

Nytte-kostnadsanalyse av flomvern

En metodevurdering med eksempel fra Skarvvollene

David N. Barton
Børre K. Dervo



NINAs publikasjoner

NINA Rapport

Dette er en elektronisk serie fra 2005 som erstatter de tidligere seriene NINA Fagrapport, NINA Oppdragsmelding og NINA Project Report. Normalt er dette NINAs rapportering til oppdragsgiver etter gjennomført forsknings-, overvåkings- eller utredningsarbeid. I tillegg vil serien favne mye av instituttets øvrige rapportering, for eksempel fra seminarer og konferanser, resultater av eget forsknings- og utredningsarbeid og litteraturstudier. NINA Rapport kan også utgis på annet språk når det er hensiktsmessig.

NINA Temahefte

Som navnet angir behandler temaheftene spesielle emner. Heftene utarbeides etter behov og serien favner svært vidt; fra systematiske bestemmelsesnøkler til informasjon om viktige problemstillinger i samfunnet. NINA Temahefte gis vanligvis en populærvitenskapelig form med mer vekt på illustrasjoner enn NINA Rapport.

NINA Fakta

Faktaarkene har som mål å gjøre NINAs forskningsresultater raskt og enkelt tilgjengelig for et større publikum. De sendes til presse, ideelle organisasjoner, naturforvaltningen på ulike nivå, politikere og andre spesielt interesserte. Faktaarkene gir en kort framstilling av noen av våre viktigste forskningstema.

Annen publisering

I tillegg til rapporteringen i NINAs egne serier publiserer instituttets ansatte en stor del av sine vitenskapelige resultater i internasjonale journaler, populærfaglige bøker og tidsskrifter.

Norsk institutt for naturforskning

Nytte-kostnadsanalyse av flomvern

En metodevurdering med eksempel fra
Skarvvollene

David N. Barton
Børre K. Dervo

NINA Rapport 464. 33 s.

[Oslo, mars 2009]

ISSN: 1504-3312

ISBN: 978-82-426-2034-7

RETTIGHETSHAVER

© Norsk institutt for naturforskning

Publikasjonen kan siteres fritt med kildeangivelse

TILGJENGELIGHET

Åpen

PUBLISERINGSTYPE

Digitalt dokument (pdf)

REDAKSJON

David N. Barton

KVALITETSSIKRET AV

Erik Framstad

ANSVARLIG SIGNATUR

Forskningssjef Erik Framstad

OPPDRAKSGIVER(E)

Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag: Felles
Strategisk Instituttprogram mellom Bioforsk Jord og Miljø, NIBR,
NINA og NIVA 2002-2006

KONTAKTPERSON(ER) HOS OPPDRAGSGIVER

Odd Terje Sandlund, NINA

FORSIDEBILDE

Flomvoller ved Skarvollene, Ringeby Kommune.

Foto av Børre K Dervo

NØKKEWORD

- Norge, Oppland Fylke, Ringeby Kommune
- Elvesletter
- Konsekvensutredning
- EUs Vanndirektiv
- Nytte-kostnadsanalyse
- Multi-kriteria analyse
- Flomrisiko
- Expert Choice ®

KEY WORDS

Norway, Oppland County, Ringeby Municipality
River flats
Environmental impact assessment
EU Water Framework Directive
Benefit cost analysis (BCA)
Multi-criteria analysis (MCA)
Expert Choice ®

KONTAKTOPPLYSNINGER

NINA hovedkontor

7485 Trondheim
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 73 80 14 01

NINA Oslo

Gaustadalléen 21
0349 Oslo
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 22 60 04 24

NINA Tromsø

Polarmiljøsentret
9296 Tromsø
Telefon: 77 75 04 00
Telefaks: 77 75 04 01

NINA Lillehammer

Fakkellgården
2624 Lillehammer
Telefon: 73 80 14 00
Telefaks: 61 22 22 15

www.nina.no

Sammendrag

Barton, D.N. & B.K. Dervo 2009. Nytte-kostnadsanalyse av flomvern. En metodevurdering med eksempel fra Skarvollene – NINA Rapport 464, 33 s.

Dagens praksis på nasjonalt nivå for nytte-kostnadsvurdering av flomsikringstiltak er i tråd med intensjonene i EUs Rammedirektiv for Vann. Gjennom EUs Vanndirektivs bestemmelse om vurdering av "uforholdsmessige kostnader" ved restaurering av sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF) vil vern av elvesletter også måtte begrunnes samfunnsøkonomisk.

For at vannforekomster som blir karakterisert som SMVF-kandidater faktisk skal erklæres som SMVF, med mindre strenge miljømål i vannområdet handlingsplan anbefaler Vanndirektivet art. 4.5 at det gjøres en samfunnsøkonomisk vurdering av unntaket. Det regionale vannområdet må vise at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved å fjerne for eksempel flomforbygninger som omfatter mer enn 50 % av elvestrekningen på begge breder er uforholdsmessige høye i forhold til den samfunnsøkonomiske nytten av å oppnå god økologisk status uten forbygninger i denne elvestrekning. Norske miljø- og vassdragsmyndigheter ønsker i den grad det er mulig å anvende eksisterende forvaltningspraksis i implementering av den norske Forskrift om Rammer av Vannforvaltningen.

NVE utarbeidet i 2000 "Brukerveileder for nytte-kostnadsanalyse av sikringstiltak i vassdrag" og kriterier for hvilke nye flomsikringsanlegg som skal motta bistand fra NVE. Veilederen og kriteriene gir en indikasjon på når og hvordan nasjonale myndigheter vil gjøre samfunnsøkonomisk analyse av flomsikringsanlegg i SMVF-sammenheng dersom dagens forvaltningspraksis i NVE følges:

- Tiltak med lav nytte/kostnadsfaktor skal prioriteres bare når ikke-kvantifiserbare faktorer er store og godt begrunnet
- Tiltak som bidrar til økt sikkerhet (for eksempel menneskeliv) og beskytter flere ulike verdier og samfunnsinteresser skal støttes. Flomvern av enkeltinteresser som landbruk i elvesletter prioriteres i praksis ikke.
- Prioritering av tiltak for tilrettelegging av arealer for ny næringsmessig aktivitet langs vassdrag skal bare skje når tiltak er i samsvar med godkjent kommuneplan og reguleringsplan.

Tiltak med stor miljøgevinst, herunder vassdragsrestaurering og biotopjusterende tiltak; særlige tiltak for å rette opp tidligere utførte tiltak med liten effekt og/eller dårlig resultat for miljøet, kan prioriteres høyt selv om nytte/kostnadsfaktoren er lav.

Dagens praksis når det gjelder NVEs bistand synes å være i tråd med Vanndirektivets vektlegging av en samfunnsøkonomisk begrunnelse for modifisering av elvestrekninger, der man også tar hensyn til ikke-prissatte effekter på sikkerhet og miljø. Det er likevel en fare for at kommuner, uten faglig bistand fra NVE, vil finansiere samfunnsøkonomisk ulønnsomme flomsikringstiltak som ødelegger en viktig andel av elvesletter som naturtype (se Sandlund et al. 2006 for eksempler fra Lågen).

I denne rapporten illustrerer vi hvordan samfunnsøkonomisk nytte-kostnadsvurdering, kan kombineres med multi-kriterie-analyse for å foreta vurderinger av flomsikringstiltak. Vi bruker flomsikringen ved Skarvollene som utgangspunkt for en metode-diskusjon. Vurderingen av flomsikringen ved Skarvollene illustrerer styrker og svakheter med NVE's nytte-kostnadsveileder for flomsikring. De viktigste svakhetene ved veilederen er:

Nytte-kostnad / prissatte konsekvenser:

- manglende veiledning for vurdering av risiko for økonomisk tap ved returperioder som er mindre enn designkriteriene for flomsikringen. Dette kan føre til en undervurdering av netto-nytten av flomverk ved ikke å ta høyde for nytten som flomverket gjør for mindre, men hyppige flommer.

Multi-kriterie / ikke-prissatte konsekvenser:

- anvender ikke kvantitativ ikke-prissatt informasjon (for eksempel miljødata) om konsekvenser eksplisitt dersom dette er tilgjengelig.
- vokter ikke konsekvensene mot hverandre eksplisitt. Å vurdere alle ikke-prissatte effekter over samme skala betyr å gi alle konsekvensene lik vekt – noe som kan stride mot interessenters preferanser i mange tilfeller.
- har ikke fleksibiliteten til å vurdere sub-kriterier i et kriterie-hierarki.
- gir ikke anledning til en eksplisitt vurdering av normaliseringen av konsekvenser på tvers av ulike geografiske skalaer for de berørte områdene.

Fordelene med NVE's veileder er at den er enkel og gir et konsistent rammeverk for vurdering av samfunnsnytte av flomsikring på tvers av prosjekter. Mangelen på dokumentasjon av vektor og normaliserings-antagelsene gjør imidlertid vurderingene mindre etterprøvbare. Dersom ikke-prissatte konsekvenser ikke kan verdsettes økonomisk, vil likevel multi-kriterieanalyse være et metodealternativ for myndigheter som ønsker å vurdere avveininger mellom flerbruker og økologiske hensyn på en etterprøvbart måte.

David N. Barton, NINA Oslo, CIENS, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo. david.barton@nina.no
Børre Dervo, NINA Lillehammer, Fakkeltårnet, 2624 Lillehammer, borre.dervo@nina.no

Abstract

Barton, D.N. og B. Dervo (2009) Benefit cost analysis of flood protection. A methodology assessment with an example from Skarvollene. (in Norwegian) 464. 33 s.

The report demonstrates the use of flood damage functions in the context of benefit-cost analysis and multiple criteria analysis of flood protection measures. To demonstrate the approaches we use available data from the Skarvollene flood protection works on river flats along the Lågen river in Ringeby Municipality. The report also evaluates the current benefit-cost analysis guidelines for flood protection works used by the Norwegian Water Resources and Energy Directorate in the context of the EU Water Framework Directive (WFD). We argue that multiple criteria analysis can be employed as a complement to benefit-cost analysis in the assessment of “disproportionate costs” under the WFD. MCA is particularly useful in evaluating trade-offs between priced and non-priced hydro-morphological impacts of flood mitigation projects. It is also a framework for documenting both expert and local opinion on non-priced impacts and their relative values.

David N. Barton, NINA Oslo, CIENS, Gaustadalleen 21, 0349 Oslo. david.barton@nina.no
Børre K. Dervo, NINA Lillehammer, Fakkeltgården, 2624 Lillehammer, borre.dervo@nina.no

Innhold

Sammendrag	3
Abstract	5
Forord	7
1 Innledning.....	8
2 En økonomisk skadefunksjon for flom	9
3 Noen vanskeligheter ved beregning av skadefunksjoner: eksempel Skarvvollene ...	10
3.1 Flom- og sikringsarealer på Skarvvollene	10
3.2 Skadefunksjoner integrert over ulike returperioder og skadeobjekter	12
3.3 Erosjonsskader på dyrket mark.....	17
4 Nytte-kostnadsanalyse.....	19
4.1 Analyseperiode og diskonteringsrate	19
4.2 Pris-satte effekter	19
4.3 Konklusjon pris-satte effekter	21
4.4 Ikke-prissatte effekter	21
5 Multi-kriterie-analyse som komplement til nytte-kostnadsanalyse.....	25
6 Konklusjoner.....	32
7 Referanser.....	33

Forord

Analysene i denne rapporten ble utarbeidet i 2007 som en del av Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag: Felles Strategisk Instituttprogram (SIP) mellom Bioforsk Jord og Miljø, NIBR, NINA og NIVA 2002-2006, finansiert av Norges Forskningsråd. Nytte-kostnadsanalyse av flomsikringsprosjekter er omtalt i slutt-rapporten for SIP (Sandlund et al. 2006). Det var imidlertid ikke plass i slutt-rapporten til å diskutere begrensninger med nytte-kostnadsanalyser i dybden. Vi har siden sett et behov i veiledningsmateriale i forbindelse med økonomisk vurdering av tiltak under EUs Vanndirektiv. Denne rapporten supplerer og utdyper i så måte problemstillinger i "Brukerveileder i nytte-kostnadsanalyse for flomsikringstiltak" (NVE 2000). Vi ønsker å takke Nils Roar Sælthun, UiO, for diskusjoner om flomskadefunksjoner som ble beregnet i Hydra-prosjektet, og Tharan Fergus, NVE, for informasjon om hvordan NVE vurderer flomsikringsprosjekter. Konklusjonene i rapporten står for forfatternes egen regning.

