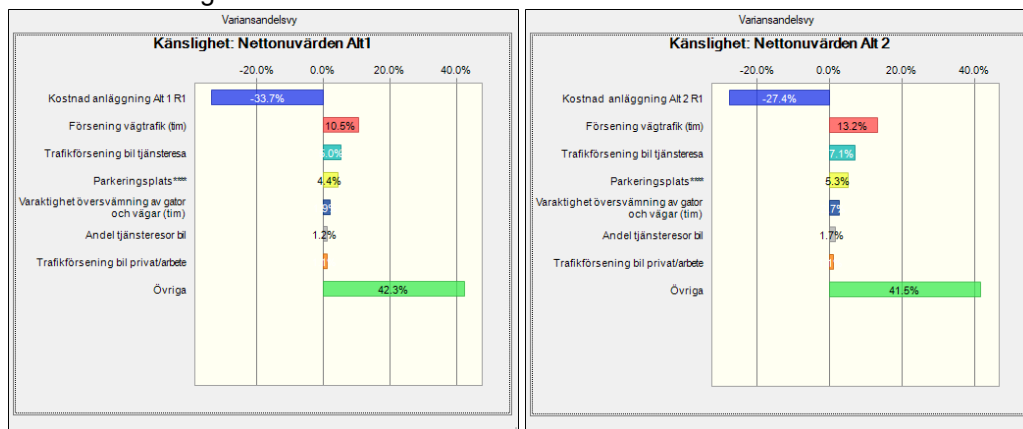
Figur 3-7 Sannolikheten att respektive åtgärdsalternativ är mest lönsamt (har högst nettonuvärde) med diskonteringsräntan 1,4 %.

Diagrammet visar att Alternativ 2 med hög grad av säkerhet (mer än 98 procent) är det samhällsekonomisk bästa alternativet.

3.9 Känslighetsanalys

En känslighetsanalys har genomförts för att identifiera vilka variabler i beräkningarna som ger störst bidrag till den totala osäkerheten i slutresultatet (nettonuvärdet). I FloodMan görs känslighetsanalys med hjälp av Monte Carlo analys av samtliga beräknade nettonuvärden, se Figur 3-8. Känslighetsanalysen ger vägledning kring vilka variabler som ytterligare information är mest värdefull för att minska den totala osäkerheten i beräkningen av den samhällsekonomiska lönsamheten.

Som framgår av diagrammet bidrar åtgärdskostnaderna och variabler som ingår i beräkningar av trafikförseningar mest till den totala osäkerheten. Också värderingen av parkeringsplatser bidrar med betydande osäkerhet eftersom antalet parkeringsplatser är stort och en viktig del av den totala risken.

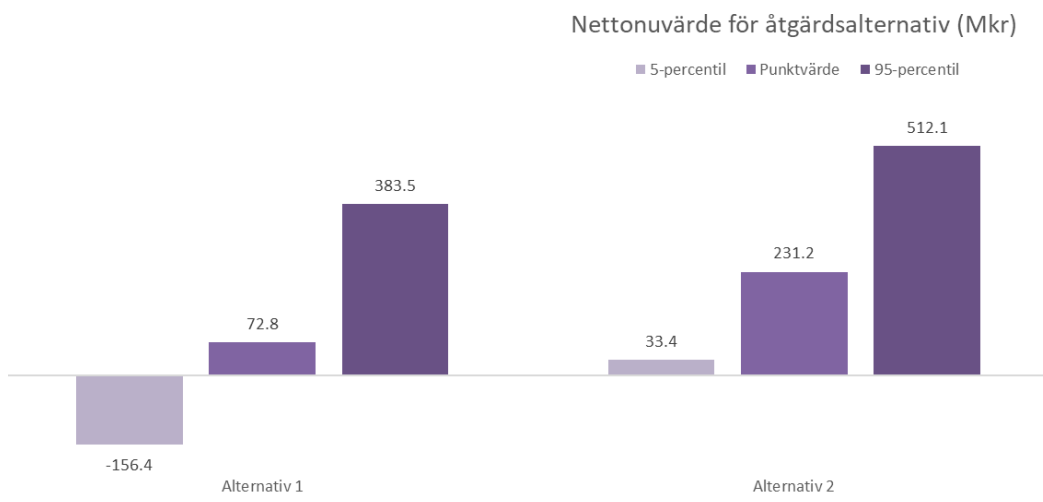


Figur 3-8. Känslighetsanalys för beräknade nettonuvärden.

