

**Arbeidsnotat nr. 27/11**

**Om prinsipper for prioritering av den  
forebyggende innsatsen knyttet til flom  
og skred på nasjonalt nivå**

**av**

**Kåre P. Hagen og Odd Godal**

SNF Prosjekt nr. 6121  
Utredning i forbindelse med Stortingsmelding om  
tiltak mot flom og skred

Prosjektet er finansiert av Olje- og energidepartementet

SAMFUNNS OG NÆRINGSLIVSFORSKNING AS  
BERGEN, OKTOBER 2011  
ISSN 1503-2140

© Dette eksemplar er fremstilt etter avtale  
med KOPINOR, Stenergate 1, 0050 Oslo.  
Ytterligere eksemplarfremstilling uten avtale  
og i strid med åndsvekløven er straffbart  
og kan medføre erstatningsansvar.



## Innhold

Mandat .....	1
Innledning.....	1
Metodegrunnlag.....	1
Risikoaspektet .....	2
Beslutningsteori for et enkeltindivid under risiko.....	2
Om aggregering av nytte over individer.....	3
Om systematisk og usystematisk risiko.....	3
Store hendelser med lav sannsynlighet .....	4
Om dagens praksis .....	4
Tidsaspektet .....	5
Om dimensjonering av enkelttiltak.....	6
Prioritering over en meny av tiltak.....	6
Nytte- kost versus kostnadseffektivitet .....	7
Tiltakstyper .....	8
Om verdsetting av konsekvens .....	8
Risiko for naturskade og allokering av risikoen mellom ulike aktører .....	9
Betydningen av informasjon om flom- og skredfare for prisdannelsen i markedet for fast eiendom. .....	9
Allokering av risiko mellom de viktigste aktørene i eiendomsmarkedet.....	10
En merknad om dagens numeriske prioriteringsmodell.....	13
Kritikk av grunnleggende metode basert på funn i adferdsøkonomi .....	15
Konsekvenser for nytte- kostnadsanalyse i offentlig prosjekt .....	15
Litteraturliste.....	17
Appendiks.....	18



## Mandat

Formål: Utredningen skal med utgangspunkt i prinsippene for samfunnsøkonomiske lønnsomhetsvurderinger beskrive et prinsipielt, faglig grunnlag for prioritering av den forebyggende innsatsen knyttet til flom og skred på nasjonalt nivå.

Innhold: Det skal redegjøres for relevante prinsipper som bør legges til grunn for prioritering mellom ulike typer virkemidler og tiltak for reduksjon av flom- og skredrisiko, med sikte på optimalisering av nytten for samfunnet. Gjeldende føringer tilsier en prioritering både etter risiko og nytte/kost. Det ønskes belyst hvordan dette kan kombineres. Videre ønskes belyst hvordan potensialet for store enkelthendelser bør vurderes. Utredningen må vurdere hvordan ulike typer effekter bør veies mot hverandre – menneskeliv, økonomi, trygghetsfølelse, tap av utbyggingsmulighet m.v.

## Innledning

Menneskeliv og eiendom har til alle tider vært utsatt for tapsrisiko forårsaket av uønskede naturgitte hendelser. Eksempler på dette er flom og skred som følge av ekstrem nedbør og materielle ødeleggelser som følge av voldsomt kraftig vind. Når det gjelder mulighetene for å ta forholdsregler i forhold tap forårsaket av naturgitte hendelser, kompliseres det av det de normalt bare kan predikeres med en viss sannsynlighet. Det vil ofte heller ikke være noe mønster over tid med hensyn til forekomsten av slike hendelser. Sannsynlighetene for svært store katastrofer er små vurdert ut fra eksisterende erfaringsmateriale. Til gjengjeld kan konsekvensene være svært store, og de kan føre til store følgevirkninger. Både for enkeltindivider og samfunn vil beslutninger når det gjelder tiltak for å redusere de økonomiske og materielle følgene av naturskade, være beslutninger under usikkerhet.

Dette notatet tar opp en del prinsipielle spørsmål knyttet til prioriteringer innenfor den forebyggende innsatsen knyttet til flom og skred. Mens det i enkelte tilfeller vil bli gitt relativt klare anbefalinger, reises det også spørsmål som av ulike årsaker vil bestå mer eller mindre ubesvart.

## Metodegrunnlag

I den forebyggende innsatsen mot flom og skred er nytte-kostnadsanalyse et viktig verktøy. Det enkle og grunnleggende prinsippet i slike analyser er at et prosjekt som har større samfunnsmessig nytte enn samfunnsøkonomisk kostnad bør gjennomføres. For prosjekter der alle inntekter og utgifter inntreffer med sikkerhet på ulike tidspunkt, kan disse gjøres sammenlignbare ved hjelp av diskontering for så å aggregeres til et enkelt tall, verdien av prosjektet. Med bruk av notasjonen i Finansdepartementet (2005), er netto nåverdien av et prosjekt gitt ved

(1)

$$NNV_0 = -I_0 + \sum_{t=1}^n \frac{U_t}{(1+k)^t}$$

der  $I_0$  er investeringskostnaden for prosjektet,  $t$  er periode (år),  $k$  er den relevante årlige rentesatsen og  $U_t$  er netto kontantstrøm på tidspunkt  $t$ . Den enkleste motivasjonen for at utgifter/inntekter på tidspunkt  $t$  skal multipliseres med faktoren  $1/(1+k)^t$  er at ressursene har en alternativ avkastning, som for eksempel i form av renteinntekter. Hovedregelen for om prosjektet bør gjennomføres vil avhenge av om man har begrensede midler til disposisjon (budsjettrestriksjon). Uten et bindene

budsjett bør et prosjekt gjennomføres hvis, og bare hvis, prosjektet har positiv netto nåverdi. Motivasjonen for at ulike prosjekt rimeligvis bør evalueres ved netto nåverdi, er relativ opplagt når prosjekteier er en privat investor. Netto nåverdi er å forstå som kontantverdien på tidspunkt 0 av det overskuddet en ville sittet igjen med, om pengene hadde blitt tatt fra rentebærende innskudd i banken og "netto overskudd" fra prosjektet hadde blitt løpende plassert til bankrenten. Dersom kontantverdien da var positiv, ville det bety at pengene hadde gitt en høyere avkastning i prosjektet enn i den alternative bankplasseringen.

Når det derimot er det offentlige som investerer, melder en rekke spørsmål seg: Skal rentesatsen settes lik "bankrenten"? Hvis prosjektet varer over svært lang tid, i den forstand at den som tar investeringskostnaden ikke er den samme (generasjonen) som den som oppnår nytten fra prosjektet, hvilken mening gir da dette beslutningskriteriet? Hvis utbetalingene er usikre hvordan skal det håndteres? Hva hvis usikkerheten ikke er kjent, som ved svært sjeldne ulykker, med potensielt store konsekvenser? Dette er spørsmål som vil bli tatt opp i nærmere detalj i det videre.

## Risikoaspektet

I dette kapitlet gjennomgår vi først det økonomiske grunnlaget for beslutninger under risiko for et enkelt individ. Deretter diskuterer vi noen mulige implikasjoner for håndtering av risiko i et aggregert perspektiv, før vi til slutt tar opp hvordan risiko i praksis kan håndteres i nytte- kostnadsanalyse. Av presentasjonsmessige årsaker ser vi her i stor grad bort i fra tidsdimensjonen.