Mars 2009
David N. Barton
Børre K. Dervo

1 Innledning

Denne rapporten har tre komplementære målsettinger:

1. Å gjennomføre en nyttekostnadsanalyse av flomsikringstiltaket som ble bygget ved Skarvollene 2003-2004 med tilgjengelige data for å belyse NVE's og Ringeby kommunes egne vurderinger av prosjektet.
2. Å illustrere avveininger mellom prissatte og ikke-prissatte konsekvenser ved flomverket i en multikriterieanalyse.
3. Å diskutere metoder for nyttekostnadsanalyse og multikriterieanalyse som anbefales i NVEs Brukerveileder for Nytte-kostnadsanalyse av sikringstiltak i vassdrag (NVE 2001), med bakgrunn i eksemplet Skarvollene.

I NVE's brev til Ringeby kommune 20.1.2003 ble søknaden om økonomisk bistand til bygging av flomverket avslått med følgende begrunnelse: "Flomsikring av et område for å redusere myggplager er etter vår mening ikke en prioritert oppgave for NVE. Sikring av rene jordbruksarealer eller dyrkbare arealer mot skader som følge av oversvømmelser gir i dag normalt heller ikke tilstrekkelig samfunnsøkonomisk nytte til å forsvare kostnadene ved aktuelle sikringstiltak".

Avslaget av NVE ble foretatt på bakgrunn av generelle kriterier for vurdering av flomsikring, og det ble ikke gjennomført en nytte-kostnadsanalyse av den typen som beskrives i NVE's brukerveileder. Vi ønsket derfor å se om de generelle kriteriene til NVE (som er bygget på mye tidligere erfaringsmateriale) var i tråd med en faktisk nytte-kostnadsanalyse (NKA) av Skarvollene.

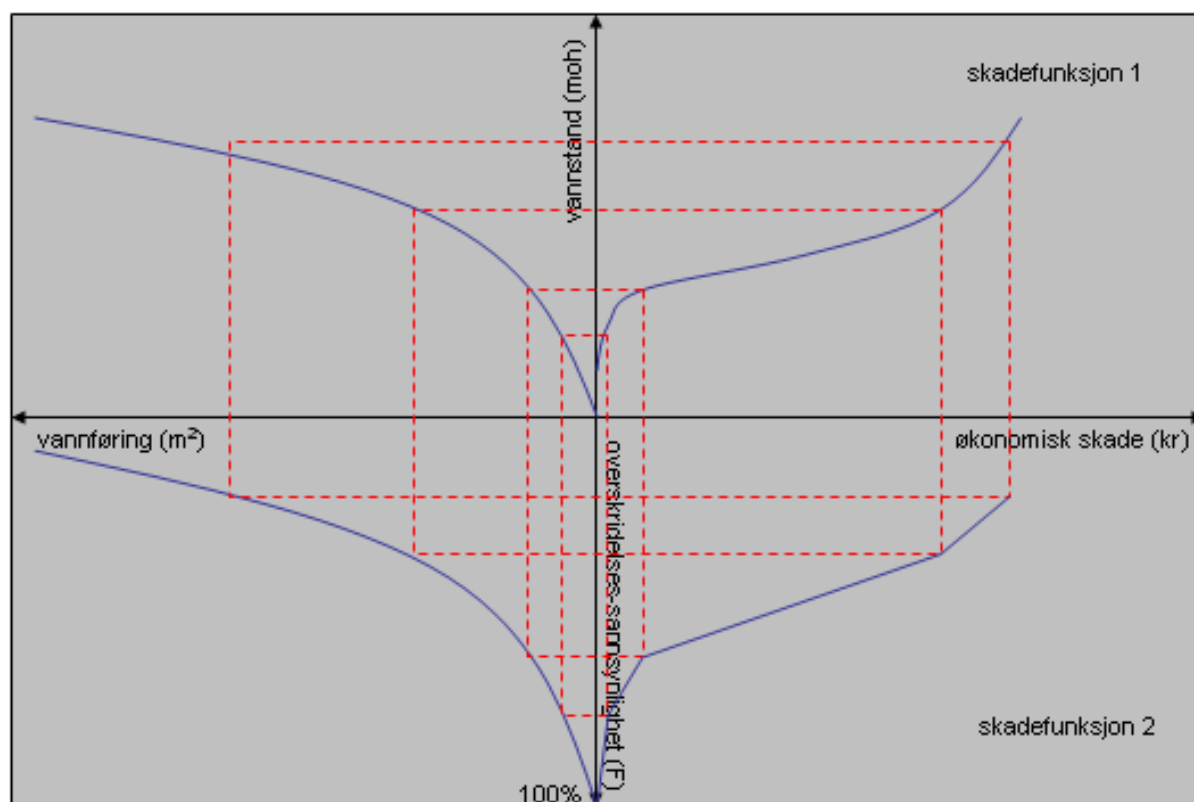
"Nytte/kostberegningen er det viktigste redskapet for prioritering av tiltak. Beregningen tar hensyn til både utsatte verdier, kostnader og gjentakintervall/ sannsynlighet. Tiltak med lav nytte/kostfaktor (beregnet på grunnlag av kvantifiserbare faktorer) skal bare prioriteres med tanke på gjennomføring med bistand fra NVEs side når de ikke-kvantifiserbare faktorer er store og godt begrunnet (..)" (NVE 2000).

Nytte-kostnadsanalysen viste at det bare var tilgjengelige data for å vurdere investerings- og vedlikeholdskostnader i tillegg til redusert risiko for avlingstap i jordbruket. Det fantes ikke studier av "myggplagen" - hovedmotivasjon fra Ringeby kommunes side for prosjektet – for å kunne vurdere dette monetært (for eksempel gjennom en betalingsvillighets-studie). Det er likevel på sin plass å spørre om "myggplagen" hadde blitt tatt med i en nyttekostnadsvurdering av NVE dersom den hadde blitt gjennomført, da "myggplagen" i utgangspunktet ble på vurdert som utenfor NVE's prioriterte oppgaver. Vi ville derfor også gjennomføre en multikriterieanalyse der myggplagen og andre ikke-prissatte konsekvenser ble vurdert.

Vi har ikke hatt muligheter for å gå gjennom andre NKA av flomsikringsprosjekter utført av NVE, men et interessant forskningsspørsmål for en senere anledning ville være om sektoransvaret til NVE har lagt en begrensning på hvilke konsekvenser som inkluderes i nytte-kostnadsanalysene, og NKA derfor kan ansees som "sektorøkonomiske" versus samfunnsøkonomiske.

2 En økonomisk skadefunksjon for flom

I denne rapporten vurderer vi NVE's brukerveileder for nytte-kostnadsvurderinger av flomsikrings tiltak (NVE 2001; NVE 2006). Vi bruker prinsippene i veilederen for å beregne nytten og kostnader av redusert flomrisiko ved flomvernstiltak. Sentralt i denne vurderingen står vurderingen av effekten av flomvern på vannstand og overskridelses-sannsynligheter ved bestemte flomvannføringer (Sælthun et al. 2003). Den økonomiske skadefunksjon viser hva som er forventet økonomisk flomskade ved ulike vannføringer (skadefunksjon 2, nederst t.h. **Figur 1**). Beregning av en økonomisk skadefunksjon avhenger av kunnskap om forholdet mellom vannføring og vannstand (øverst t.v.) og vannføring og overskridelses-sannsynlighet (nederst t.v.). Overskridelses-sannsynligheten (F) gir sannsynligheten for at et gitt flomnivå skal overskrides i et tilfeldig år. Begrepet gjentakintervall er for øvrig definert som $R=1/F$.



Figur 1 Den økonomiske skadefunksjonen og flomstørrelse. En økonomisk skadefunksjon viser sammenheng mellom vannføring, vannstand, sannsynlighet for å overskride bestemte vannføringer og økonomisk skade. Forventet økonomisk skade er en relasjon mellom vannstandsrelatert skade og sannsynlighet for disse skadene (illustrert med røde stiplede linjer). Kilde: tilpasset fra Sælthun et al. (2003)

Figuren viser at små vannføringer overskrides med større sannsynlighet, men lavere vannstand ved disse overskridelsene medfører også lavere økonomisk skade. I en nytte-kostnadsanalyse av flomvernet må vi vite både sammenhengen mellom vannstand og skade, og overskridelses-sannsynlighet og skade, med og uten flomsikring.

3 Noen vanskeligheter ved beregning av skadefunksjoner: eksempel Skarvollene

Det er vanlig at estimering av skadefunksjoner for jordbruksproduksjon i beste fall et grovt og svært forenklet skjønn (Sæthun et al. 2003). Sæthun et al. (2003) viser til en rekke vanlige feilkilder:

- (i) størrelse og homogenitet på statistisk utvalg,
- (ii) usikkerhet i estimering av kostnader
- (iii) inkonsekvens med hensyn på definisjon av skader
- (iv) forenkling av årsaksforhold
- (v) senvirkninger av skade
- (vi) usikkerhet i registrering av vannstand

Et forsøk på å sette opp en NKA for Skarvollene viser at det er manglende hydrologiske og terengdata som står i veien for en god vurdering av pris-satte konsekvenser. Slike datamangler, og feilkilder ved overføring av skadefunksjoner, nødvendiggjør forenklinger om man fortsatt skal kunne gjennomføre NKA i det hele tatt. To eksempler på forenklinger i NVEs NKA veileder vi fokuserer på her er (i) behovet for å integrere flomskade over ulike returperioder og (ii) ingen differensiering av typer erosjonsskader pga manglende hydrologiske data (NVE 2001).

3.1 Flom- og sikringsarealer på Skarvollene

Flomvernet ved Skarvollene er dimensjonert for 10 årsflommer. Det er utarbeidet flomscenarier for Skarvollene for 2-3 og 5 årsflommer i tillegg til den som foreligger for 10 årsflommer som er utarbeidet av NVE (

). Flommer med kortere returperiode enn det som er dimensjonerende for flomvernet er også utarbeidet da disse mindre flomepisodene også unngås med flomvernet, men tas vanligvis ikke med i NVEs NKA metode. NVEs veileder fokuserer på flommer med en retur-periode tilsvarende dimensjonerende returperiode. Vi vil i følsomhetsanalyser også vurdere nytten av å unngå slike mindre flomepisoder for å se om det påvirker konklusjonene i metoden.

Beregninger av vanndekte arealer ved ulike returperioder uten flomsikring er gjort på følgende måte:

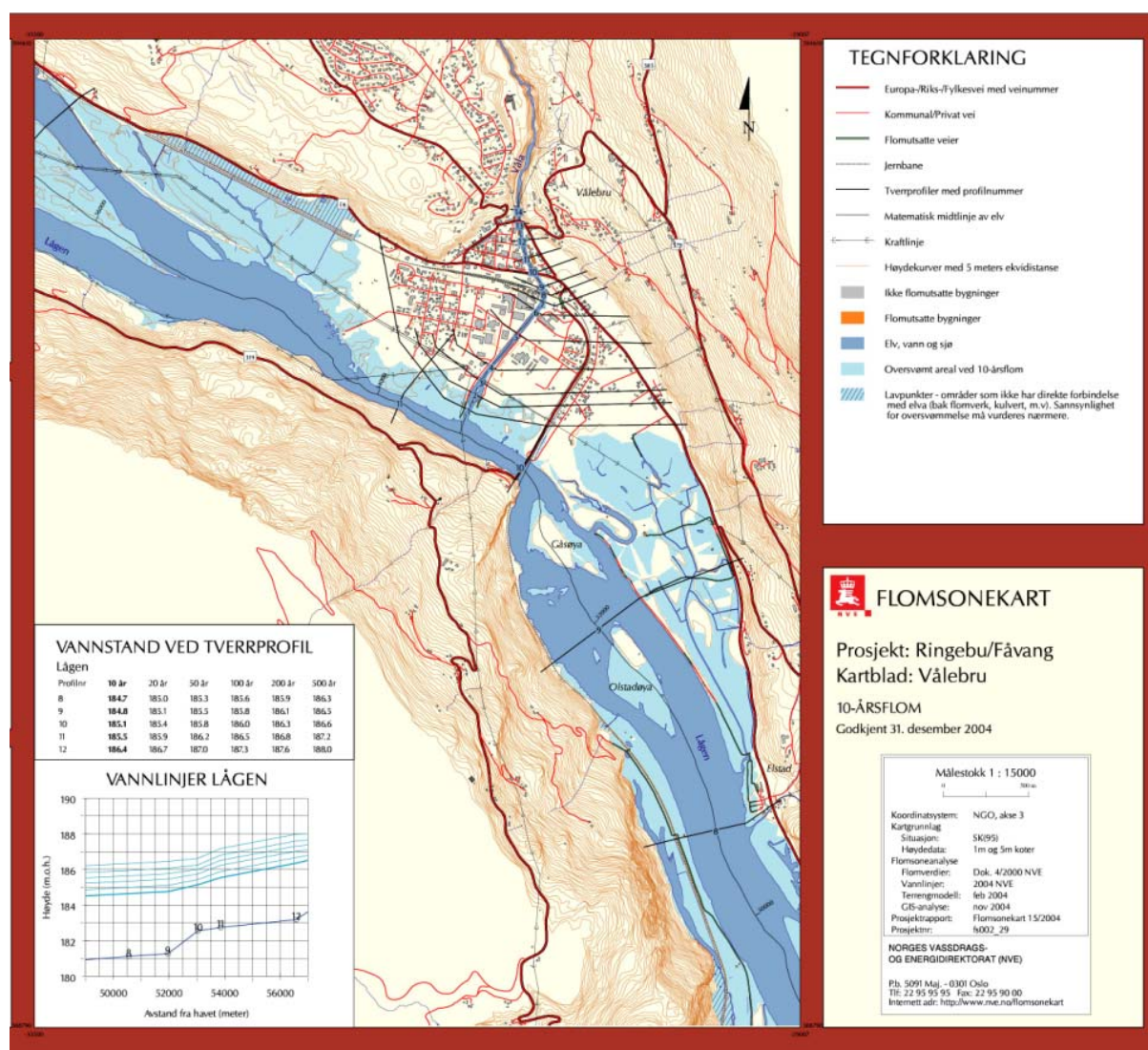
- 1) visuelle tolkninger av flomarealer ved vannføring lik 3 og 5 årsflommer basert på fotografisk materiale fra våren 2004
- 2) identifikasjon av markslagspolygoner (**Figur 3**) i flomsikret areal på Skarvollene i GIS database
- 3) basert på pkt. 2, beregning av total flomutsatt dyrket mark i 1995 og 2005 ved ulike returperioder. Dette inkluderer en visuell tolkning av areal i polygoner som er delvis dekket med vann ved ulike gjentaksintervaller. Her er det en mulig feilkilde i arealberegninger.

Det går frem av skrittene ovenfor at det ikke er gjort noen konsekvent usikkerhetsanalyse på beregningen av flomarealer. Dette aksepteres for beregningene her da hensiktene er å illustrere NKA metoden, og resultatene brukes til metodevurdering og ikke i beslutningstaking. Resultatene av tolkningen av flomarealet er vist i **Tabell 1**.

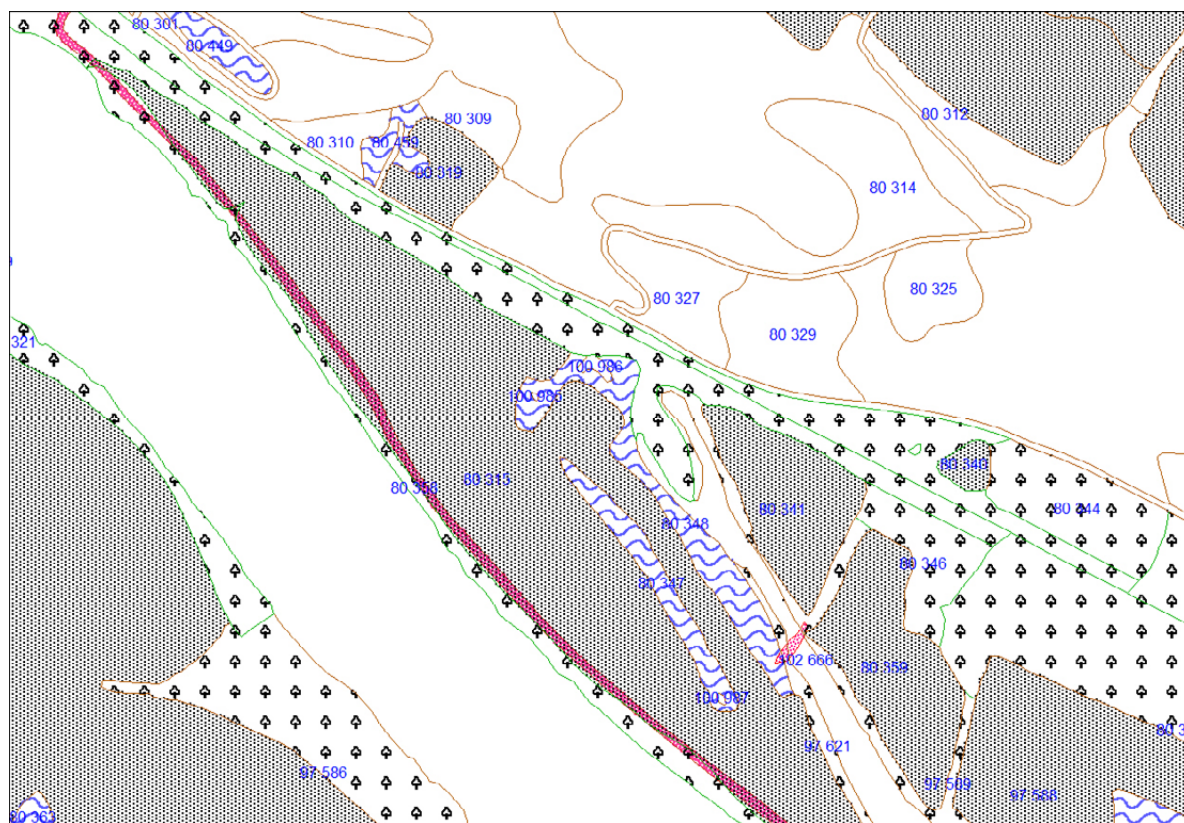
Tabell 1 Flomutsatt og flomsikret arealer på Skarvvollene

	Areal(daa)
Totalt flomsikret areal*	ca. 750
Potensielt jordbruksareal i sikret areal	390
Flomsikret jordbruksareal dyrket per 1995	312
Gjenvunnet/nydyrket jordbruksareal (2003-2005)	56
Flomsikret jordbruksareal dyrket per 2005	368
- 2-3 årlig flom (av 2005 dyrket jordbruksareal)	8
- 5 årsflom (av 2005 dyrket jordbruksareal)	296
- 10 årsflom (av 2005 dyrket jordbruksareal)	368

Merknader: *NVE (brev til Ringebru Kommune 20.1.2003). Arealberegninger av dyrket mark basert på GIS kart fra 1995-1996 med tolkninger av fotomateriale fra 2004 ved Børre K. Dervo. I all hovedsak er jordbruksarealet som er flomsikret under eng/grasdyrking og er "lettbrukt dyrkingsjord" etter NIJOS klassifisering (Bjørndal et al. 2004).

**Figur 2 Flomutsatte arealer ved 10års flom Skarvvollene**

Kommentar: Skarvvollene er sammenfallende med flomsonen i blått ved 10årsflom nord-vest for tettstedet Ringebru.

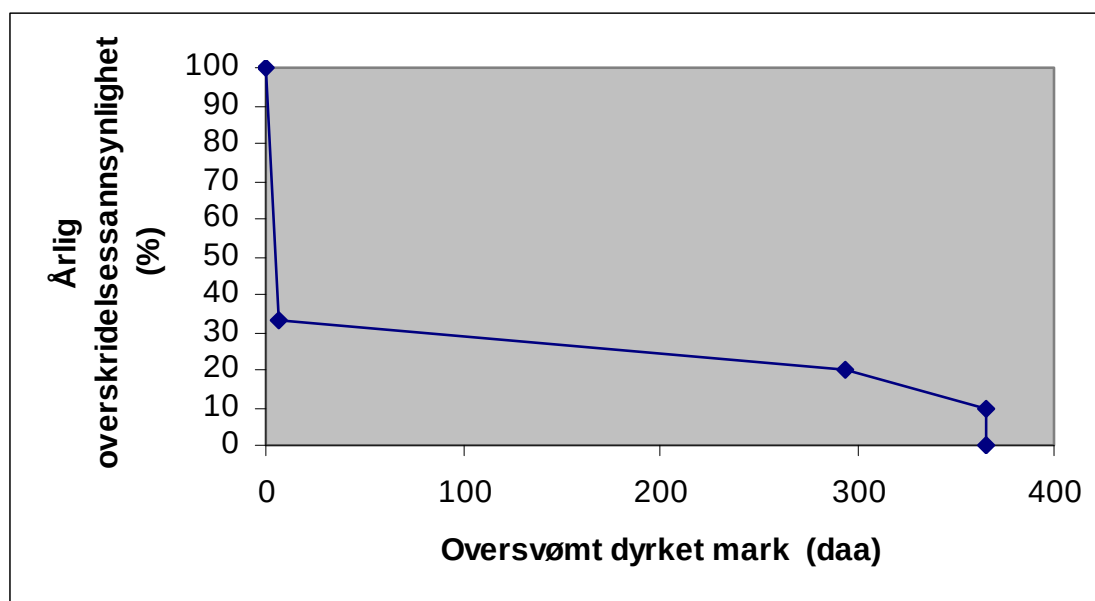


Figur 3 Markslagskart Skarvvollene. Kilde: egen utarbeidelse basert på NIJOS Digitalt markslagskart. Merknad: utsnitt nord-vestre del av flomsikret areal Skarvvollene. Skraverte områder er dyrkede arealer per 1995/96. Rød heltrukken linje er flomvoll. Fordi området er avgrenset av en vei i nord-vest er det totale utsatte arealet med dyrket mark (Atot) det samme som ved returperioden som er dimensjonerende for flomvernet (Adim), dvs. når flomvernet overstiges oversvømmes alle arealer med dyrket mark som vises i kartet ovenfor.

3.2 Skadefunksjoner integrert over ulike returperioder og skadeobjekter

Skader ved oversvømt jordbruksareal eller på spredt infrastruktur i hellende terreng må beregnes for flere ulike returperioder. Den økonomiske nytten ved flomvern kan over- eller underestimeres avhengig av lokalitetens terreng, skadeobjekter og data-tilgjengelighet om disse vis a vis vannstand og oversvømt areal. Mulige feilkilder knyttet til anvendelse av returperioder kommer ikke klart frem i de forenklete regneeksemplene som brukes i NVEs NKA veileder (NVE 2001) eller tilhørende Excel-verktøy.

I dette avsnittet bruker vi Skarvvollene til å illustrere noen nyanser med NVEs NKA metode. **Figur 4** illustrerer at det er årlig en 10% sannsynlighet (10 års returperiode) for at nærmere 366 dekar dyrket mark oversvømmes. Denne sannsynligheten multipliseres med den årlige verdien av tapt produksjon fra dette arealet for å få årlig forventet risiko som avbøtes med flomvernet. Denne verdien neddiskonteres og summeres over hele analyseperioden.



Figur 4 Overskridelsessannsynlighet for ulike for oversvømmelse av dyrket mark i Skarvvollene Merknad: basert på verdier i **Error! Reference source not found.** Årlig overskridelsessannsynligheten $F = 1/R$, der R er returperioden.