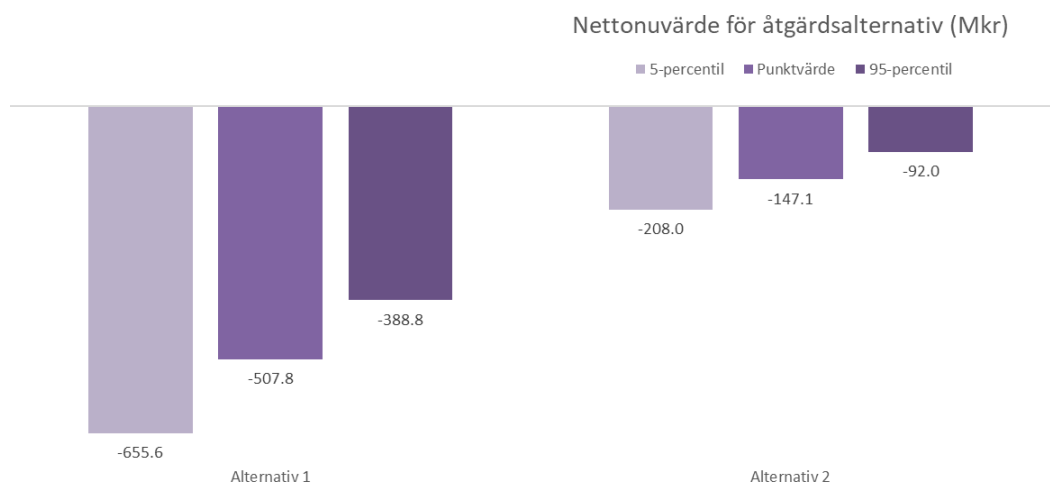
Förutom känslighetsanalysen med avseende på ingående variabler har också en känslighetsanalys utförts mot några olika scenarier med förändrad räntesats och/eller tidshorisont.

Nedan redovisas beräkningar av nettonuvärden med:

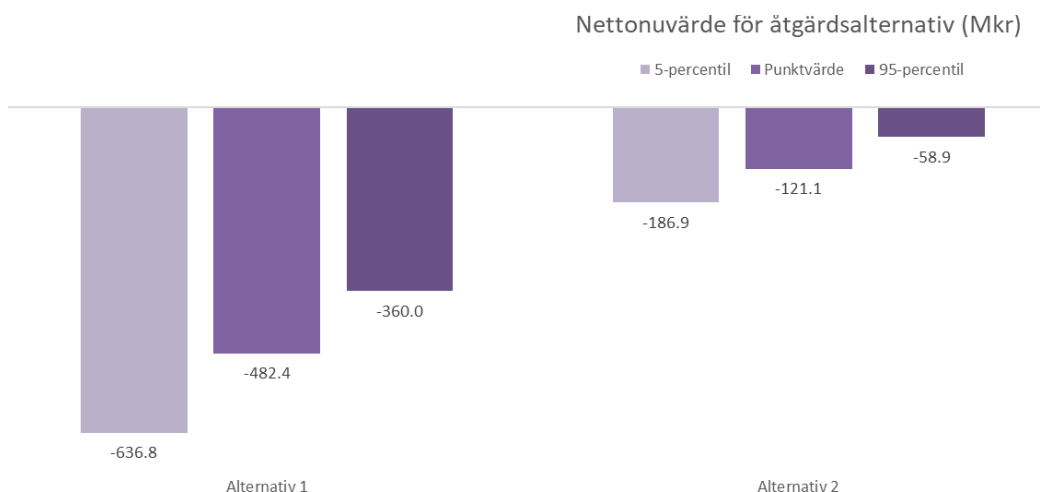
- 1,4 % räntesats och med tidshorisonten 130 år, dvs 2021-2150 (Figur 3-9)
- 3,5 % räntesats och med tidshorisonten 100 år, dvs 2021-2121 (Figur 3-10)
- 3,5 % räntesats och med tidshorisonten 130 år, dvs 2021-2150 (Figur 3-11)



Figur 3-9. Nettonu värden för åtgärdsalternativen under 130 år med diskonteringsräntan 1,4 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.