## Beslutningsteori for et enkeltindivid under risiko

I det som følger antar vi at både alle mulige utfall er kjent, og at sannsynlighetene for at disse utfallene vil slå til også er kjent. I samfunnsøkonomisk beslutningsteori under risiko er det vanlig å håndtere slike situasjoner ved å evaluere usikre prosjekter ved forventet nytte. Situasjonen kan betraktes som et lotteri med ulike gevinster (positive eller negative). La si det er et antall  $S$  ulike mulige utfall, hver med tilhørende sannsynlighet  $p_s$ ,  $s = 1, \dots, S$ , der sannsynlighetene summerer seg til 1. La  $c_s$  være individets formue inkludert gevinst/tap i tilstand  $s$ , og  $u(c_s)$  være den nytten individet tilskriver formuesnivå  $c_s$ . Forventet nytte,  $EU$ , er da gitt ved

(2)

$$EU = \sum_{s=1}^S (p_s \cdot u(c_s))$$

Nytten av et generelt tiltak som endrer risikobildet, eller den økonomiske konsekvensen i en tilstand kan da bli evaluert ved bruk av (2) i prioritering av ulike tiltak.

Ved bruken av formel (2) for å evaluere ulike risikable situasjoner blir et sentralt spørsmål hva som er en rimelig nyttefunksjon  $u$ . Det normale her vil være at  $u$  er økende: en større formue foretrekkes framfor en mindre. Videre er det gode grunner, teoretiske og empiriske, til at en person vil ha større nytte av en ekstra krone dersom han har en lite formue, sammenlignet med tilfellet en større formue. Det vil si at nytten av en ekstra krone er avtakende på marginen i formuesnivå. Hvis en person med slike preferanser står overfor et lotteri som har forventet *gevinst*, si  $V = \sum_{s=1}^S (p_s \cdot c_s)$ , så vil personen foretrekke å få  $V$  utbetalt med sikkerhet framfor å delta i lotteriet. En slik person sies å være risikoavers, og danner fundamentet for at folk velger å kjøpe forsikring. Dersom personen er

indifferent mellom å få utbetalt  $V$  med sikkerhet og å delta i lotteriet, er han risikonøytral. Forventet nytte vil da sammenfalle med forventet (krone)verdi.

(3)

$$EU = V = \sum_{s=1}^S (p_s \cdot c_s)$$

### Om aggregering av nytte over individer

For statlige prosjekter er det ikke et enkeltindivids holdninger til risiko som er avgjørende men samfunnets holdning til risiko. Når enkeltindivids preferanser aggregeres opp, er det rimelig at aggregatet vil være mindre risikoavert enn hvert enkelt individ. Dette kan illustreres med et eksempel: For en gitt enkeltperson er det rimelig usikkert hvorvidt vedkommende vil bli rammet av flom. Dette kan ha store konsekvenser for vedkommendes formue. På nasjonalt nivå derimot, er det langt mindre variasjon i det totale skadeomfanget fra ulykker knyttet til flom og skred. Derfor, med passende kompensasjon til de som blir rammet av flom og skred, står verken hvert enkelt individ eller samfunnet overfor betydelig risiko. Så aggregeringsprosessen er i seg selv et argument for at risikoaversjon trekkes mot det risikonøytrale. Alt annet likt (*Ceteris paribus*) trekker denne risikoutjevningen i retning av at forventet aggregert nytte nærmer seg forventet verdi ettersom populasjonen det aggregeres over øker i størrelse. Isolert sett er dette et argument for å tillegge enkeltindividers holdninger til risiko mindre vekt i nytte- kostnadsanalyse for offentlige prosjekt.

### Om systematisk og usystematisk risiko

Hvordan et usikkert prosjekt varierer i forhold til et annet usikkert prosjekt, har konsekvenser for hvordan risikoen rimeligvis bør håndteres i samfunnsøkonomisk nytte- kostnadsanalyse. Hvis det er slik at gunstige utfall i det ene prosjektet er positivt korrelert med gunstige utfall i det andre prosjektet så sier vi at risikoen er positivt systematisk. Hvis det ikke er noen korrelasjon mellom prosjektene er risikoen usystematisk, mens hvis gunstige utfall i det ene prosjektet kommer med ugunstige utfall i det andre prosjektet er det en negativ systematisk risiko. For en risikoavers beslutningstaker vil positiv systematisk risiko være noe man ønsker å unngå, mens negativ systematisk risiko vil være et gode fordi man da essensielt sett er "selvforsikret".

Hvilke konsekvenser kan dette ha for prioritering av ulike tiltak mot flom og skred? For å svare på dette må det tas stilling til hva det relevante alternativet er. For statlige prosjekt er det normalt å ta utgangspunkt i hvilken betydning prosjektet har for nasjonens samlede risikoeksponering. Et uttrykk for det er betydningen for risikoen knyttet til samfunnets samlede verdiskaping som målt ved netto nasjonalprodukt. Den kan vi anse som avkastningen på nasjonalformuen. Prosjektets korrelasjon med avkastningen på nasjonalformuen vil derfor være et viktig utgangspunkt for å vurdere dets effekt for samfunnets risikoeksponering. Er det sterke grunner til at investeringer i tiltak mot skader knyttet til flom og skred gir gevinster som er sterkt korrelert (positivt eller negativt) med den generelle økonomiske utviklingen? Her synes det å kunne være ulike moment som trekker i litt ulike retninger. Med sterk økonomisk vekst vil trolig verdier av bygninger og annet øke mer i verdi enn ellers. Skadene knyttet til hendelser som flom og skred vil da typisk øke. Å investere i et tiltak som reduserer enten sannsynligheten for et ugunstig utfall, eller konsekvensene derav, vil gi en høyere avkastning jo større den økonomiske veksten er. Dette trekker i retning av en viss positiv systematisk risiko. På den annen side, er det slik at store nedbørsmengder kan ha positive konsekvenser, spesielt

på grunn av økt fylling i vannkraftsmagasiner. I så måte kan man si at utgifter knyttet til skader fra flom kommer sammen med økte verdier i vannkraftsektoren. For "normale hendelser" vil det derfor ikke nødvendigvis være noen sterk korrelasjon mellom variasjonen i nasjonalformuen og variasjonen i skader knyttet til flom og skred. Som for effekten av aggregering over risikoaverse enkeltindivider, trekker dette også i retning av at prosjekter med usikre effekter kan evalueres ved forventet verdi uten at verdiene i stor grad bør korrigeres fordi prosjektet ikke gir sikker avkastning.

### **Store hendelser med lav sannsynlighet**

Den type hendelsene vi har hatt i mente for drøftingen så langt har vært av den typen der utfallene gjerne kan være lokalt alvorlige, men ikke representerer noen stor risiko for nasjonalformuen. Prinsipielt sett er det grunner til å vurdere den forebyggende innsatsen mot svært store ulykker, som inntreffer sjeldent med spesiell aktsomhet. Ved slike hendelser, i realiteten naturkatastrofer, er det gode grunner til at en prioritering basert på forventet verdi vil gi et dårlig resultat. Det er flere grunner til dette. For det første er da risikoen per konstruksjon systematisk: "Alle blir rammet hardt samtidig". Videre kan man ha et dårlig empirisk grunnlag for å tallfeste sannsynligheter og konsekvenser. Det finnes det en del forskning som peker i retning av at folk misliker lotterier der risikoen ikke er kjent. Spørsmålet blir hvilken relevans dette har for prosjekter knyttet til den forebyggende innsatsen mot flom og skred i Norge. Hvis det er slik at Norge er eksponert for naturkatastrofer som rammer så hardt at det vil gi et betydelig utslag i nasjonalformuen, så kan det tilsynelatende være gode grunner til å forebygge utover det som blir resultatet av nytte-kostnadsanalyse med bruk av forventet verdi. Hvis slike hendelser ikke er spesielt korrelert med hendelser internasjonalt, kan det allikevel være grunner til å behandle slike tilfeller med forventet verdi, og heller søke å forsikre mot slike hendelser i det internasjonale reforsikringsmarkedet. Som et tankeeksperiment kan denne problemstillingen trekkes et steg videre: Hvis det er slik at Norge er et land relativt godt skjermet mot store naturkatastrofer, så kan det være grunner til å vurdere om Norge snarere burde opptre på den "andre siden" av det internasjonale reforsikringsmarkedet ved å påta seg noe av risikoen knyttet til naturkatastrofer i andre land. Hvorvidt dette kan være fornuftig er en problemstilling som ikke vil bli diskutert videre her.