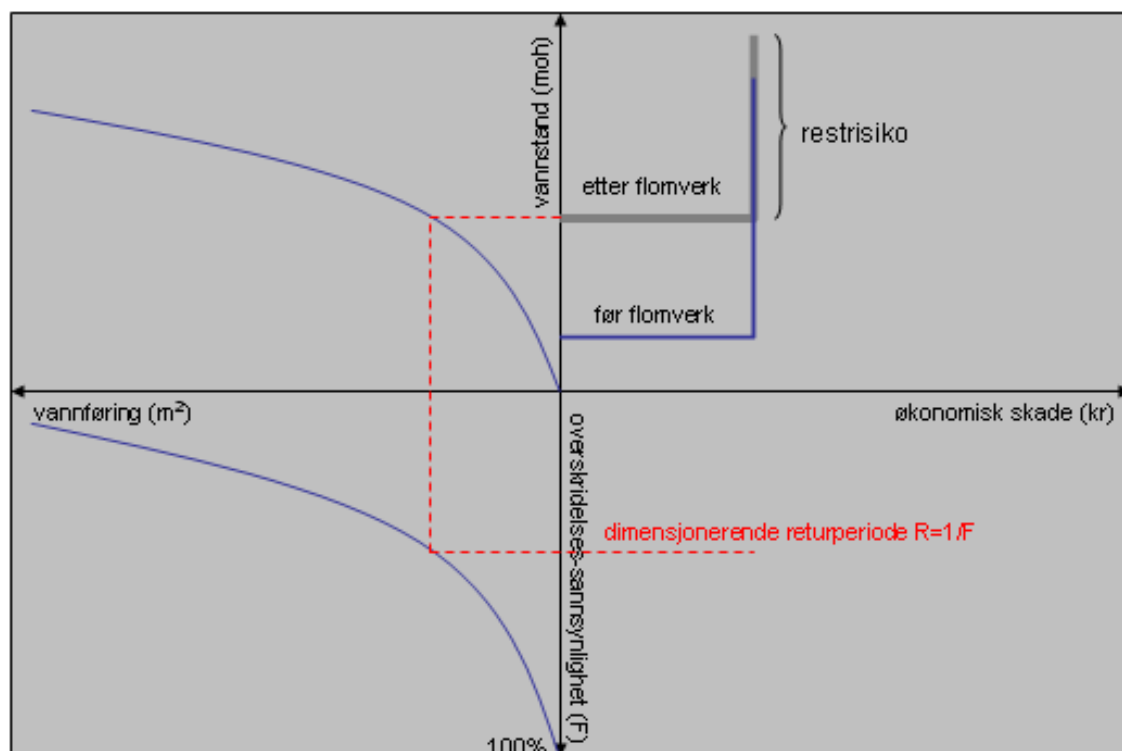
Formelen for risikovurdering av sykliske hendelser er da som følger (NVE 2001):

$$NV_R = \frac{1}{R} \cdot K \cdot Kap = F \cdot k \cdot A \cdot Kap \quad (\text{formel 1})$$

der NV_R = nåverdi av flomskader ved returperiode R
 flomskadekostnader $K = k \cdot A$, k = flomskadekostnad/dekar, A = antall dekar
 F = overskridelsessannsynligheten, R = returperiode
 Kap = kapitaliseringsfaktor til rente r .

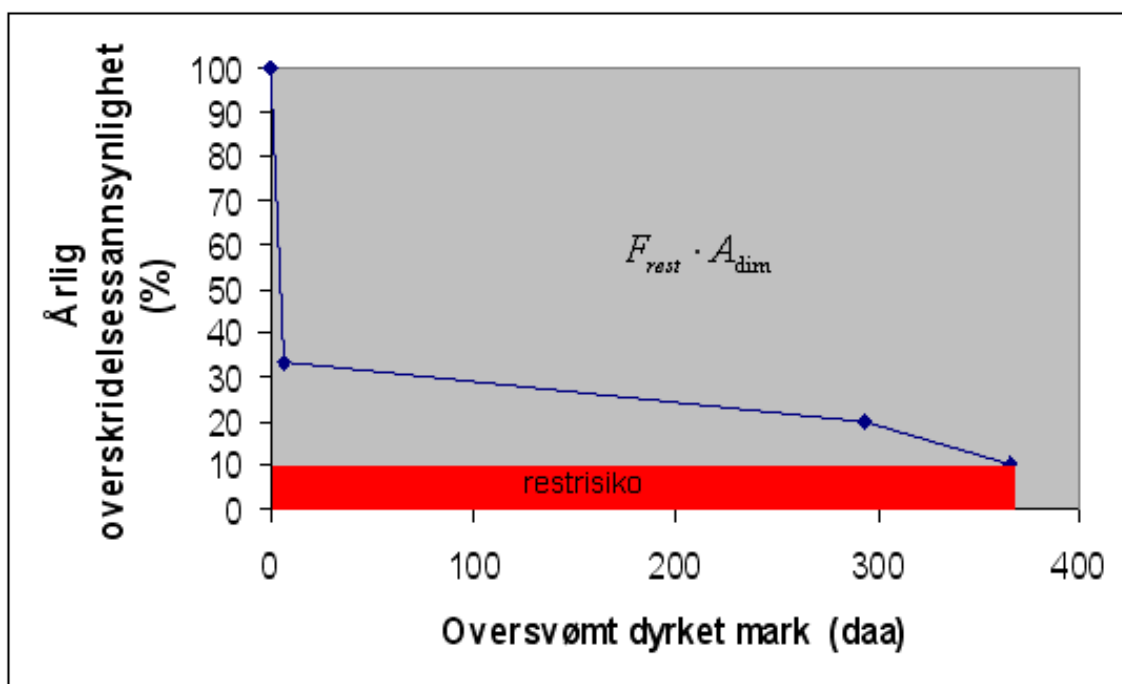
Dersom skadeomfang varierer med vannstand, og man bare tar hensyn til skader som oppstår ved returperioden som er dimensjonerende for flomvernet, må formel (1) modifiseres for å kunne vurdere risiko uten flomsikring. Det eneste tilfellet der formel (1) vil representere et godt estimat på forventet skade er der flomverket beskytter en slette uten helning som ender i en eller annen form for sperring (vei, fjellvegg etc.). I et slikt tenkt tilfelle varierer ikke arealbaserte skader med vannstanden. Her vil flomvernet gi lik beskyttelse for alle flommer opp til en flom med dimensjonerende returperiode. Dette forenklete flomrisiko-scenariet illustreres i **Figur 5** på neste side.

I vårt forenklete eksemplet er forventet skade den samme som ved mindre flommer og før flomvernet. Fordi området er avgrenset av en vei i nord-vest er det totale utsatte arealet med dyrket mark (A_{tot}) det samme som ved returperioden som er dimensjonerende for flomvernet (A_{dim}), dvs. når flomvernet overstiges oversvømmes alle arealer med dyrket mark som vises i kartet ovenfor (**Figur 3**).



Figur 5 Rest-risiko i et forenklet flomrisiko-scenario. Merknad: det eneste tilfellet der formel (1) vil representere et godt estimat på forventet skade er der flomverket beskytter en slette uten helning som ender i en eller annen form for sperring (vei, fjellvegg etc.). I et slikt tenkt tilfelle varierer ikke arealbaserede skader med vannstanden.

For større flommer enn dimensjonerende returperiode anvendes formel (1) for å beregne såkalt rest-risiko. **Figur 6** viser beregning av rest-risiko etter at Skarvvollene ble bygget utrykt som forventet oversvømt areal ($1/R \cdot A = 0.1 \cdot 368 \text{ daa} = 36,8 \text{ daa}$).



Figur 6 Rest-risiko ved etter etablering av flomvern. Figuren viser beregning av rest-risiko etter Skarvvollene er bygget utrykt som forventet oversvømt areal ($1/R \cdot A = 0.1 \cdot 368 \text{ daa} = 36,8 \text{ daa}$).

daa). Dersom skadeomfang varierer med vannstand, vil formel (1) måtte modifiseres slik at man integrerer over alle kjente skadetilstander (oversvømmelsesarealer).

Figur 7 viser at en mer korrekt måte å kalkulere forventet risiko er ved å finne integralet under skadefunksjonen (her målt i forventede årlige arealenheter som oversvømmes).

$$NV_R = k \cdot Kap \cdot \int F_z(z) \cdot A(z) dz \quad (\text{formel 2})$$

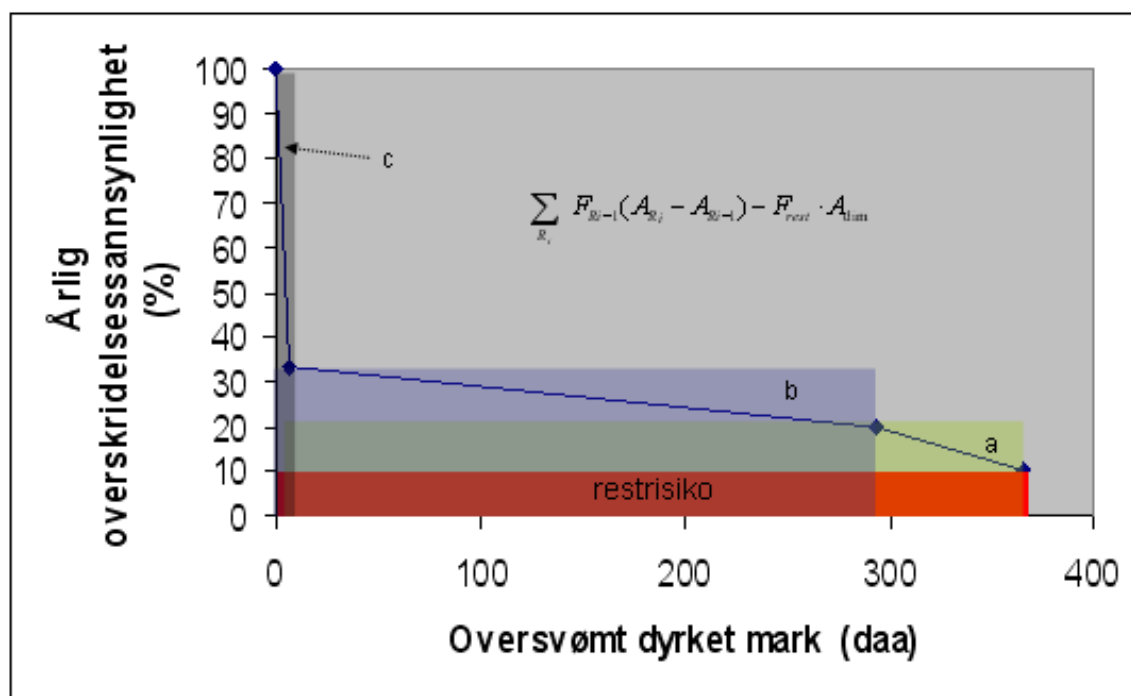
hvor z er vannstand og F_z er fordelingen for overskridelses-sannsynlighet.

Man må integrere for å ta hensyn til at flomverket også har en nytteeffekt for mindre flomepisoder som oversvømmer mindre arealer, men også har større årlig sannsynlighet for å inntreffe. For eksempel, fører en 5-års flom (20% sannsynlig hvert år) til at 298 daa dyrket mark oversvømmes på Skarvvollene. Forventet restrisiko hvert år i Skarvvollene er større ved 5-års flommer ($0,2 \times 296 \text{ daa} = 59 \text{ daa}$) enn ved 10-års flommer ($0,1 \times 368 \text{ daa} = 36,8 \text{ daa}$).

Jo finere terreng-data man har, jo mer nøyaktig kan man beregne $A(z)$ og skadefunksjonen for areal-relaterte kostnader. I praksis vil man i beste fall bare ha et fåtall observasjoner av oversvømt areal $A(z)$ da digitale terrengmodeller har begrenset oppløsning, og/eller man bare har tilgang til observert flomarealer for bestemte perioder (som i vårt tilfelle for Skarvvollene). Da vil integralet forenkles til sum med et fåtall observasjoner i .

$$\sum_R F_{Ri-1} (A_{Ri} - A_{Ri-1}) - F_{rest} \cdot (A_{tot} - A_{dim}) \quad (\text{formel 3})$$

hvor i representerer en indeks for en ordnet rekke observasjoner av oversvømt arealer eller skadeobjekter ved ulike returperioder (R); flomutsatte arealene for et normalår $A_{1\text{år}}=0 \text{ daa}$, skader ved mindre flommer ($A_{1\text{år}} < A < A_{dim}$), ved dimensjonerende returperiode (A_{dim}), og det totale utsatte arealet (A_{tot}). Restrisiko er beregnet som i formel (3) når $A_{tot} > A_{dim}$. Når $A_{tot} = A_{dim}$, er restrisiko beregnet som $F_{rest} \cdot A_{dim}$. For Skarvvollene er $A_{tot} = A_{dim} = A_{10\text{år}} = 368 \text{ daa}$.