Figur 3-10. Nettonu värden för åtgärdsalternativen under 100 år med diskonteringsräntan 3,5 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.



Figur 3-11. Nettonuvärden för åtgärdsalternativen under 130 år med diskonteringsräntan 3,5 %. Stapeln i mitten visar ett förväntat utfall (väntevärde), 5-percentilstapeln (till vänster) visar ett rimligt lägsta utfall och 95-percentilstapeln (till höger) visar ett rimligt högsta utfall.

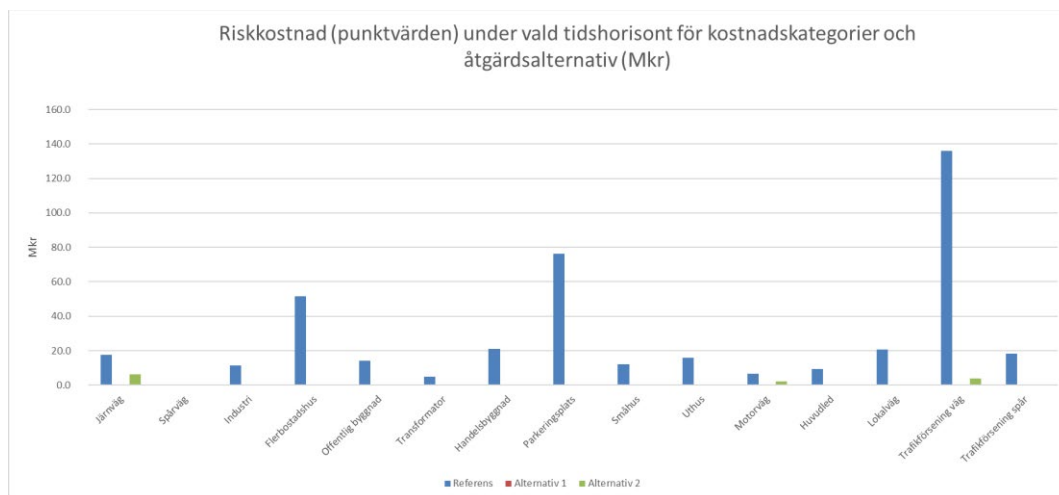
Som framgår av diagrammen ovan så innebär en längre tidshorisont med diskonteringsräntan 1,4 procent att båda åtgärdsalternativen blir samhällsekonomiskt lönsamma trots att alla nyttor inte kunnat kvantifieras. Alternativ 2 är mera lönsamt med hög grad av sannolikhet (>90 procent).

När räntesatsen höjs till 3,5 procent blir båda åtgärdsalternativen olönsamma oavsett tidshorisontens längd. Alternativen blir dock mindre olönsamma vid en längre tidshorisont. Att åtgärdernas nettonuvärden minskar vid en högre räntesats beror på att nyttor (här riskminskning) långt in i framtiden då diskonteras ner så hårt att de får mycket låga värden.

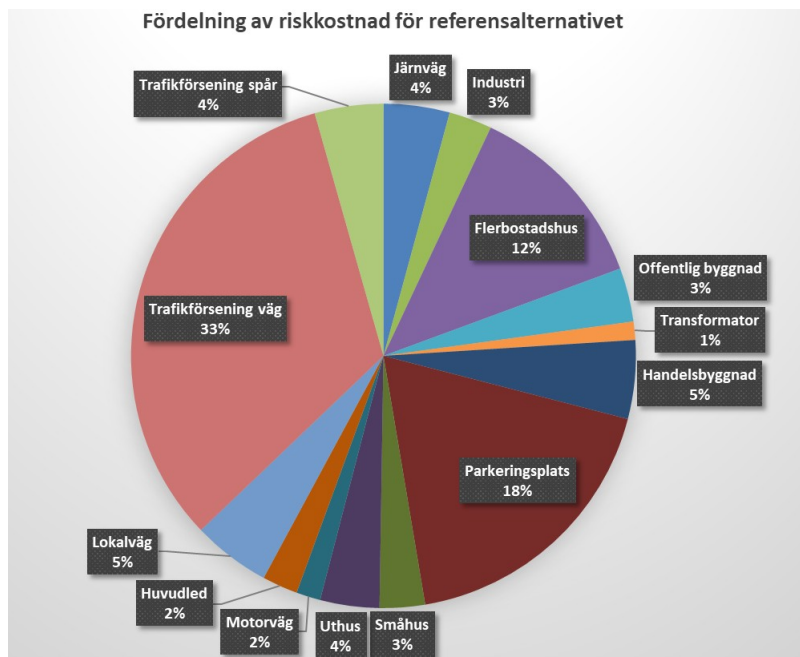
För samtliga av dess scenarier så presterar Alternativ 2 bättre än Alternativ 1. Kostnads-nyttoanalysen kan därmed sägas vara mera robust vad gäller rangordningen mellan alternativen än vad gäller den samhällsekonomiska lönsamhetens absolutvärden.