### **Om dagens praksis**

I den praktiske vurderingen av risiko knyttet til det forebyggende arbeidet mot flom og skred, melder to spørsmål seg: Skal evalueringen av et risikabelt prosjekt justeres utover forventet verdi? Hvis ja, bør dette skje i verdien av prosjektet (over brøkstreken) eller i diskonteringsrenten (under brøkstreken)?

Vanlig praksis i dag (NVE 2001, Finansdepartementet 2005, Senter for statlig økonomisk styring 2006) er at kalkulasjonsrenten  $k$  justeres i vurderingen av et prosjekt som er usikkert slik at forventet prosjektoverskudd diskonteres med den risikojusterte kalkulasjonsrenten. Mer spesifikt legges det til et risikotillegg i renten for usikre prosjekt. Dette har sin bakgrunn i finanstoriens såkalte kapitalverdimodell og kan gi et rimelig resultat dersom risikoen tiltar over tid. Det risikojusterte avkastningskravet kan da oppfattes som den alternativavkastningen en ville ha oppnådd i aksjemarkedet ved å plassere midlene i en verdipapirportefølje med samme systematiske risiko. En alternativ måte å justere formel (1) når prosjekter med ulike risikoprofiler skal sammenlignes, er å justere telleren ( $U_i$ ) for usikkerhet. Ved for eksempel å bruke sikkerhetsekvivalenten knyttet til det usikre basisalternativet.



Det har lenge vært debattert i det økonomiske fagmiljøet hvilken måte som er mest hensiktsmessig å korrigere formel (1) på dersom prosjektets risiko er av en slik betydning at den bør inkorporeres. Farrow og Viscusi (2011, s. 13-14) argumenterer for at i nytte-kostnadsanalyse bør telleren korrigeres snarere enn nevneren.

Vi oppsummerer med at det er flere argumenter som trekker i retning av at i den forebyggende innsatsen mot flom og skred, så kan risiko representeres ved forventet verdi. Sagt på en annen måte er det ingen automatikk i at selv om et prosjekt er risikabelt så bør for eksempel kalkulasjonsrenten korrigeres med et risikotillegg.

## Tidsaspektet

Mens formel (1) er taus i forhold til håndtering av risiko, så er tidsaspektet håndtert ved at framtidige inntekter og utgifter blir tillagt mindre verdi jo lengre fram i tid de inntreffer. Dette har sitt utspring i ulike velkjente argument dersom prosjekteier er et enkelt individ. Det ene er at pengene alternativt kan investeres andre prosjekt som gir avkastning over tid. Det andre er at mennesker av natur er utålmodige. Selv om noen av de samme argumentene gjelder i samfunnsøkonomiske analyser melder noen prinsipielle spørsmål seg: For eksempel: Bør kalkulasjonsrenten  $k$  for et offentlig prosjekt skille seg fra den som brukes i private prosjekt? Vi har ingen prinsipielle synspunkter her som går utover Finansdepartementets anbefalinger. Dette gjelder særskilt for prosjekter som har en levetid innenfor "en generasjon", det vil si i størrelsesorden 50 år.

For prosjekter som har konsekvenser på lang sikt i den forstand at nytten av prosjektet ikke nødvendigvis kommer den "generasjonen" som bærer kostnaden av prosjektet til gode, er grunnlaget for måten tid håndteres på i formel (1) ikke lengre like klart. Dette temaet har fått økt oppmerksomhet i den senere tid, spesielt i forbindelse med klimaendringer. Med eksponentiell diskontering, som i formel (1), så vil positive effekter av et prosjekt som kommer langt fram bli tillagt svært liten nåverdi. Noen har, på bakgrunn av etiske argument, foreslått at slike prosjekter ikke skal diskonteres i det hele tatt. Dette har imidlertid blitt sterkt kritisert og nærmest avvist av ulike grunner – etiske inkludert. Én er at framtidige generasjoner trolig vil være rikere enn dagens og at det på den bakgrunn ikke er rimelig at dagens generasjon skal gjøre store offer for å tilgodese senere generasjoner. Et annet argument er at prosjekter med evigvarende effekter vil kunne få uendelig nåverdi, slik at nåverdien ikke lenger kan benyttes som prioriteringsgrunnlag.

Det fins også argumenter for at kalkulasjonsrenten for svært langsiktige prosjekt bør ha en avtakende kalkulasjonsrente. Boardman et al. (2011, p 263) anbefaler blant annet følgende: 3,5% fra år null til år 50, deretter 2,5% til år 100, så 1,5% fram til 200, videre 0,5% til år 300 og så 0% etterpå. Finansdepartementet derimot anbefaler at renten ikke korrigeres for prosjekter som løper over lang tid. Vår vurdering er at det fins ulike argument som trekker i litt ulike retninger og det foreløpig ikke er noen entydig robust faglig enighet om hvordan dette bør håndteres.<sup>1</sup>

Et annet aspekt ved langsiktige prosjekt er at naturlige forhold kan endre seg over tid. For eksempel kan klimaendringer gjøre at hyppigheten av forekomster av flom og ras vil endre seg. I slike tilfeller må da de tilhørende sannsynlighetene justeres. Med enkelte spesielle unntak, vil dette føre til at de formlene som i dag benyttes for å beregne verdien av et tiltak prinsipielt sett ikke lenger vil gjelde.

---

<sup>1</sup> Dette spørsmålet behandles nå i et regjeringsoppnevnt utvalg.

Videre, som allerede nevnt, på grunn av økonomisk vekst, vil verdien av skadene ved en gitt hendelse også trolig øke over tid. Dette gjelder ikke bare materielle skader på bygninger, infrastruktur osv, men også verdien av et statistisk liv, tap av helse og trygghetsfølelse, tidskostnader ved redusert framkommelighet osv. Endringer i bosetningsmønstre av årsaker som er uavhengige av hvorvidt sikring og forebygging blir utført, vil også endre skadeomfanget. Et litt vanskeligere problem er tilfeller der bosetningsmønstre blir påvirket av hvorvidt tiltak gjennomføres eller ikke. For eksempel, kan man tenke seg at man i utgangspunktet har et bebodd rasutsatt område. Hvis raset ikke sikres, flytter befolkningen og ingen skade vil inntreffe ved ras. Ved full sikring så blir befolkningen boende og heller ikke være utsatt for risiko. Slike atferdsmessige tilpasninger av tiltak er nærmere diskutert i kapittel om "risiko for naturskade og deling av risikoen mellom ulike aktører".

## Om dimensjonering av enkelttiltak

I noen tilfeller vil det av teknologiske årsaker kun være aktuelt å gjennomføre et tiltak eller ikke gjøre det. Ofte, vil man imidlertid måtte ta stilling til størrelsen på et prosjekt. Hvilke prinsipper bør gjelde for dimensjoneringen av et enkelt prosjekt? Generelt bør et prosjekt dimensjoneres slik at netto nåverdi blir størst mulig. Dersom prosjektet har avtakende marginal netto nåverdi, vil optimal dimensjonering være karakterisert ved at marginal kostnad er lik marginal nytte. Årsaken er ganske enkel at dersom den første effekten er større (mindre) enn den andre, så vil det være lønnsomt å redusere (øke) innsatsen. I mange tilfeller vil ikke et prosjekt ha gjennomgående avtakende marginal netto nåverdi. Da vil denne handlingsregelen kunne føre galt av sted, og optimal dimensjonering vil måtte undersøkes i sin fulle bredde ved å gå gjennom alle mulige alternativ.