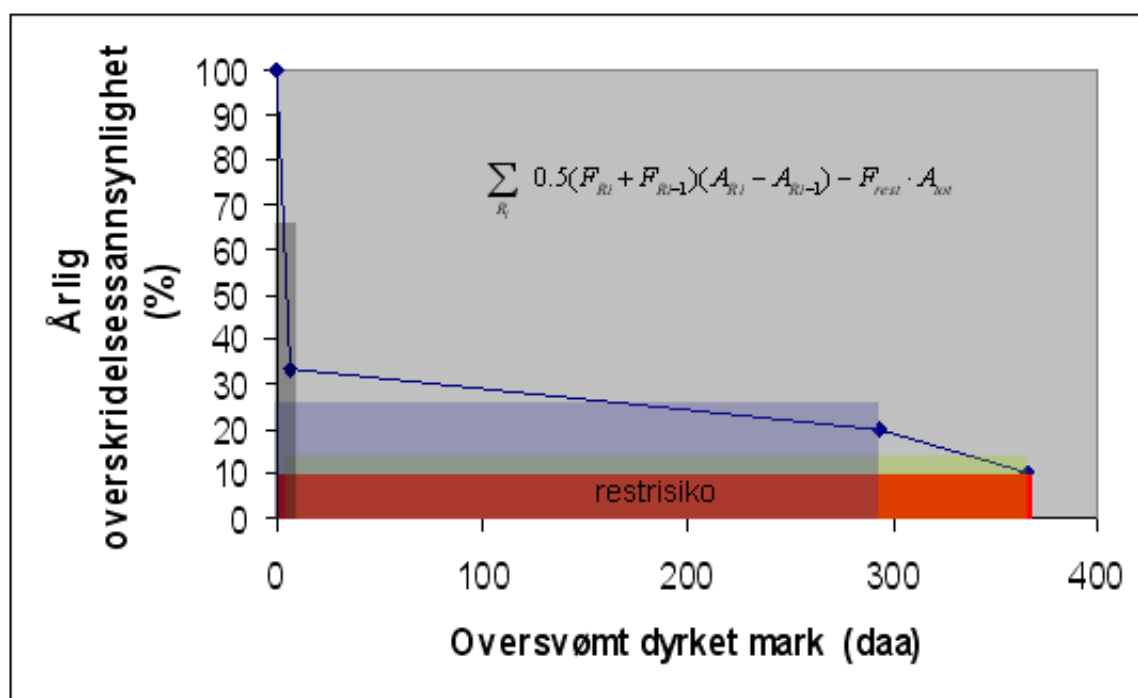
Figur 7 Årlig forventet økonomisk flom skade når skaden varierer med vannstand
Merknad: formel (3) overestimerer skaderisiko med $(a+c+d) \cdot k \cdot Kap$.

Risiko-reduksjonen av flomverket ved Skarvvollene beregnes som summen av marginal risiko for de ulike returperiodene der vi har data om skadeobjekter, fratrasket rest-risiko. For Skarvvollene har vi ikke data for returperioder $R < 3$ år, men **Figur 7** viser at flomutsatt areal for disse returperiodene er relativt lite.

En mulig feil som kan gjøres ved slavisk bruk av NVEs NKA veileder er å summere forventet skade ved de ulike returperiodene man har data for. I **Figur 7** vil dette tilsvare å summere de grønne, blå og grå rektanglene. P.g.a. "dobbel bokføring" av risiko (der rektanglene overlapper) vil dette gi vesentlig høyere årlig forventet flomutsatt areal enn om man integrerer over skadeomfang som i formel (3). Formel (3) representerer også en overestimering av risiko i forhold til integralet i formel (2) (arealet $a+b+c$, **Figur 7**). En lineær tilnærming til integralet vises i formel (4).

$$\sum_R 0.5(F_{Ri} + F_{Ri-1})(A_{Ri} - A_{Ri-1}) - 0.5F_{rest}(A_{tot} - A_{dim}) \quad (\text{formel 4})$$

der restrisiko beregnes som $F_{rest}A_{dim}$. når $A_{tot}=A_{dim}$.



Figur 8 Lineær tilnærming til integralet av økonomisk flom skade

Tilnærmingen vil fungere best for flomutsatte arealer med jevn helning og jevn spredning av skadeobjektene (for eksempel ekstensiv dyrket mark)¹.

Konklusjonen på dette avsnittet er at man kan gjøre tilnærmet akseptable beregninger for arealrelaterte skader med relativt få datapunkter på oversvømt areal ved ulike returperioder. En ukritisk anvendelse av NVEs NKA veileder ved å summere risiko ved ulike returperioder for samme type skadeobjekter vil føre til en overestimering av nytten ved flomverket.

¹ I tilfelle Skarvvollene er forventet årlig flomareale avbøtet med flomvern, basert på observasjon ved 3 ulike returperioder, og beregnet etter formel (4): $E(A) = [0.5(F_{10}+F_5)(A_{10}-A_5) + 0.5(F_5+F_3)(A_5-A_3) + 0.5(F_3+F_1)(A_3-A_1)] - F_{10}A_{10} = 92 \text{ daa/år} - 36,6 \text{ daa/år} = 55,4 \text{ daa/år}$

3.3 Erosjonsskader på dyrket mark

I dette underavsnittet illustrerer vi beregningen av ulike økonomiske skader på dyrket mark. Skadefunksjonen som anvendes i vårt regne-eksempel er her hentet fra Sælthun et al. (2003) og er basert på data fra skaderegistreringene etter flommen "Vesleofsen" i 1995. Parameterverdiene i de empiriske modellene nedenfor er således hentet fra hele Glomma-Lågen og representerer gjennomsnittsskader på tvers av nedbørfeltet. Ved å anvende disse modellene antar vi at skadene på matjord på Skarvfullene forventes å være like gjennomsnittsskadene etter "Vesleofsen".

Risiko for graveskader i matjord

Risiko for graveskader i matjord på en elvestrekning er gitt ved (Sælthun et al. 2003):

$$S_{gm} = f_v \left[1.06F(v,t) + 17.0A_j / A_{tot} - 0.0108A_j / L - 8.91 \right]^2 \quad (\text{formel 5})$$

der

S_{gm} benevnes i m³/daa oversvømmet jordbruksareale (gm= gravet masse)

M_g =gravet masse (m³)

f_v = faktor for vekstslag (5% for eng)

$F(v,t)$ =akkumulert erosjonsfare i området (integrasjon av vannhastighet i løpet av oversvømmelsestiden)

A_j =oversvømmet jordbruksareal

A_{tot} =totalt oversvømmet areal

L =lengde av elvestrekning

Mer spesifikt er risiko for vekkvasjing av matjord på en elvestrekning:

$$S_{mv} = f_{vj} \left[2.09F(v,t) - 3.65 \right]^{4/3} \quad (\text{formel 6})$$

der

S_{mv} benevnes i m³/daa oversvømmet jordbruksareale

f_{vj} =faktor for arealtilstand (vekststadium, jordarbeiding)(3% for eng)

For graving langs elv og vekkvasjing av matjord ved Skarvfullene mangler vi data om spesifikk vannhastighet og oversvømmelsestid for returperioder inntil dimensjonerende flom for flomverket (10år), $F(v,t)$.

Risiko for sedimentasjon av matjord

$$S_{ms} = 0.28S_{mg} + 2.91 \quad (\text{formel 7})$$

S_{ms} benevnes m³/daa oversvømmet jordbruksareale

Her begrenser analysen seg til mangelen på data om S_{mg} som igjen er begrenset av data om spesifikk vannhastighet og oversvømmelsestid, $F(v,t)$

Risiko for graving ved brudd i flomverk

Dette er en risiko som oppstår *på grunn* av flomverket. Man får en risiko for massetap ved brudd på flomverket når flom overstiger dimensjonerende returperiode, altså en risiko man ikke hadde hatt uten flomverket. Graveskader ved brudd i flomverk ble vurdert etter 1995-flommen (>100 årsflom) i Glomma-Lågen som overgikk dimensjonerende returperiode for alle flomverk i området (Sælthun, Gottschalk et al. 2003).

$$S_{fv} = 3,33 \cdot 10^5 (A_{fv} H_0)^{0.16} - 884000 \quad (\text{formel 8})$$

der S_{fv} benevnes i m^3 matjord.

A_{flv} = areal beskyttet av flomvern

H_0 = midlere vanddyb på oversvømt areal

For Skarvollene og en returperiode på 10 år kan vi gjøre en forenklet beregning basert på at vannstand over normalår integrert (summert) over oversvømte arealer ved de ulike returperiodene (3år, vannstand 0,5m; 5år, vannstand 1m; og 10år vannstand 1.5 m²). Plugger vi denne verdien inn for $A_{flv} * H_0$ i formel (8) vil risiko for graveskader ved brudd på flomverk være -107 000 m³. Den negative verdien indikerer et overføringsproblem relatert til skala for analysen. En slik feil kan forekomme når datamaterialet (produktet av returperiodene det er beregnet skade for og flomarealene bak brutte flomverk) er av en annen størrelsesorden enn det som vurderes ved lokaliteten der skadefunksjonen anvendes (Skarvollene her). Regresjonsligningen i formel (8) var beregnet basert på flomskader ved en returperiode >100år i 1995-flommen og ser ut til å estimere skjæringspunktet på vannstand-aksen (skadefunksjon 1, **Figur 1**) ved lavere returperioder svært dårlig.

Konklusjonen er at man må sjekke at variasjonsområdet for datamaterialet som ligger til grunn for regresjonsanalysene/skadefunksjonene dekker retur-perioden og flomarealet man vurderer lokalt, før disse kan anvendes i NKA. Dersom overføringen er gyldig, står man fortsatt foran behovet for detaljerte hydrologiske data for lokaliteten ($F(v,t)$) før skadefunksjonene for jordtap kan anvendes. Netto-effekten av å utelate dette fra analysen er lokalitets-spesifikk: utelatelse av risiko for graving ved brudd på flomverk vil føre til overestimering av nytten ved flomverket, mens utelatelse av risiko for normale graveskader og sedimentasjon (uten flomverket) vil føre til en underestimering av nytten ved flomverket.

² I flomsonekartet er 10 års flom beskrevet. Vi har vurdert høydeprofilen i flomsonekartet for hhv 10, 20 og 30 årsflom, opp mot en høydemodell, flombilder og samholdt dette med vannføringen nede på Losna (ligger ca 5 meter lavere). Vi vurderer feilmarginen i vår ekspert-vurdering av flomhøyder i terrenget til å være ca 10 -20 cm. Det vil i de fleste tilfeller ikke være mulig å oppnå høyere nøyaktighet uten kontinuerlige vannstandsmålinger, noe som ikke vil være tilgjengelig ved de fleste flomsikringsprosjekter (pers. obs. Børre K. Dervo)

4 Nytte-kostnadsanalyse

4.1 Analyseperiode og diskonteringsrate

I tråd med anbefalinger i NVEs NKA veileder bruker vi en diskonteringsrate på $r=4\%$. Dette inkluderer et risiko-tillegg på $0,5\%$ for flom- og sikringsanlegg (NVE, 2001). Analyse-perioden settes vilkårlig til $T=40$ år³. Kapitaliseringsfaktoren for gjentatt årlig risiko blir da $Kap_{4\%,40\text{ år}}=19,7928$ ⁴.

4.2 Pris-satte effekter

I dette avsnittet diskuterer vi antagelser om relevante skadeobjekter i Skarvvollene og presenterer enhetspriser for relevant skadeobjekter. Gitt begrensningene i beregning av erosjonsskader diskutert i foregående kapittel, viser det seg at direkte pris-satte effekter begrenser seg til avlingstap på dyrket mark (eng) og kostnadene ved flomvernet.

Investeringskostnader ved flomverk

Kostnadsanslag er basert på flomsikringsplanen utarbeidet av Ringebu kommune gjengitt i brev fra NVE⁵. Dette reflekterer tilgjengelig informasjon ved beslutningstidspunktet⁶. Formålet for flomsikringen var å hindre oversvømmelse av de ca 750 daa ved flommer opp mot 10-15 års gjentakintervall. Et pumpeanlegg og en overløpsterskel for å slippe inn vann ved flommer som overstiger dimensjonerende flom er bygget. Ringebu kommunes kostnadsoverslag for tiltaket er kr 2.505.000,- inkl mva. I samfunnsøkonomisk NKA benytter vi kostnader uten skatter og avgifter (kr. 2.020.000 ekskl mva.) da disse representerer overføringer og ikke reelle kostnader for samfunnet. Vi har ikke informasjon om faktiske byggekostnader ble høyere (ex post), men det er ikke uvanlig at kostnadsbudsjetter overstiges.