3.10 Fördelningsanalys

Det har inte i denna utredning varit möjligt att genomföra någon detaljerad fördelningsanalys med avseende på kostnader och nyttor. FloodMan ger dock möjlighet att se fördelningen av riskkostnader mellan olika kostnadskategori, vilket ger viss vägledning av hur riskreduktionen (huvudsakliga nyttor) till följd av åtgärder fördelas på olika aktörer i samhället, se Figur 3-12 och Figur 3-13.



Figur 3-12. Fördelning av riskkostnad (Mkr) per kostnadskategori och åtgärdsalternativ. Riskkostnaden redovisas för de studerade åtgärdsalternativen.



Figur 3-13. Fördelning av riskkostnad (%) per kostnadskategori och åtgärdsalternativ.

Som framgår av diagrammen så utgör trafikförseningar, skador på fordon på parkeringsplatser och skador på flerbostadshus de största riskkostnaderna. Följaktligen

får också dessa objekt och verksamheter de största nyttorna vid genomförande av översvämningsskydden. Som ovan nämnts är detta ingen detaljerad fördelningsanalys men den ger ändå en grov bild av hur risker och nyttor till följd av riskminskning fördelas, vilket bör vägas in i bedömningar av hur kostnadsfördelning av åtgärder bör ske.

3.11 Ej kvantifierade effekter

Som ovan nämnts är riskkostnaderna i denna KNA sannolikt underskattade. Det har inte varit möjligt att kvantifiera människors olägenhet eller oro, samhällsviktiga funktioner, negativa miljö- eller hälsoeffekter. Vidare har värderingen av skador gjorts *ex post*, vilket innebär att människors riskpreferenser inte beaktats, dvs vad människor skulle vara villiga att betala för att undvika översvämningar. Detta skulle kunna göras med en värdering *ex ante*, men detta har inte varit möjligt här.

Det har inte heller varit möjligt att kvantifiera många potentiella nyttor av dessa åtgärder utöver minskning av skaderisk. Exempel på potentiella nyttor är ökade fastighetsvärden till följd av att detaljplaner kan etableras i områden som översvämningsskyddas, ökad tillgång till ekosystemtjänster såsom ökade rekreationsmöjligheter och minskad belastning på recipient genom exempelvis förbättrad dagvattenhantering eller mera reglerade flödes- och nivåsituationer som begränsar erosion av förorenade områden längs ån, bland många fler.

I analysen har inte heller klimatavtryck som följer av byggnation och materialåtgång kvantifierats. Den klimatkostnad som uppstår i samband med byggnation av det yttre skyddet, materialåtgången för Alternativ 1 och Alternativ 2 samt kantskyddet i Alternativ 2 behöver i framtida studier beaktas och ställas mot ett potentiellt klimatavtryck av att inte genomföra några åtgärder. Det finns ekonomiska värderingstal för utsläpp av växthusgaser, partiklar, andra luftemissioner, materialförbrukning, etc. Det har dock inte varit möjligt att kvantifiera dessa effekter inom ramen för detta arbete.

4 Slutsatser och rekommendationer

Denna kostnads-nyttoanalys har utförts för följande åtgärdsalternativ rörande yttre skydd mot översvämning av Kungsbacka:

- Referensalternativ: Nuvarande situation, utan genomförande av klimatanpassningsåtgärder.
- Alternativ 1: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2021. Alternativ 1 innebär att alla områden uppströms väg E6, inklusive väg E6, kommer att skyddas mot översvämning av stigande nivåer i havet och Kungsbackaån.
- Alternativ 2: Yttre barriär längs väg E6 till en nivå på +3,5 m över nuvarande havsnivå med utbyggnad under tre år med start år 2070. Detta kombineras med en utbyggnad av lokala kantskydd upp till +2,35 meter längs Kungsbackaån för att säkra nuvarande byggnader, planerad bebyggelse och trafikområden fram till det yttre skyddet är anlagt. Bedömd längd på kantskydd är cirka 3000 meter. Alternativ 2 innebär att väg E6 inte kommer att få något översvämningsskydd fram till år 2070. I övrigt är Alternativ 1 och 2 lika ur skyddssynpunkt.