## Prioritering over en meny av tiltak

Den generelle regelen for hvilke tiltak som bør gjennomføres er enkel: Alle prosjekter med positiv netto nåverdi bør gjennomføres. Hvis budsjettet er tilstrekkelig stort til at dette lar seg gjennomføre, er det ekvivalent med å si at alle prosjekt med nytte- kostnadsbrøk større en 1 skal iverksettes. Hvis man derimot ikke har tilstrekkelige midler til å gjennomføre alle prosjektene som passerer disse testene, melder spørsmålet seg hvilke prosjekt som bør prioriteres. Regelen er da at budsjettet bør allokere over ulike prosjekt på en slik måte at samlet netto nåverdi blir størst mulig. Å plukke ut de prosjektene som har høyest nytte- kostnadsbrøk kan da lede galt av sted. Vi illustrerer dette, og andre poeng, ved et eksempel (tatt fra Boardman m. fl. 2011, s. 33).

**Tabell 1. Illustrasjon av prioritering etter ulike kriterier.**

	Kostnader	Nytte	Netto nytte	Nytte/kost
Prosjekt A	1	10	9	10
Prosjekt B	10	30	20	3
Prosjekt C	4	8	4	2
Prosjekt D	3	5	2	1.7
Prosjekt C og D	7	21	14	3
Prosjekt E	10	8	-2	0.8

Prosjekt C og prosjekt D er spesielle på den måten at de kan gjennomføres hver for seg, men at det er en positiv samvirkning mellom dem slik at hvis begge gjennomføres blir nytten større enn summen av hvert enkelt prosjekt.

Vi ser at alle prosjekt utenom E har positiv netto nytte og bør gjennomføres dersom man har minst 18 kroner i tilgjengelig budsjett. Med 17 kroner, bør B, C og D gjennomføres, og ikke A selv om A er det med høyest nytte- kostnadsbrøk. Er budsjettet for eksempel 10, så rykker derimot prosjekt A inn igjen sammen med C og D.

I forrige kapittel diskuterte vi dimensjoneringen av et prosjekt. I tabellen over er alle prosjekt antatt diskrete. Dersom noen skulle være mer fleksible i forhold til dimensjonering, ser vi at det vil kunne spille en rolle. Spesielt kan man merke seg at det i et prosjektporteføljeperspektiv kan være optimalt at et prosjekt blir dimensjonert til noe annet enn dets isolerte optimale fordi det kan bidra til en bedre portefølje.

Å finne den sammensetningen av prosjekter som gir størst netto nytte er relativt enkelt dersom det er få prosjekter. Med mange prosjekter blir antall mulige kombinasjoner svært stort og problemet mer delikat. Forfatterne av dette notatet er ikke kjent med en enkel oppskrift som løser dette problemet, men ettersom det er et klassisk problem i operasjonsanalyse fins det trolig oppskrifter som er bedre enn andre. I hvilken grad dette er et potensielt viktig problem er vanskelig å si på generell basis. Det vil trolig avhenge av størrelsen på prosjektporteføljen samt i hvilken grad budsjettrestriksjonen i realiteten er bindene.

Som nevnt var det et positivt samspill mellom prosjekt C og D i eksempelet over. Negative samspill vil naturligvis også kunne forekomme. Begge tilfeller kan gjelde for prosjekter som administreres av en enkelt etat. Man kan også tenke seg at slike positive eller negative effekter kan finne sted mellom prosjekter i ulike etater og på ulike nivå. Det må derfor understrekes at manglende koordinering mellom ulike etater kan føre til uheldige prioriteringer.

I eksempelet over var det bare én periode. Hvordan bør det prioriteres hvis det er flere perioder? Hvilke tiltak bør utsettes og hvilke bør iverksettes umiddelbart? Generelt bør det fortsatt prioriteres slik at (neddiskontert) netto nytte blir størst mulig. Å finne den optimale sammensetningen av tiltak på ulike tidspunkt kan da i praksis bli mer krevende. Men det vil fortsatt være slik at prioritering etter nytte kostnadsbrøk, som er langt enklere å gjennomføre i praksis, kan lede galt av sted. Allikevel, er en slik prioritering en tommelfingerregel som vil kunne fungere bedre enn andre tommelfingerregler. Hvor langt unna den optimale sammensetningen man vil komme ved å prioritere etter nytte kostnadsbrøk er vanskelig å si noe informativt om på generell basis.

## **Nytte- kost versus kostnadseffektivitet**

Vi har hittil diskutert tilfellet der kostnader og nytte er verdsatt i en felles enhet (kroner) slik at de kan sammenlignes. I enkelte tilfeller kan det være vanskelig å tallfeste nytten i kroner. I slike tilfeller er det vanlig at et mål først settes (typisk politisk), som for eksempel at forventet antall omkomne som følge av skred og ras skal halveres. Økonomisk effektivitet er da karakterisert ved begrepet kostnadseffektivitet. Det tilsier at prioritering skal gjennomføres på en slik måte at målsettingen oppnås på billigst mulig måte.

Med kostnadseffektivitet unngår man å verdsette alle effekter av et prosjekt i monetære enheter. Dette kan umiddelbart synes fordelaktig for enkelte typer effekter (si, tap av biodiversitet) der verdsetting er problematisk. Det må imidlertid understrekes at dersom man ønsker å oppnå et mål med en tilhørende kostnad, så kan man implisitt regne ut hvilken pris som settes på godet. Hvis denne "implisitte" prisen varierer for eksempel mellom ulike etater, så vil begrensede ressurser

typisk bli ineffektivt allokeret. Av den grunn kan det være en fordel å bruke nytte- kostanalyse selv i tilfeller der verdsetting er problematisk og kontroversielt.

## Tiltakstyper

Tiltak kan klassifiseres på ulike vis. For eksempel vil noen redusere risikobilde (sannsynlighetene  $p_s$ ), mens andre vil redusere skadeomfang. Ulike tiltak vil også ha effekt over ulike tidshorisonter. Alt dette har konsekvenser for hvilken forventet nåverdi et tiltak vil ha, men vi ser ingen prinsipielle problemstillinger knyttet til disse aspektene hva angår tiltak rettet mot reduksjon av sannsynligheter eller skadeomfang.

Noen tiltak vil kunne binde opp deler budsjettet over lang tid, for eksempel hvis det er vesentlige vedlikeholdskostnader. Dette kan føre til at det på et framtidig tidspunkt ikke vil være penger til svært lønnsomme prosjekt som man ikke var kjent med på det tidspunktet det vedlikeholdskrevende prosjektet ble prioritert og igangsatt. I slike tilfeller kan det ha en verdi å utsette det vedlikeholdskrevende prosjektet. For mer detaljer om hvordan dette kan håndteres, inkludert eksempler, se Senter for statlig økonomistyring (2006, s. 28-30) og Finansdepartementet (2005, s. 83-85).

## Om verdsetting av konsekvens

Det grunnleggende prinsippet for verdsetting av ulike typer tap knyttet til flom og ras hendelser er betalingsvillighet. Det vil si hva en eier er villig til å betale for et objekt som kan gå tapt.