Drifts- og vedlikeholdskostnader

Vi antar en årlig driftskostnad til oppsyn og pumpedrift på 5% av investeringskostnader – kr.100 000. Nåverdien er om lag kr. 2 millioner. I tillegg må man regne med reparasjonskostnader ved overløp av flomvernet. Sannsynligheten for å få et overløp er 10% per år (99% i løpet av en 40 årsperiode⁷). Konsekvensen av et overløp er skjønnsmessig satt til 20% av byggekostnaden, eller kr. 400.000 kr. Forventet nåverdi av disse reparasjonskostnadene ved overløp er kr. 792 000 (regnet på samme måte som restrisiko).

Nåverdien av vedlikeholds- og reparasjonskostnader blir på omlag 2,8 millioner kroner over 40 år. Selv om dette er skjønnsmessig beregnet, kan man konkludere med at selv konservative anslag på drifts- og vedlikeholdskostnader blir i samme størrelsesorden som investeringskostnadene når de diskonteres og summeres over tid.

Nåverdien av investerings- og drifts/vedlikeholdskostnader er om lag 4,8 millioner kroner.

³ NVE(2001, s13) anbefaler bruk av en uendelig tidshorisont (til $r=4\%$) ved beregning av bruksverdi av arealene basert på jordleie. I seg selv kan dette være riktig, men i nytte-kostnadsanalysen er det viktig å presisere at samme tidshorisont bør brukes på alle nytte- og kostnadskomponenter, og at det ikke er hensiktsmessig eller vanlig å bruke en så lang tidshorisont for flere andre typer skadeobjekter.

⁴ $Kap = [(1+r)^t - 1] / [(1+r)^t \cdot r]$

⁵ NVE (brev til Ringebu Kommune 20.1.2003)

⁶ Vi har ikke funnet de faktiske byggekostnader for Ringebu kommune.

⁷ $Pt=1-(1-p)^t$, hvor p = nominell årlig overskridelsessannsynlighet. NVE 2001

Unngått avlingstap i flomåret pga oversvømmelse

I all hovedsak er jordbruksarealet som er flomsikret (**Tabell 1**) under eng/grasdyrking og er "lett-brukt dyrkingsjord" etter NIJOS klassifisering. Bare 1-2 dekar av dyrket jord i området bak flomsikringen er karakterisert som "mindre lettdyrket". Uten at vi har bonitetsdata antar vi "god jord"⁸ (god bonitet). Vi velger å verdsette tapt produksjon på denne jorden ved flom basert på årlig jordleiepris for Østlandet. Jordleieprisen vil være et gjennomsnittsanslag på forventet avkastning på jorden dersom jordleiemarkedet er velfungerende. Uten ytterligere informasjon om bonitet vil anslaget på tapt årlig avkastning fra gras variere mellom 100-400 kr/daa. Jordleieprisen underestimerer bruksverdien av jorden (NVE 2001) fordi (i) det er vanskelig for eier å ta ut hele avkastningen av arealet ved leie, og fordi det kreves betydelig maskinelt utstyr til å drive arealbasert produksjon, og (ii) tap av kompensasjon for avskrivninger på dette utstyret ved at deler av jorda leies ut regnes ikke med i jordleieprisen.

I den andre retningen trekker at det for eng ikke er snakk om avlingstap på samme måte som for eksempel korn, men heller redusert vekstperiode og forringet fôrqualität. Flommens lengde har betydning for effekten på landbruket. Korte flommer tidlig har lite å si. Hvis flommen varer mer enn en uke og vannstanden holder seg høy, kommer bøndene ikke ut og får ikke gjødslet. Selv om vannet forsvinner så er marka for bløt til at de kommer ut med traktor. Ingen gjødsling fører til redusert produksjon. Det er kun ved lengre flommer, dvs over 2-3 uker at de får skader på grasset og må så på nytt. Vi forventer derfor at avkastningstap ved at grasproduksjon kommer senere i gang enn normalt, ikke fullt ut tilsvarer den årlige leieprisen (uten at vi har stedsspesifikke data for å si hvor stort dette tapet er). Flomskader fra 1995 viste at eng vokste normal igjen etter oversvømmelsene, og at andre slått ble relativt bra (Sæltun, Gottschalk et al. 2003).

Anslaget i **tabell 2** blir derfor usikkert da disse effektene trekker i hver sin retning – dette kan vurderes i en følsomhetsanalyse dersom N/K-faktoren er nær 1, noe som tilsier at jordleieprisen kan være avgjørende for om flomverket er samfunnsøkonomisk lønnsomt eller ikke. Til sammenligning er det skjønnsbaserte estimater for avlingstap ved korndyrking beregnet til om lag kr 400/daa.

Tabell 2 Årlige jordleiepriser per daa (2000)

	God jord			Dårlig jord		
	Lavest	Høyest	Middel	Lavest	Høyest	Middel
Grasdyrking Østlandet	100	400	225	50	200	112

Kilde: (NVE 2001)

Til slutt bruker vi formel 2 og flomarealer ved ulike returperioder (**Figur 4**) til å beregne forskjellen i forventet flomareale før og etter flomsikringen over et totalt flomutsatt areale på 366 dekar. Nåverdien av avlingstap verdsatt til høyest bonitet i god jord (kr 400/daa) beløper seg til om lag kr. 440 000. Selv om vi ikke har kunnet beregne unngått grave- og sedimentasjonsrisiko ved flomvernet gir dette en indikasjon på hvorfor NVE har adoptert generelle retningslinjer mot støtte til flomvern begrunnet utelukkende utifra jordbruksinteresser (NVE 2000).

Nydyrket jordbruksareal

En vurdering av markslagskartet viser at totalt 390 daa er potensielt dyrkbar mark uten større tilleggsinvesteringer i jordbearbeiding⁹. Det vil si at ytterligere 24 daa utover dagens bruk kan nydyrkes. Dette er arealer som oversvømmes ved 10 års flommer, men ikke 5 års flommer. Forventet årlig risiko regnet ved et gjentakintervall på 7,5 år tilsvarer da 3,5 daa oversvømt nydyrket areal, tilsvarende en nåverdi på omlag kr. 25 000 (ved formel 2). Nesten hele det disponible arealet virker utnyttet fra et jordbruksperspektiv.

⁸ NVEs NKA veileder Vedlegg 1 for Jordleiepriser.

⁹ markslagskoder JORD=31, 41 og 61.

Som et apropos på bakgrunn av denne analysen; selv om hele det gjenværende arealet kunne dyrkes, ville ikke den totale nåverdien av flombeskyttet dyrket eng (totalt 750 daa flomvernet areal) overstige 1 million kroner (eller om lag 20% av nåverdien av kostnadene).

Unngåtte skader på driftsbygninger, boliger og vei

Det var ingen utsatte driftsbygninger, boliger eller veier i det flomsikrede området for et gjentakintervall på 10 år.

4.3 Konklusjon pris-satte effekter

Nåverdien for pris-satte effekter er på om lag – 4.4 millioner kroner. Hvis pris-satte effekter utgjorde beslutningsgrunnlaget ville det ikke tilrådet å bygge flomverket rundt Skarvollene. Dette var også innstillingen fra NVE¹⁰ på søknad fra Ringeby Kommune om støtte til flomvernet. I sitt brev viser NVE til sine kriterier for vurdering av flomvern (NVE, 2000) der flomverk normalt ikke er samfunnsøkonomisk lønnsomme der de utelukkende begrunnes utifra vern av jordbruksareal. Imidlertid er det et stort antall ikke-prissatte effekter som bør tas hensyn til i en multi-kriterie og kvalitativ vurdering.

4.4 Ikke-prissatte effekter

De viktigste ikke-prissatte effektene av flomverket som må vurderes er arealutvikling, redusert myggplage (nytte), økte turmuligheter (nytte) og tap av biologisk mangfold (arter, elveslettebiotoper) (kostnad). Vi har ikke foretatt en konsekvensutredning av flomverket ved Skarvollene som ville gi oss anledning til å beskrive disse effektene mer i detalj. I stedet danner de utgangspunktet for å foreslå en multi-kriterie tilnærming til vurderingen av flomverk når vesentlige effekter ikke kan pris-settes. Multikriterie-rammeverket illustreres i det påfølgende avsnittet.

Positive ikke-prissatte effekter av flomverk

- **Redusert myggplage**

Innbyggerne i Ringeby sentrum har slitt med myggplager. Reduksjon av klekkeområder for mygg var et hovedmoment i utarbeidelsen av flomsikringsplanene ved Ringeby kommune. Gitt at dette ble argumentert med som den mest sentrale nytte-effekten for flomverket, ville det vært på sin plass å dokumentere om befolkningen i Ringeby har opplevd noen forbedring siden 2003. Etter at tiltaket er gjennomført, vil det være en mulighet å estimere den økonomiske velferdseffekten gjennom en betalingsvillighetsstudie, der man spør befolkningen om sin betalingsvillighet for å vedlikeholde flomverket.

Myggplagen ble ikke avvist som vesentlig, men NVE har ikke blant sine flomsikringskriterier alminnelig folkehelse / estetiske plager: "Flomsikring av et område for å redusere myggplager er etter vår mening ikke en prioritert oppgave for NVE. Våre midler skal brukes til å sikre liv og verdier som en direkte følge av fare for flom, erosjon og ras. Sikring av rene jordbruksarealer eller dyrkbare arealer mot skader som følge av oversvømmelse gir i dag normalt heller ikke tilstrekkelig samfunnsøkonomisk nytte til å forsvare kostnadene ved aktuelle sikringstiltak¹¹." Det interessante ved denne uttalelsen er at NVE ikke anvender samfunnsøkonomisk NKA, men en NKA begrenset til effekter som det har et mandat til å vurdere.

Hvis risikoen for myggplage tas med i analysen er det likevel grunnlag for å så tvil ved velferdseffekten flomverket ved Skarvollene har hatt i den forbindelse. Ifølge NRK var myggplagen stor i Ringeby sommeren 2005, men "insektsforsker Reidar Mehl mener tiltakene har fungert og at det

¹⁰ NVE brev til Ringeby Kommune 20.1.2003

¹¹ NVE (brev til Ringeby Kommune 20.1.2003)

er områder utenfor flomvullen som ikke er ordentlig tørket, og som dermed gir gode vekstvilkår for mygglarvene¹². Dette tyder på at selv om flomverket isolert sett har drenert klekkeområder for myggen, er ikke det drenerte arealet stort nok i forhold til gjenværende klekkeområder utenfor flomverket, men i nærheten av Ringeby. Skadefunksjonen for myggplager har tydeligvis en terskel i forhold til klekkeområde før man kan se en tydelig velferdseffekt. Fra et miljø-økonomisk ståsted vil velferdseffekten bedre måles ved hvor mye mygg det har vært før og etter flomsikringen (under like værforhold), og den subjektive opplevelsen av myggproblemet enn ved areal klekkeområder. Det er bare hvis 2005 var et år med uvanlig våt sommer og Skarvvollene et vesentlig klekkeområde i et år med normal nedbør og flom, at man kunne argumentere for at Skarvvollene flomsikring har hatt en signifikant effekt på mygg (i et normalår). Vi har ikke tilstrekkelig med observasjoner siden flomverket ble bygget, til å trekke noe videre konklusjon.

Uansett kan en multikriterieanalyse synliggjøre hvor stor vekt dette kriteriet må tillegges for at det skal oppheve den negative pris-satte netto-nyten ved prosjektet, samt eventuelle andre negative sider.

- **Unngått jordtap pga graveskader og sedimentasjon**

Som diskutert i innledningen mangler vi hydrologiske data for å kunne beregne risiko for jordtap ved flom og sedimentasjon.

- **Økte turmuligheter**

Flomvernet har gitt befolkningen økte turmuligheter langs flomvullen. Dette kan være en vesentlig bi-effekt i nærheten av tettstedet Ringeby, men det er samtidig mange alternative turområder. Dette må betraktes som en sekundær positiv effekt iforhold til evt. å redusere myggplagen.

- **Utvikling av Industriarealer/boligarealer**

Flate områder er lett å ta i bruk til industri/bolig. Drenert sumpmark kan omsettes til nyttige arealer. I tilfelle Skarvvollene er det lite sannsynlig at flomverket dimesjonert for en 10-årsflom gir tilstrekkelig risiko-reduksjon til at man er villig til å etablere infrastruktur med en levetid på flere tiår. Risikoen for en 10-årsflom i løpet av 40 år er 99%. Risikoen for en 100-årsflom i samme periode er 33%. Vi vurderer nytten av den nåværende flomsikringen ved Skarvvollene for bolig og næringsareal til å være null.