Utifrån den genomförda kostnads-nyttoanalysen har följande slutsatser dragits:

- Det är samhällsekonomiskt fördelaktigt att vänta med att bygga en yttre barriär längs väg E6 till ca 2070 och istället säkra befintlig och framtida bebyggelse, anläggningar och verksamheter genom kantskydd längs Kungsbackaån.
- Vid en tidshorisont på 100 år uppvisar båda de studerade åtgärdsalternativen negativ samhällsekonomisk lönsamhet.
- Vid en längre tidshorisont (2021–2150) uppvisar båda åtgärdsalternativen positiv samhällsekonomisk lönsamhet med en diskonteringsränta på 1,4 procent.
- Flera nyttor har inte kunnat kvantifieras, såsom effekter på samhällsviktiga funktioner, människors oro, människors hälsa, effekter på fastighetsvärden för områden som kan exploateras efter översvämningsskydd, minskad föroreningsutbredning till följd av minskad erosion av strandkanter längs Kungsbackaån, etc. Nyttorna bedöms därmed vara underskattade för båda åtgärdsalternativen.
- De nyttor som inte kunnat kvantifieras bedöms totalt sett vara likvärdiga för de två alternativen och bör inte kunna ändra alternativens rangordning.
- Analysen bör därmed fokuseras mera på skillnaderna i samhällsekonomisk lönsamhet än lönsamhetens absoluta värden.
- I analysen har inte heller klimatavtryck som följer av byggnation och materialåtgång kvantifierats. Den klimatkostnad som uppstår i samband med byggnation av det yttre skyddet samt materialåtgången för Alternativ 1 och

Alternativ 2 samt kantskyddet i Alternativ 2 behöver i framtida studier beaktas och ställas mot ett potentiellt klimatavtryck av att inte genomföra några åtgärder.

- En enkel fördelningsanalys visar att de största bidragen till den samhällsekonomiska risken kommer från risker för trafikförseningar, skador på uppställda fordon på parkeringsplatser samt handelsbyggnader och verksamheter. Det är också för dessa objekt och verksamheter som nyttorna till följd av minskad risk blir som störst. Detta bör beaktas vid bedömning av hur kostnader för översvämningsskydd bör fördelas.

Rekommendationen utifrån den genomförda kostnads-nyttoanalysen är att säkra Kungsbackas bebyggelse, trafik och verksamheter genom anläggning av kantskydd längs Kungsbackaan i närtid. Därefter kan ett yttre skydd vara motiverat fram emot 2070 när riskerna för höga nivåer i havet är mera omfattande.

Slutligen bör det påpekas att den typ av analys som gjorts här 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. Analysen är emellertid en betydelsefull del i det underlag som behövs för en rimlig och välgrundad användning av samhälleliga resurser.

5 Referenser

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.

DHI. 2009: Kungsbackaån – översvämningsutredning.

DHI. 2016: Modellering av vattennivåer i Kungsbackaåns nedre del.

IPCC, 2019: IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, V. Masson-Delmotte, P. Zhai, M. Tignor, E. Poloczanska, K. Mintenbeck, A. Alegría, M. Nicolai, A. Okem, J. Petzold, B. Rama, N.M. Weyer (eds.)]. In press.

IPCC, 2021: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M.I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T.K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu, and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.

MSB. 2019. Översvämningskartering utmed Kungsbackaån. Med detaljerad översvämningskartering för det identifierade området med betydande översvämningsrisk, Kungsbackaområdet. Sträckan från Östra Ingsjön till mynningen i havet.

MSB, DHI & SMHI. 2013: Översvämningskartering utmed Kungsbackaån. Med detaljerad översvämningskartering för det identifierade området med betydande översvämningsrisk, Kungsbackaområdet. Sträckan från Östra Ingsjön till mynningen i havet. Rapport nr: 13, 2013-06-14.