For objekter som omsettes i et velfungerende marked, er markedsprisen et godt mål for betalingsvillighet. Dette vil også sammenfalle med gjenanskaffelseskostnad når det fins et marked for objektet. Hvis det ikke fins et marked for objektet, kan imidlertid gjenanskaffelseskostnad skille seg fra betalingsviljen. For eksempel, la si man har en vei og som det har blitt bygget en ny vei i en ny trasé for avlastning, som gjør den opprinnelige veien verdiløs. Om denne gamle veien blir skadet av et ras, så kan samfunnets betalingsvillighet for å reparere denne veien være relativt liten selv om gjenanskaffelseskostnaden kan være stor. Et annet eksempel for privat eiendom er som følger. Si noen har bygget en bolig som kostet kr 2 millioner på et lite sted. En tid senere har mange flyttet fra stedet, og boligprisene har falt, slik at en tilsvarende bolig nå koster 1 million. La si boligen som kostet 2 millioner å bygge blir totalt ødelagt av skred, men at det fortsatt fins ledige hus til kr 1 million. Da vil kostnaden ved å bygge opp huset ligge langt over markedsprisen. I dette tilfelle er det sistnevnte som da bør legges til grunn.

For objekter som ikke omsettes i markeder er relevant verdsetting mer tidkrevende og komplisert. Dette fins det en stor litteratur på og vi har ingen prinsipielle merknader til denne litteraturen (se for eksempel Boardman m. fl. 2011 for en bred oversikt, Farrow and Viscusi, 2011 for en mer kompakt gjennomgang).

Hva angår tap av liv og helse så bør betalingsvillighetsprinsippet fortsatt gjelde. Det vil si hva en person er villig til å betale for å redusere risikoen for død eller redusere risikoen for forringet helsetilstand. Disse størrelsene omtales ofte som verdien av et statistisk liv og tap av kvalitetsjusterte leveår. For prosjekter som strekker seg over tid melder spørsmålet seg om disse størrelsene skal diskonteres på linje med materielle skader. Viscusi (2007) argumenterer for at de nettopp bør det.

For materielle skader vil det ofte være irrelevant om betalingsvilligheten vurderes før eller etter en ulykke har inntruffet (ex ante versus ex post). For liv og helse kan dette gi ulike verdsetninger. En person som sitter fast i et skred (ex post) kan ha en helt annen betalingsvillighet for å bli reddet ut enn det vedkommende implisitt ville rapportert før skredet fant sted. Ved prioriteringer knyttet til den *forebyggende* innsatsen mot flom og skred er det viktig at det er verdien ex ante som skal inngå.

## **Risiko for naturskade og allokering av risikoen mellom ulike aktører**

Forventede kostnader som følge av uønskede naturhendelser, kan reduseres dels ved forebyggende tiltak som reduserer sannsynligheten for ulykke. Og dels kan det skje ved å investere i beredskapstiltak som reduserer materielle og økonomiske konsekvenser av ulykker. Dersom individene bærer de økonomiske konsekvenser av ulykker helt ut selv, vil de av egeninteresse finne fram til en optimal kombinasjon mellom preventive og beredskapsmessige tiltak. Når det gjelder naturskader, kan konsekvensene av uønskede hendelser være så store, at den enkelte ikke er økonomisk i stand til å bære risikoen. I slike tilfelle vil normalt lokale og sentrale myndigheter komme inn og overta den enkeltes risikoeksponering helt eller delvis. Dersom de berørte personer kan redusere risikoen gjennom egne tiltak, reiser det offentliges involvering problemer relatert til enkeltpersonenes insentiver til forebygging. Det skyldes at enkeltpersoner bærer kostnadene ved private tiltak, mens deler av gevinsten høstes av det offentlige på vegne av fellesskapet gjennom reduserte forventede ulykkeskostnader. Dette er kjerneproblemet mer allment når det gjelder forholdet mellom forsikringskunder og forsikringsselskaper med hensyn til ulykkesforsikring. Vi drøfter derfor insentivproblemer i forhold til forebygging av naturskader ved å studere prinsipper for optimal risikodeling mellom forsikringskunder og forsikringsselskaper. Dernest anvender vi disse prinsippene på risiko- og ansvarsfordeling av naturskade mellom private og det offentlige, og innenfor det offentlige når det gjelder fordelingen mellom sentrale og lokale myndigheter.

## **Betydningen av informasjon om flom- og skredfare for prisdannelsen i markedet for fast eiendom**

Risikoen for naturgitte ulykker kan reduseres gjennom investeringer i forebyggende tiltak. Men i de aller fleste tilfeller vil det ikke være økonomisk fornuftig – og kanskje heller ikke fysisk mulig – å eliminere faren for naturgitte ulykker. Markedsaktørenes tilpasning til mulighetene for naturkatastrofer og andre ulykker av varierende alvorlighetsgrad vil derfor måtte baseres på beslutninger under usikkerhet. Analyse av ønskeligheten av tiltak vil derfor måtte være basert på anslag for ulykkesrisikoen i utgangspunktet og den effekt som tiltaket vil ha mht sannsynlighetene for ugunstige utfall. På mange områder vil en også ha et svakt empirisk grunnlag for å anslå sannsynligheter for naturskade og effekt av tiltak.

Grunnleggende er det to måter å redusere de forventede økonomiske konsekvenser av ugunstige hendelser på. Den ene er, som nevnt, å investere i forebyggende tiltak. Dette vil redusere risikoeksponeringen for ulykke. Det kan f.eks. være flomforebygging i vassdrag, valg av traséer for kraftledninger for å unngå skade på grunn av skred, og lokalisering av arealer regulert for boliger og industrivirksomhet for å redusere eksponering for skredfare. Det vil i mange tilfelle være ekstrakostnader knyttet til lokaliseringsvalg som reduserer risikoen for å bli eksponert for naturgitte ulykker. Disse ekstrakostnadene vil da være kostnadene ved økt sikring.

Den andre måten er å redusere konsekvensene av uheldige hendelser ved å gjøre seg mindre sårbar. Dette kan gjelde investeringer i ulykkesberedskap og i reserveløsninger når det gjelder skade på essensiell infrastruktur for kraft, telekommunikasjon og transport. Hvis hendelsen er bortfall av kraftleveranse som følge av skred, ville en back up f.eks. være å investere i alternativ oppvarming som reserveløsning til elektrisk kraft. Når det gjelder flom, kan en gjøre seg mindre sårbar ved å legge arealer regulert for boliger til mindre flomutsatte områder selv om det kan føre til et nyttetap i forhold til den lokaliseringen som isolert sett blir ansett for å være optimal. Kostnaden for redusert sårbarhet kan være vanskeligere adkomst, høyere investeringer i infrastruktur for vann og avløp, o.l.

Normalt vil en optimal tilpasning til risiko for naturskade innebære at det både investeres i forebyggende tiltak for reduksjon av risiko og i tiltak for å minske sårbarheten i tilfelle av ulykker. Dersom den enkelte grunneier bærer risikoen selv, vil en av egeninteresse foreta en optimal avveining mellom disse to måtene å redusere forventet tap som følge av naturskade gitt den informasjon en har om risikoen i utgangspunktet. Hjørneløsninger der en enten satser på de ene eller det andre, vil neppe være optimal i de fleste tilfelle. Hvor stor vekt som bør legges på forbygging i forhold til beredskap vil imidlertid avhenge av den konkrete situasjonen både når det gjelder risikooppfatning og kostnader for tiltak. I noen tilfelle vil investeringer i forebyggende tiltak kunne ha positive virkninger også for andre grunneiere. Da er det tale om positive eksterne virkninger som ikke blir fullt ut internaliserte av den som investerer i redusert risikoeksponering.

Som et teoretisk utgangspunkt kan en si at under forutsetning om risikonøytralitet og at risikoen for naturskade var kjent for aktørene i markedet for fast eiendom, ville forventet økonomiske tap som følge av naturskade være kapitalisert i eiendomsprisene i et velfungerende eiendomsmarked. En økning i flom- og skredfare vil da føre til reduserte eiendomsverdier i det ras- og skredutsatte området som i tilfelle vil måtte bæres av de eksisterende eiere av fast eiendom. På den annen side vil investeringer i forebygging og mindre sårbarhet føre til en gevinst i form av økt markedsverdi. Optimale investeringer i tiltak vil da være gitt ved at marginal tidstakskostnad er lik marginal markedsmessig gevinst.