¹² NRK. "Myggsommer i Ringeby". 20.7.2005.

http://www.nrk.no/nyheter/distrikt/nrk_hedmark_og_oppland/4913166.html

Negative ikke-prissatte effekter av flomverk

- **Tap av sjeldne arter.** Tap av regionale, nasjonale eller internasjonale rødliste-arter kan være en indikator relatert til biologisk mangfold. **Tabell 3** viser at 2 småkrepsarter og 2 vannvegetasjonsarter funnet ved Skarvvollene før flomsikringen ble bygget, er rødliste-arter i Norge.

Tabell 3 – Rødliste-arter ved Skarvvollene

			1	3	3	3	3
Lokalitetsnummer			5000054	5000040	5000041	5000035	5000036
		dammer/flomløp Skarvvollene	Skarvdammen	Gunstadmoevjua (nordre+søndre st.)	Storevja (midt- re+nordre st.)	Jerpedsdammen	Stortjønnnet
Småkreps	NY for Oppland	5	1	3	2	2	2
	NY for Norge	0	0	0	0	0	0
	Sjelden (rødlistet) i Norge	2	0	1	1	0	0
Vannbiller	NY for Oppland	1	0	1	0	1	1
	NY for Norge	0	0	0	0	0	0
	Sjelden (rødlistet) i Norge	0	0	0	0	0	0
Vannvegetasjon	NY for Oppland	0	0	0	0	0	0
	NY for Norge	0	0	0	0	0	0
	Sjelden (rødlistet) i Norge	2	1	0	1	0	0
Liten salamander		x		x			
Stor damsnegl		x	x	x	x		x

Merknad: Skarvvollene, Ringeby kommune: Totalt 5 lokaliteter undersøkt i perioden 2001-2003 (småkreps og vannbiller), 2002-2004 (vannvegetasjon). X= forekomst uten kvantifisering

Kilde: pers.kom. Ann Kristin Schartau og Oddvar Hanssen, NINA.

- **Tap av sjeldne naturtyper** – i dette tilfelle elveslette – er nok en relatert indikator for biologisk mangfold. Andel tapt elveslette-areal lokalt, regionalt eller nasjonalt kan være relevante indikatorer.

Siden 1985 er arealet med intakte elvesletter i Ringeby kommune mer enn halvert fra om lag 8 km² til ca. 2,5 km² per 2000-2005 (Sandlund et al. 2006). Flomverket ved Skarvvollene har ført til tap av 0,75 km² (750 daa), eller tap av omlag 30% av gjenværende intakte elvesletter i kommunen per 2000.

- **Tap av oppvekstområde for fisk.** Noen evjer i elvesletter er viktige oppvekstområder for fisk. I tilfelle Skarvvollene var det 2 evjer som hadde denne funksjonen. Det umulig å fastslå betydningen av disse områdene, men nærliggende å tro at dette er en sekundær-effekt iforhold til tap av naturtyper (hvis man vurderer det etter hva av faglig biologisk ekspertise har av argumenter mot flomvern på elvesletter).

- **Tilleggsrisiko ved graveskader som følge av brudd på flomsikring**

Som diskutert i innledningen mangler vi hydrologiske data for å kunne beregne risiko for jordtap ved overløp av flomsikringen.

- **Tap av fuglehabitat.** Fjellstad (1998) vurderte Skarvvollene's verneverdi som fuglehabitat ihht. en 3-delt poengklassifiseringssystem etter 6 kriterier. Nedenfor angis poengene for hver av de seks kriteriene som andel av totalt mulige for Skarvvollene.
 - o **Funksjon** (hekkeområde, rasteplass under trekk, overvintringsområde, myteområde): 3/3
 - o **Artsutvalg** (lokalitetens geografiske beliggenhet, høyde over havet, størrelse og observasjonsdekning tatt i betraktning): 2/3
 - o **Hekketetthet** (lokalitetens geografiske beliggenhet, høyde over havet, størrelse og observasjonsdekning tatt i betraktning): 1/3
 - o **Forekomst av arter med truet bestandssituasjon** (jfr. utarbeidet rødliste for fuglearter i Norge og i Oppland): 3/3
 - o **Lokaliteten som type/-referanseområde**: 3/3
 - o **Lokalitetens tilstand/uberørthet**: 2/3

Skarvvollene ble vurdert som en lokalitet med 14/18 mulige poeng, og faller i nederste del av øverste klasse for verneverdi: "stor bevaringsverdi i regional sammenheng. Lokaliteten har innslag av sjeldne arter av stor regional eller nasjonal betydning". Skarvvollene var habitat for 5 fuglearter på nasjonal rødliste og flere som er truede i Oppland. (Fjellstad, 1998). Vi har ikke en vurdering av Skarvvollene etter flomsikringen, men antar hypotetisk at området får laveste poengsum i alle kategorier, altså 6/18.

5 Multi-kriterie-analyse som komplement til nytte-kostnadsanalyse

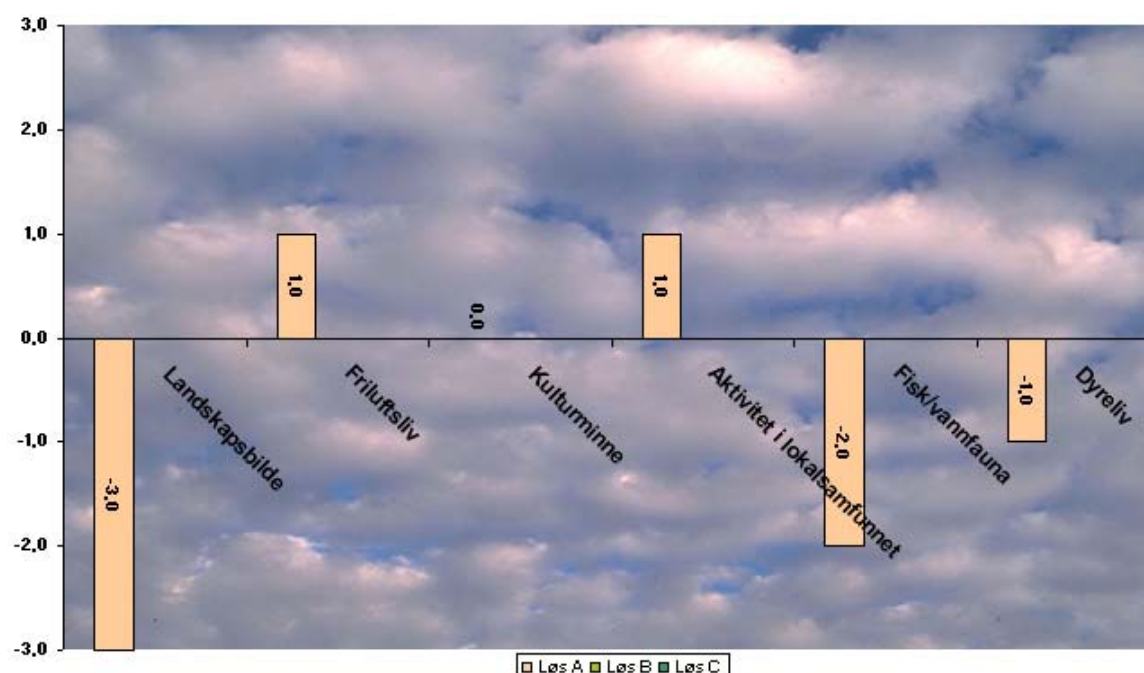
NVE (2001) legger relativt stor vekt på faglig skjønnsbasert vurdering av ikke-prissatte konsekvenser. NKA veilederen anbefaler en kvalitativ vurdering av hver konsekvens "betydning" på en skala fra -3 til +3, der betydning er et produkt av "verdi"¹³ og "omfang"¹⁴.

Betydning beskrives fra liten lokal betydning (-/+ 0,5) til nasjonal betydning (-/+ 3,0) (**Tabell 4**) og plottes så inn i en grafisk fremstilling ved hjelp av søyler (**Figur 9**)

Tabell 4 Plassering av konsekvensens betydning iht opplysninger om verdi og omfang.

Inngrepets betydning i omfang	Negativ verdi	Positiv verdi
Nasjonal betydning	-3,0	+3,0
Stor regional betydning	-2,5	+2,5
Mindre regional betydning	-2,0	+2,0
Stor lokal betydning	-1,5	+1,5
Middels lokal betydning	-1,0	+1,0
Liten lokal betydning	-0,5	+0,5
Ingen betydning	0	

Kilde: NVE (2001)



Figur 9 Hypotetisk eksempel på multi-kriterie vurdering av konsekvenser ifølge NVEs NKA veileder. Kilde: tilpasset (NVE 2006)

¹³ "Områdets verdi uttrykkes gjennom tilstand, egenskaper og utviklingstrekk for vedkommende konsekvensgruppe (interesse/tema) i det berørte området."

¹⁴ "konsekvens omfang uttrykker hvor store endringer sikringstiltaket vil få for vedkommende konsekvensgruppe."

Fordelen med NVE veilederens multi-kriterie verktøy er at det er enkelt å bruke. Men den har en rekke begrensninger som etter vår mening kan gjøre det vanskelig å etterprøve vurderingene:

- det er vanskelig å anvende for eksempel miljødata - dersom man har dem - direkte i analysen uten å tolke dem om til en skalar-verdi som brukes i veilederen (-3 til +3).
- skalarverdiene i veilederen bygger på en antagelse om at betydningen av konsekvensene er normalisert over flere ulike geografiske skalaer / berørte områder. Konsekvensgruppene er generelle og varierer ikke fra prosjekt til prosjekt.
- multi-kriterie-verktøyet har ingen mulighet for å dele opp hver konsekvensgruppe i sub-kriterier (i et kriterie-hierarki).
- ekspertskjønn av "verdi" i NVE veilederen er ikke eksplisitt synlig i **Tabell 4**. Disse verdiene viser preferansene til den som gjør analysen. I en multi-kriterie-analysene er dokumentasjon av disse preferansene - i form av vektorer - det sentrale i analysen, og det som oppsummerer interesse-konflikt.

NVEs veileder drar derfor ikke nytte av viktige aspekter ved multi-kriterie-analyse:

- (i) muligheten til å anvende kvantitativ, men ikke-prissatt informasjon om konsekvenser dersom denne er tilgjengelig
- (ii) muligheten til å vekte konsekvensene mot hverandre og dokumentere denne vektingen eksplisitt. Muligheten for å vurdere sub-kriterier.
- (iii) eksplisitt definisjon av normaliseringen av konsekvensens betydning på tvers av ulike geografiske skalaer for berørt områder

I det følgende demonstrerer vi hvordan multi-kriterieanalyse kan anvendes på vurdering av flomvern når man har blandede konsekvensdata.

(i) Vurdering av kvantitative ikke-prissatte konsekvenser

Resultater fra nytte-kostnadsanalysen av pris-satte konsekvenser er oppsummert i **Tabell 5**, sammen med en vurdering av betydningen av ikke-prissatte konsekvenser. Vi har skjønnsmessig – og som hypotetisk regneeksempel – anvendt NVEs skala for "betydning" av effekter der vi ikke hadde miljødata. For tap av elvesletter som naturtype, og for tap av rødlistearter i Skarvvolene har vi kvantitative miljødata som er anvendt direkte.

Utfordringen er å sammenligne disse konsekvensene med sine ulike skalaer. Dette krever normalisering av effektene til en felles skala, samt vekting, som vises på de neste sidene.