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

Norconsult, 2021. Yttre översvämningskydd mot höga havsnivåer. Förstudie avseende lokalisering, genomförbarhet och kostnadsbedömning. Kungsbacka kommun. Uppdragsnummer 106 22 65.

Rosén, L., Nimmermark, J., Andréasson, M., Persson, J., Karlsson, A., Lindhe, A. 2011. Vägledning i kostnads-nyttoanalys av översvämningsåtgärder. Karlstads kommun. Sweco Environment AB, uppdragsnummer 1311318000.

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

Ramböll, 2018. Trafikanalyser Kungälv. Trafikmodell 2015 samt prognos 2030 och 2040. Kungälv kommun. Uppdragsnummer 1320021341-001.

Rosén, L., Nimmermark, J., 2018. FloodMan - Sustainable Flood Management Assessment Tool. Ett verktyg för samhällsekonomisk analys och hållbarhetsanalys av översvämningsskydd. Göteborgs Stad. Sweco Environment AB, uppdragsnummer 13002424. Uppdaterad 2021.

SMHI. 2002. Höga vattenstånd i Kungälvfjordens inre delar. Sture Lindahl.

SMHI. 2006. Översvämningsskartering Kungälv. Kerstin Andersson.

SMHI. 2018. Extremvattenstånd i Kungälv.

Sweco, 2014. Kostnads-nyttoanalys av översvämningssåtgärder i Göteborg – en pilotstudie. Göteborgs Stad. Uppdragsnummer 1321203000.

Trafikverket, 2019. Stadspassage Kungälv. Järnvägens behov utifrån framtida trafikering. Teknisk utredning: Underlag till ÅVS Varberg-Göteborg. Ärendenummer: TRV 2018/131345.

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.

BILAGA 1: Enhetspriser

Enhetspriser				
Kategori	Enhet	Värde (kr)	Medelvärde*	Std**
Järnväg SWECO 	Kostnad per längdmeter	3 215 kr	3 215 kr	1 607 kr
Spårväg	Kostnad per längdmeter	3 215 kr	3 215 kr	1 607 kr
Industri***	Kostnad per enhet	220 418 kr	208 952 kr	21 512 kr
Flerbostadshus***	Kostnad per enhet	215 060 kr	203 594 kr	16 089 kr
Offentlig byggnad***	Kostnad per enhet	204 344 kr	192 879 kr	20 633 kr
Transformator	Kostnad per enhet	407 189 kr	407 189 kr	718 420 kr
Handelsbyggnad***	Kostnad per enhet	204 344 kr	192 879 kr	17 771 kr
Parkeringsplats****	Kostnad per enhet	11 718 kr	11 718 kr	4 025 kr
Småhus***	Kostnad per enhet	61 828 kr	50 363 kr	2 394 kr
Uthus	Kostnad per enhet	21 431 kr	21 431 kr	9 448 kr
Motorväg	Kostnad per m ²	161 kr	161 kr	80 kr
Huvudled	Kostnad per m ²	139 kr	139 kr	70 kr
Lokalgång	Kostnad per m ²	118 kr	118 kr	59 kr
Försening persontåg	Kostnad per tåg och timma	45 712 kr	45 712 kr	22 856 kr
Försening godståg	Kostnad per tåg och timma	12 055 kr	12 055 kr	7 099 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	186 109 kr	72 839 kr
Avbrott i försäljning (tjänster & varor)	Kostnad per enhet	40 400 kr	43 291 kr	34 420 kr
Akuta åtgärder, nödpumpning i källare + avloppsvatten	Kostnad per enhet		11 466 kr	804 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	242 kr	242 kr	119 kr
Trafikförsening bil tjänsteresa	Kostnad per timma	1 165 kr	1 165 kr	581 kr
Trafikförsening kollektiv privat/arbete	Kostnad per timma	215 kr	215 kr	108 kr
Trafikförsening kollektiv tjänsteresa	Kostnad per timma	1 165 kr	1 165 kr	581 kr
Trafikförsening gods tung vägtrafik	Kostnad/tontimma	9 kr	9 kr	4 kr

***** Baserat på Trafikverkets ASEK-värden (2018). Värdet för trafikförsening gods tung vägtrafik är medelvärdet av textilier och diverse andra färdiga varor $(7,7 + 8,03)/2 = 7,865$