Av flere grunner vil imidlertid virkelighetens verden avvike fra dette teoretiske utgangspunktet. Det kan være betydelig usikkerhet om sannsynlighetene for naturskade som skyldes flom og skred. Myndighetene kan redusere denne usikkerheten ved systematisk kartlegging av de faktorer som utløser slik naturskade og så la markedsaktørene få tilgang til denne informasjonen. Det vil være en fordel for dem som skal inn i eiendomsmarkedet som da kan tilpasse seg til risikokorrigerede markedsverdier. Det vil imidlertid føre til økonomisk tap for eiere av fast eiendom i områder som kartleggingen indikerer er mer risikoutsatte.

Markedsaktørene er heller ikke risikonøytrale. Betalingsvillighet på kjøpersiden samvarierer, alt annet likt, negativt med aktørenes grad av risikoaversjon. Videre kan det spesielt på selgersiden være markedsrett i eiendomsmarkedet. En relativt høy markedspris kan da like gjerne være uttrykk for markedsrett som et signal om mindre risikoeksponering for naturskade. Variasjoner i eiendomsprisene innenfor for eksempel et rasutsatt område må derfor ventes å gi imperfekte signaler om underliggende variasjoner i skredfare.

### **Allokering av risiko mellom de viktigste aktørene i eiendomsmarkedet**

De viktigste aktørene som bærer risiko knyttet til naturskade er offentlige myndigheter både lokalt og sentralt, private bedrifter og personer som eier eiendom i flom- eller skredtruede områder eller

som på annen måte er risikoutsatt, samt forsikringsselskaper som avlaster privatpersoner og bedrifter for slik risiko. Hvordan risiko knyttet til flom og skred fordeles mellom ulike aktørene påvirker deres insentiver til å investere i forebygging og i beredskap for å redusere sårbarheten. På denne måten kan risikoallokeringen få betydning for landets samlede risikoeksponering for slik risiko og dermed også for forekomsten av og skadene fra ulykker.

Gjennom forsikring blir enkeltaktørers risiko samlet i en "pool" der den enkelte betaler en premie som reflekterer den økonomiske gjennomsnittsriskoen pr kunde. På denne måten vil risikodeling redusere den gjennomsnittlige risikoeksponering med mindre alle berørte innenfor et gitt tidsrom lider det samme tap. Dette blir i forsikringsverdenen kalt for "risk pooling". Selv i tilfelle potensielle hendelser innebærer store økonomiske tap, blir den enkeltes tap begrenset ved at en bare betaler sin andel av skaden. På denne måten blir den enkeltes risikoeksponering håndterbar da at en ulykke ikke nødvendigvis fører til personlig økonomisk ruin. Et slikt felles økonomisk ansvar for ulykke blir kalt for gjensidighetsprinsippet, og er den grunnleggende forretningsidé som all forsikringsvirksomhet baserer seg på.

En slik risikoavlastning for den enkelte aktør er imidlertid ikke gratis sett fra samfunnets side. Når det ses bort fra kostnader ved å administrere ordningen, består problemet i at siden alle som er med i ordningen er med på å betale for den skade som de enkelte aktører lider ved ulykke, bidrar det til å svekke den enkeltes insentiv til å bruke ressurser på å redusere risikoeksponeringen. Risikoavlastningen kan på denne måten føre til større risiko for ulykke. Dersom den enkeltes innsats for å redusere risikoen kunne observeres perfekt, ville dette problemet kunne elimineres ved å knytte den enkeltes premie til den forebyggende innsatsen slik at premien reflekterer den forventede kostnaden som det enkelte medlem påfører risikopoolen. Når den enkelte investerer i forebygging av ulykke, vil premien for alle medlemmer av ordningen bli redusert på grunn av redusert forventet økonomiske tap. Hvis det skal lønne seg å investere optimalt i forebygging, må da den enkelte få et fradrag i premien som reflekterer dette. Dette krever at selskapet både kan observere det den enkelte gjør for å redusere risiko, og hvilke konsekvenser det får i form av reduserte forventede ulykkeskostnader.

I de fleste tilfelle vil det være vanskelig for forsikringsselskapet å observere den preventive innsats som gjøres for å redusere sannsynligheten for ulykke. Et yttertilfelle er det hvor forsikringsselskapet ikke i det hele tatt kan observere deltakernes preventive tiltak. I slike tilfeller kan egenandeler bidra til økt forebyggende innsats gjennom virkningen for den enkeltes insentiv til forebyggende innsats. Dersom det ikke er altfor kostbart eller vanskelig for forsikringstakeren å redusere ulykkesrisikoen ved egne tiltak, vil insentiveffekten fra delvis risikodekning som følge av egenandel være høy. En vil derfor vente at delvis forsikring gjennom egenandeler vil være optimalt for hele ordningen sett under ett dersom kostnadene ved preventive tiltak er under en kritisk øvre grense. Dersom det på den annen side koster svært lite å forebygge ugunstige hendelser, vil optimal grad av egenforsikring være relativt lav. Individet vil i dette tilfellet finne det lønnsomt å foreta preventive tiltak selv ved en moderat risikoeksponering som følge av lav egenandel.<sup>2</sup>

I mange tilfelle vil inspeksjon av forsikringstakerens tiltak for å redusere risikoen gi informasjon om den faktiske preventive innsatsen. Hvis denne informasjonen er perfekt, kan premien differensieres i forhold til innsats, og den optimale premien gir at en globalt optimal løsning. Det gjelder uansett om

---

<sup>2</sup> For en mer utførlig diskusjon av denne problemstillingen kan det vises til Shavell (1979).

inspeksjonen skjer i forkant eller i etterkant av at ulykke har funnet sted. Ved inspeksjon i forkant, vil imidlertid inspeksjonskostnadene bli større da en da må inspisere alle.

I praksis vil som regel en slik inspeksjon gi ufullstendig informasjon om den enkeltes forebyggende innsats. I dette tilfellet kan vi tenke oss at inspeksjonen gir en sannsynlighetsfordeling om innsats som er betinget av den faktiske innsatsen. Vi kan tenke på observert innsats som faktisk innsats pluss tilfeldig støy som har en fordeling med forventning lik null. Imperfekt observasjon av faktisk forebygging betyr at det vil være optimalt med en positiv egenandel. Dersom forebyggende innsats er konstant i perioden frem til eventuell ulykke, taler det for at observasjon i forkant er optimalt. Kontroll i etterkant kan være optimalt dersom innsatsen kan endres i løpet av perioden.

Investeringer i økt beredskap for å redusere konsekvensene av ulykke reduserer ulykkeskostnadene for den enkelte hvis de ikke i utgangspunktet dekkes av forsikringen. Hvis de dekkes av forsikringsordningen, vil gevinsten slå ut i lavere forventet premie for alle som er omfattet av ordningen. Korrekte insentiver krever da at den enkelte som investerer i mindre sårbarhet, får en kompensasjon av selskapet som reflekterer den positive eksterne virkningen for de øvrige forsikringstakerne i form av lavere forventet premie som følge av lavere forventet skade.

Det er viktig at det er samsvar mellom tiltaks- og konsekvensansvar. Prinsipielt bør den instans som har beslutningsansvaret om sikring mot naturskader skal gjennomføres også ha ansvaret for konsekvensene av naturskade. På denne måten vil en få en helhetlig avveining mellom kostnader og nytte knyttet til ulykkesforebyggende tiltak.

