

PM

Upprättad av Beatrice Nordlöf
 Uppdragsnummer sweco.projectId
 Uppdrag sweco.name
 Kund sweco.mainCustomer.name
 Uppdragsledare sweco.projectManager.firstName
 sweco.projectManager.lastName

Bilaga 2 – Teoretisk bakgrund KNA

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 Figure 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*.

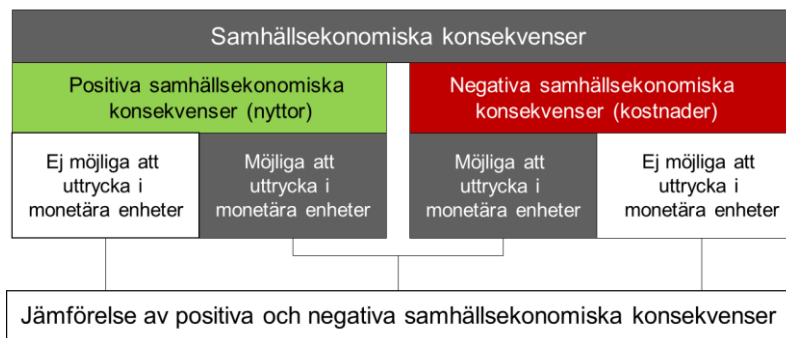


Figure 1 Samhällsekonomiska konsekvenser.

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 Figure 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.

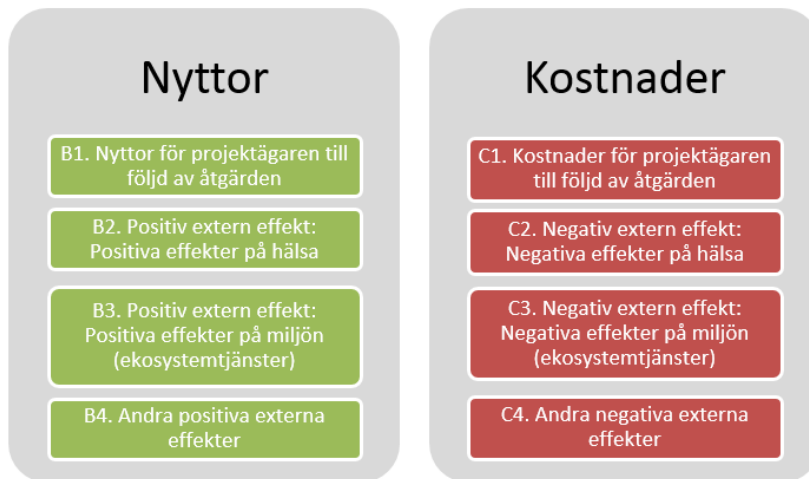


Figure 2 Kategorier av nyttor och kostnader i en kostnads-nyttoanalys. Tack till Tore Söderqvist (Holmboe & Skarp kultur- och naturtjänster AB) för inspiration till figur.

En 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 Figure 1.

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:

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

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 Figure 3. Valet av räntesats för diskontering beskrivs närmare i nästa avsnitt.

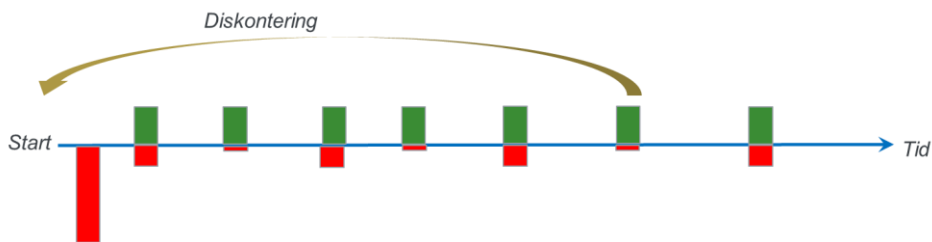


Figure 3 Principen för beräkning av nuvärden genom diskontering. Gröna staplar = nyttor; Röda staplar = kostnader.