Det er flere instanser som avlaster private for risiko knyttet til naturskade som for eksempel storm, stormflo, flom, skred og jordskjelv. Erstatning for naturskader på tomt, bygninger og løsøre som er forsikret mot brannskader, dekkes av forsikringsselskapene. Kommunene har ansvar for å forebygge risiko for naturulykker både i allerede utbygde områder og i nye areal (Riksrevisjonen 3:4 (2009-2010)). Ifølge naturskadeloven er kommunene videre ansvarlig for å sikre nybygg og eksisterende bygg mot skred og flom. Gjennom naturskadefondet dekker Staten tap på grunn av naturskade som ikke blir dekket på annen måte. Fra 1. januar 2009 har NVE fått det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver når det gjelder forebygging av skredulykker.

Rammen for dette prosjektet gjør det ikke mulig å drøfte konkret hvordan disse erstatningsordningene totalt sett fungerer når det gjelder insentiver til investeringer i forebygging og beredskap. Vi vil imidlertid gi noen overordnede synspunkter på de problemer som kan oppstå i tilfeller der risiko for naturskader kan bli dekket av flere uavhengige instanser. I dette tilfellet gjelder det private forsikringsselskap og det offentlige. Problemet oppstår i tilfeller der det ikke er full koordinering mellom forsikringsinstansene.

Prinsipielt oppstår det et insentivproblem når de ulike forsikringsinstansene ikke koordinerer sin risikodekning i det enkelte forsikringstilfelle. For å forenkle diskusjonen kan vi se på forholdet mellom privat forsikring og offentlig erstatning for naturskade. Vi antar at verken det private forsikringsselskapet eller det offentlige kan overvåke fullt ut forsikringstakerens innsats for å forebygge naturskade. Vi kan også tenke oss at det offentlige dekker den risikoen som ikke dekkes gjennom det private forsikringsforholdet. Vilårene i den private kontrakten vil da bli bestemt ut fra den risikoen som det private selskapet påtar seg. Den vil bl.a. være avhengig av forsikringstakerens ulykkesforebyggende innsats som selskapet ikke kan kontrollere fullt ut. Problemet er da at det



private selskapet ser kun på konsekvensene for sin egen risikoeksponering som vil kunne påvirkes av forsikringstakerens egenandel. Men hvis den private risikoavlastningen svekker forsikringstakerens insentiv mer generelt til å "stå på tå hev" for å redusere ulykkesrisikoen, vil den private kontrakten også kunne påvirke det offentlige risikoeksponering. Den private kontrakten fører da til at en del av kostnadene knyttet til svekkete insentiver til forebygging, veltes over på det offentlige som følge av svekkede insentiver til forebygging. Dette kan da samlet sett føre til overforsikring ved at risikodekningen blir for høy i forhold til hva som ville ha vært en optimal egenforsikring hvis insentivvirkningene fra den private og offentlige forsikringen hadde blitt sett i sammenheng.<sup>3</sup>

Et tilsvarende koordineringsproblem kan oppstå også mellom kommuner og staten dersom staten dekker de ulykkeskostnadene som den enkelte kommune ikke er i stand til å bære. Dette kan for eksempel tenkes å oppstå dersom det på kommunalt nivå er konflikt mellom sikkerhetsmessige hensyn og kommersielle hensyn når det gjelder regulering av arealer til ulike formål.

## En merknad om dagens numeriske prioriteringsmodell

I dagens "Brukerveileder for Nytte- kostnadsanalyse av sikringstiltak i vassdrag (NVE 2000, side 6, samt regneark)" finner vi tre formler for beregning av nåverdi av ulike usikre prosjekttyper. Den første gjelder for engangshendelser og ser ut som følger, kalt formel (I):

$$NV_R = \frac{P_t \cdot K1}{(1 + r)^{E(t)}}$$

Der  $NV_R$  = Risiko uttrykt i nåverdi (kapitalisert risiko),  $r$  = kalkulasjonsrente,  $t$  = tidshorison,  $K1$  = engangs konsekvenskostnad uttrykt i nåverdi og  $P_t$  = sannsynlighet (akkumulert) for hendelse i løpet av tidshorisonen, som er gitt ved  $P_t = 1 - (1 - p)^t$  der  $p$  er årlig sannsynlighet. Videre oppgis at forventet hendelsestidspunkt,  $E(t)$ , skal være henholdsvis  $1/2t$ ,  $2/5t$ ,  $3/5t$  avhengig av om tiden virker indifferent, stabiliserende, eller destabiliserende.

Denne formelen illustreres med et eksempel på side 30 i samme notat (NVE, 2000): med  $p = 1/50$ ,  $K1 = 143.000$ ,  $r = 0,07$ ,  $t = 40$ ,  $E(t) = 1/2t$ , som gir  $NV_R = 20.300$  (mer nøyaktig 20.484).

Vi er ikke kjent med hvor denne formelen er hentet fra og hvilke forutsetninger den legger til grunn. Den dukker imidlertid også opp i andre dokument, for eksempel Austeng m.fl. (2005, s. 94) samt i Jernbaneverket (2007, s. 22, om enn med et minustegn foran renten).

<sup>3</sup> For en grundigere diskusjon av dette problemet, se Kaplow (1991).

I et forsøk på å gjendrive denne formelen, bokstaverer vi ut problemet ledd for ledd, under antakelsen om at tiden virker indifferent.

$$\begin{aligned}
 NV_R &= \frac{p \cdot K1}{(1+r)} + \frac{(1-p)p \cdot K1}{(1+r)^2} + \frac{(1-p)^2 p \cdot K1}{(1+r)^3} + \dots + \frac{(1-p)^{t-1} p \cdot K1}{(1+r)^t} \\
 &= \frac{p \cdot K1}{(1+r)} \left[ 1 + \frac{(1-p)}{(1+r)} + \frac{(1-p)^2}{(1+r)^2} + \dots + \frac{(1-p)^{t-1}}{(1+r)^{t-1}} \right] \\
 &= \frac{p \cdot K1}{(1+r)} \cdot \frac{1 - \left(\frac{1-p}{1+r}\right)^t}{1 - \left(\frac{1-p}{1+r}\right)}
 \end{aligned}$$

Vi kaller dette formel (\*). Første ledd på høyre side av det første likhetstegnet er ganske enkelt forventet kostnad neste år. Sannsynligheten for at hendelsen inntreffer det andre året er produktet av at hendelsen ikke inntraff i det første året samt den årlige sannsynligheten for at den vil inntreffe i år to, osv. Siste likhetstegn følger av regelen for summen av en geometrisk rekke, se Appendiks.

Setter vi inn tallene for det aktuelle eksempelet, gir formel (\*)  $NV_R = 30.892$ , som er vesentlig større enn med formel (I). Det viser seg at avviket er spesielt sensitivt til tidshorison  $t$  illustrert i følgende tabell hvor alle andre parametre enn  $t$  er holdt fast:

**Tabell 2: Illustrasjon av eksempelet med de to formlene for ulike tidshorisonter**

$t$	Formel (I)	Formel (*)
5	11.601	11.298
10	18.651	18.579
20	24.163	26.295
40	20.484	30.832
100	4.211	31.773

Vi ser at for korte tidshorisonter gir de to formlene rimelig like resultater. For lengre horisonter blir avvikene større. Et litt spesielt resultat med formel (I) er videre at når  $t$  øker fra 20 til 40, så faller  $NV_R$  fra ca 24 til 20 tusen, og videre til ca 4 tusen for  $t = 100$ . Dette innebærer at hvis et forebyggende tiltak mot flom virker i 20 år, mens et annet som koster like mye og som virker identisk hvert år men varer i hele 40 år, så vil det første tiltaket fremstå som mer lønnsomt enn det andre. Dette synes å lede til en litt merkelig prioritering.

Formel (\*), samt de to andre i NVE (2000) for andre typer risikable prosjekt, bygger på formelen for summen av en geometrisk rekke (gjengitt i Appendiks). Det må understrekes at disse formlene kun gjelder under svært spesielle forhold, nemlig der et hvilket som helst ledd tilsvarer det foregående multiplisert med én og samme konstant. I tilfeller som ikke følger en slik bestemt utvikling så vil man typisk måtte regne ut hvert enkelt ledd i rekken og summere opp til slutt.

Ettersom vi ikke vet hva formel (I) bygger på, kan det være at den ikke er ment å anvendes på den måten som er gjort over. Det viktige her – mer generelt – er at denne og andre formler, kun blir anvendt i tilfeller der de forutsetningene som de bygger på i rimelig grad er oppfylt.

## **Kritikk av grunnleggende metode basert på funn i adferdsøkonomi**

For nytte- kostnadsanalyse av prosjekter som strekker seg over tid og der risiko er involvert, har vi lagt til grunn den metoden som har vært dominerende i økonomifaget. Mer spesifikt har vi antatt at ulike risikable prosjekt blir sammenlignet ved bruk av forventet nytte og at framtidige inntekter og eventuelle utgifter diskonteres geometrisk (i kontinuerlig tid, eksponentielt). I den senere tid har det blitt avdekket en rekke situasjoner der folk i praksis gjør valg som ikke er konsistente med disse teoriene. To eksempler nevnes her for å illustrere.

Ellsberg paradokset (se for eksempel Moss, 2002, s. 41): Vi har en urne med 90 kuler. 30 av disse er røde, og de resterende 60 er sorte eller gule, men hvor mange av hver er ikke kjent. En vilkårlig kule skal trekkes ut av urnen, og personen som deltar i eksperimentet skal velge ett av følgende to lotteri:

I) Du får 100 kroner hvis kulen er rød, null kroner ellers.

II) Du får 100 kroner hvis kulen er sort, null kroner ellers.

Etter at vedkommende har avgitt sitt svar, skal han velge ett av følgende to lotteri:

III) Du får 100 kroner hvis kulen er rød eller gul, null kroner ellers.

IV) Du får 100 kroner hvis kulen er sort eller gul, null kroner ellers.

Forventet nytteteori sier ingenting om hvorvidt beslutningstakeren vil foretrekke I framfor II, eller III framfor IV. Det teorien derimot impliserer er at hvis personen foretrekker I framfor II, så skal han også foretrekke III framfor IV. En rekke eksperimenter har konkludert med at en overveiende andel personer foretrekker I framfor II, og IV framfor III. Den enkle forklaringen på at dette ikke er konsistent med teorien er at dersom vedkommende tror at det er flere sorte enn gule kuler, så skal han i følge forventet nytte foretrekke II og IV. Hvis han tror det er færre sorte enn gule, så skal I og III foretrekkes. En ofte nevnt forklaring på hvorfor personer ikke oppfører seg i henhold til teorien er at de misliker ukjent risiko – slik situasjonen er i lotteriene II og III (mens den er kjent i alternativ I og IV).

Det er også funnet adferdsmessige avvik fra at beslutningstakere oppfører seg konsistent med å evaluere kontantstrømmer over tid med en konstant kalkulasjonsrente (hva nå enn den måtte være). Kort fortalt kan dette illustreres med følgende eksempel: En person blir spurt om han vil ha 100 kroner i dag, eller 110 kroner om én uke. Etterpå blir han spurt om han vil ha 100 kroner om et år, eller 110 kroner om ett år og én uke. Teorien sier ingenting om vedkommende vil velge 100 kroner i begge tilfeller eller 110 kroner i begge tilfeller, men det er ikke konsistent med teorien å velge 100 kroner i det ene tilfelle og 110 i det andre. Empirien har vist at mange foretrekker 100 kroner i det første valget og 110 i det andre. Dette er ikke konsistent med å ha en konstant diskonteringsrente. Av den grunn har alternative teorier blitt utviklet, der diskonteringsrenten er avtakende over tid – ofte kalt hyperbolsk diskontering.

## **Konsekvenser for nytte- kostnadsanalyse i offentlig prosjekt**

Det fins en rekke andre eksempler på at enkeltindivider har en adferd som ikke er konsistent med at de evaluerer prosjekter i henhold til det som er lagt til grunn for klassisk nytte- kostnadsanalyse representert ved formlene (1) og (2). Av den grunn har en rekke alternative teorier blitt foreslått. Allikevel, selv om alternative teorier skulle vise seg å være mer i tråd med faktisk atferd på individuelt

nivå, er det ikke opplagt at de bør benyttes i *offentlige* prosjekt. På den annen side er det heller ikke opplagt at slike avvik fra standardteorien *ikke* skulle være av betydning. Uansett, disse alternative teoriene har blitt testet mindre enn standardteorien, og det er foreløpig mindre klart hvor robuste disse er. Så selv om det trolig fins økonomer som vil mene at alternative teorier bør ha umiddelbare konsekvenser for valg av metode knyttet til prioritering mellom ulike offentlige prosjekt, så heller vi mot å holde på det mer tradisjonelle metodiske grunnlaget inntil et klart og robust alternativ har blitt veletablert.

## Litteraturliste

Austeng, K. Torp, O., Midtbø, J.T., Helland, V., Jordanger, I. (2005). Usikkerhetsanalyse – Metoder. Concept rapport Nr 12, NTNU.

Boardman, A.E., Greenberg, D.H., Vining, A.R., Weimer, D.L. (2011). Cost-Benefit Analysis: Concepts and Practice (Fourth Edition). Pearson Education, Inc., MA, USA.

Finansdepartementet (2005). Veileder i samfunnsøkonomiske analyser. Finansdepartementet, Finansavdelingen (tilgjengelig på [regjeringen.no](http://regjeringen.no)).

Farrow, S. og Viscusi, W. K. (2011). Towards Principles and Standards for the Benefit-Cost Analysis of Safety. *Journal of Benefit-Cost Analysis* Vol. 2: Iss.3, Article 5.

Jernbaneverket (2007). Veileder for bruk av raskartleggingsverktøy. <https://trv.jbv.no/PDF/Underbygning/522/Vedlegg/t2208b00.pdf>

Kaplow, L. (1991). Incentives and Government Relief for Risk. *Journal of Risk and Uncertainty* 4, 167-175.

Moss, D.A. (2002). When all else fails: Government as the ultimate risk manager. Harvard University Press, Cambridge, MA.

Senter for statlig økonomistyring (2006). Behandling av usikkerhet I samfunnsøkonomiske analyser (Veileder). (Tilgjengelig på [www.sfso.no](http://www.sfso.no)).

Shavell, S. (1979). On moral hazard and insurance. *Quarterly Journal of Economics* 93, 541-562.

Viscusi, W.K. (2007). Rational Discounting for Regulatory Analysis. *University of Chicago Law Review* 74, 1, 209-246.

## Appendiks

En *geometrisk rekke* er en rekke med tall der det neste tallet er lik det forrige multiplisert med en konstant, si  $x$ , som er uavhengig av hvor i rekken man er. Vi er interessert i en formel for summen av en slik rekke,

$$S = a + ax + ax^2 + ax^3 + \dots + ax^{n-1}$$

Multipliserer begge sider med  $x$  og får

$$Sx = ax + ax^2 + ax^3 + ax^4 + \dots + ax^n$$

Trekker den andre fra den første og får

$$S - Sx = a - ax^n$$

Som gir

$$S = a \frac{1 - x^n}{1 - x} \text{ for } x \neq 1$$

Skulle  $n$  gå mot uendelig, får vi

$$S = \frac{a}{1 - x} \text{ for } x < 1$$