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, o.a., 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-nyttoanalys, 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-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.

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 översvämnings återkomsttider. I analyserna antas vanligen att förhållanden rörande bebyggelse, markanvändning, samhällsfunktioner, m.m. 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.

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 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 Figure 4).

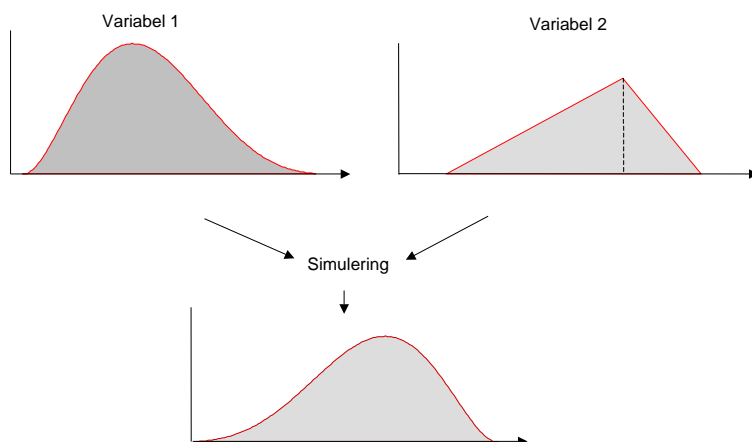


Figure 4

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.

Nyttor av åtgärdslösningar

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 skadekostnaden*. Sammanvägningen av sannolikhet för översvämning och skadekostnad beskrivs principiellt i Figure 5.

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

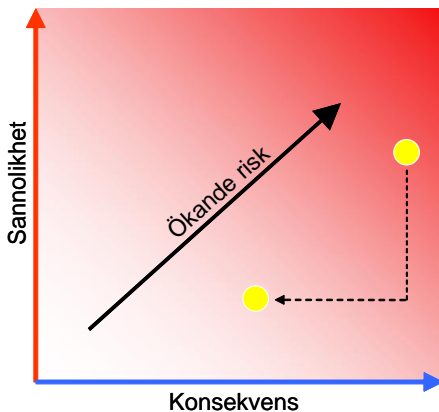


Figure 5 Principen för sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. Risken kan minskas genom förebyggande åtgärder (minskande sannolikhet) och/eller skadebegränsande åtgärder (minskande konsekvenser).

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 nederbörds mängder. Exempel på skadebegränsande åtgärder är vallar (permanenta 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 ($1/\text{återkomsttid}$) 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 Figure 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.

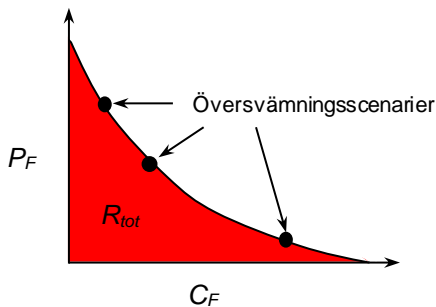


Figure 6 Principiell beskrivning av den totala risken, vilket svarar mot den totala ytan i grafen.

Inom ramen av detta uppdrag har riskkostnaden beräknats utifrån fem översvämningsscenarier: 1-, 25-, 50-, 100- och 200-årsnivåer både år 2025 och år 2125.

Övriga nyttor

Förutom riskreduktion kan klimatanpassningsåtgärder innebära andra nyttor. Ett exempel i exploateringsområden är ökade fastighetspriser som realiseras 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.

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 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. Denna här typen av effekter kan värderas ekonomiskt utifrån exempelvis Trafikverkets ASEK-arbete (Trafikverket, 2020) och inkluderas i analysen.

Bilaga 2 - Enhetspriser

Enhetspriser				
Kategori	Enhet	Värde (kr)	Medelvärde*	Std**
Järnväg	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
Lokalväg	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)