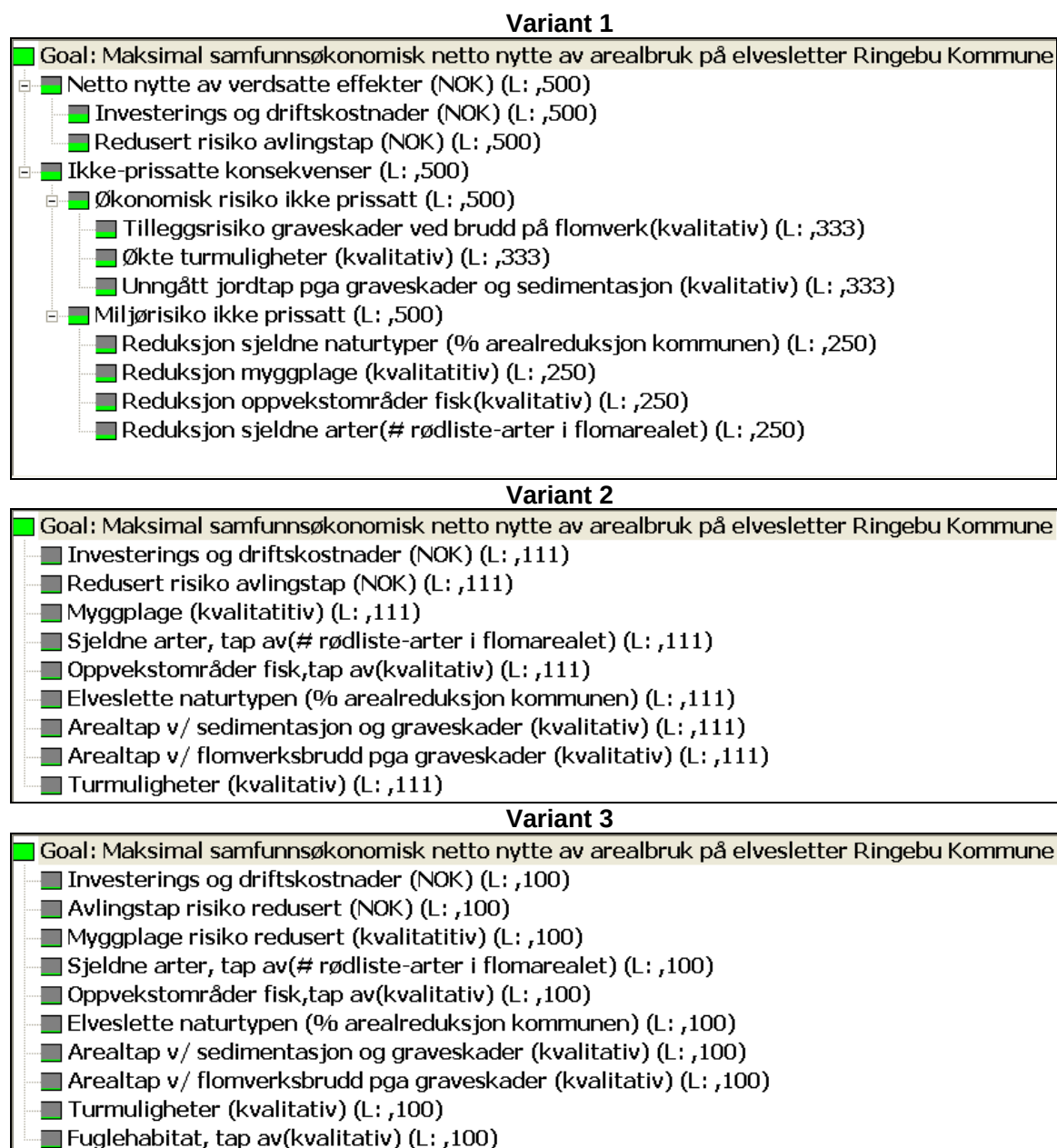
Tabell 5 Oppsummering av pris-satte og ikke-pris-satte konsekvenser ved Skarvollene flom-sikring

Kriterier	Sub-kriterier	Konsekvensmål	Konsekvens	
			Alternativ 1 (flomvern)	Alternativ 0 (ingen flomvern)
Nåverdi kostnader	Investerings og driftskostnader	kr.	-2 020 000 -2 800 000	0 0
Nåverdi pris-satte konsekvenser	Avlingstap, aktuelt + potensielt	kr.	- 465 000	0
Ikke-prissatte positive /nøytrale konsekvenser	- Redusert myggplage	score	+1,5	0
	- Unngått jordtap pga graveskader og sedimentasjon	score	+1	0
	- Økte turbuligheter	score	+0,5	0
	- Utvikling av industriarealer/boligarealer.	score	0	0
Ikke-prissatte negative konsekvenser	- Reduksjon sjeldne arter.	rødliste-arter i sikringsomr.	-4 arter	0
	- Reduksjon sjeldne naturtyper	% reduksjon areal kommune	-30%	0
	-Reduksjon oppvekstområder for fisk	score	-0,5	0
	- Tilleggsrisiko graving ved brudd på flomverk	score	-1	0
	- Risiko tap av fuglehabitat (Fjellstad, 1998)	score	14/18	6/18

Merknad: scorene er satt hypotetisk og som eksempler av forfatteren selv. For at resultatene av scoring skal være troverdige bør de være utført av et ekspertpanel som er utpekt av interessentene

(ii) Mulighet for å vurdere sub-kriterier, vekte dem og dokumentere vektingen eksplisitt

Figur 10 til viser to varianter av et kriterie-hierarki. Hovedmålsettingen ("goal") med analysen er å finne alternativet med "maksimal samfunnsøkonomisk netto nytte av arealbruk på elvesettene i Ringeby kommune". Variant 1 har både hovedkriterier (netto-nytte, ikke-prissatte konsekvenser), sub-kriterier (ikke prissatt økonomisk risiko og miljørisiko) og del-kriterier som beskriver konsekvensene i detalj. Variant 2 har ikke et hierarki, men sammenligner alle identifiserte konsekvenser direkte. Variant 3 har et ekstra kriterium i forhold til Variant 2.

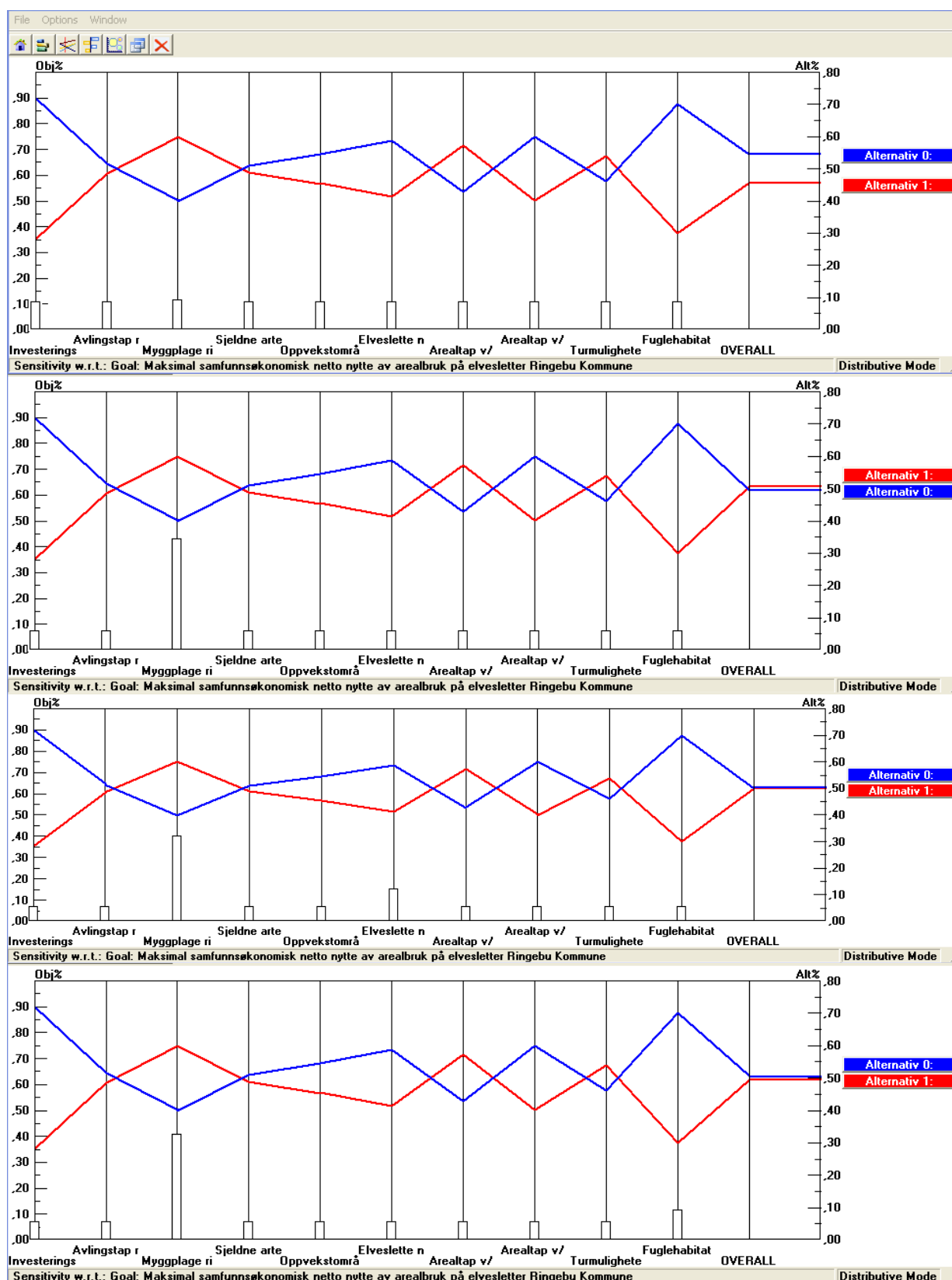


Figur 10 Eksempel på verdi-hierarki i multi-kriterianalyse for Skarvvollene

Merknad: brukergrensesnitt i Expert Choice programvare som viser vekten (brøkene) av hvert kriterie når kriterier på hvert nivå får lik vekt.

Det er verdt å merke seg at for hvert kriterium som legges til på et gitt nivå, vil denne hierarkiske metoden føre til at andre kriterier på dette nivået får mindre vekt (sammenlign variant 2 og 3). Kriterier høyere opp i hierarkiet får også høyere vekt (se variant 1 ift variant 2&3). Det er derfor ikke likegyldig hvordan kriteriene grupperes for hvilken vekt de får. Det er derfor viktig at interessentene er enige om kriterie-hierarkiet, i tillegg til selve vektingen, og hvilke eksperter som brukes til å konsekvensvurdere alternativene (angi score for hvert kriterium).

I den videre vurderingen anvender vi den enkleste versjonen uten kriterie-hierarki (variant 3). **Figur 11** viser resultatet av multikriterie-analysen, inkludert en følsomhetsanalyse av vektingen av myggplager og tap av naturtypen elvesletter.



Figur 11 Følsomhetsanalyse på den relative vekten av nåverdi mot ikke-prissatte konsekvenser Merknad: brukergrensesnitt i Expert Choice programvare. Søylen viser den relative vekten som hvert kriterier får i valget av alternativer. Vektene reflekterer interessenters preferanser, og kan brukes til å identifisere uenigheter mellom dem. Den røde og blå linjene viser betydningen av konsekvensene for hvert alternativ (fra **Tabell 5**), normalisert til en "score" (mellom 0 og 1).

I **Figur 11** ser vi at Alternativ 0 - uten flomverk- foretrekkes der alle kriterier er vektet likt (øverste bildet). Alternativ 1 (flomverk) foretekkes dersom myggplagen vektlegges 4-5 ganger høyere enn andre kriterier (andre bilde). Hvis tap av elveslette som naturtype eller tap av fuglehabitat vektlegges 1,5 ganger høyere enn de andre kriteriene, men mindre enn myggplage velges Alternativ 0 igjen (nederste 2 bilder).

(iii) Normalisering av konsekvenser over ulike geografiske skalaer

Det som ikke synes i følsomhetsanalysen i **Figur 11** er at normalisering av betydningen av konsekvensene har mye å si for hvordan vektingen slår ut (normalisering og vekting går altså ikke ut på det samme). Dette skyldes skalaen som konsekvensen er vurdert mot – det vil si den maksimale negative/positive betydningen som hver konsekvens kan ha.

I NVE (2001) veilederen står det at "verdien av en konsekvens uttrykkes gjennom tilstand, egenskaper, og utviklingstrekk for vedkommende konsekvensgruppe (..) i det berørte området" (s.9). En bedre definisjon ville skille mellom *verdi per enhet* av det berørte området, og *omfanget* av det forventede berørte området i forhold til det potensielt berørte området.

Dette er avgjørende når lokale miljøeffekter sammenlignes med nasjonale eller globale; for eksempel når myggplagen i tettstedet Ringeby vurderes mot en sjelden naturtype i kommunen, hele nedbørfeltet, eller mot nasjonale rødlistearter. I **Tabell 6** vises antagelsene vi har gjort for å kunne normalisere betydningen av hver konsekvens (en forutsetning for å kunne vekte og sammenligne dem). For eksempel, investerings- og driftskostnadene og *faktisk* risiko for avlingstap vurderes mot et teoretisk totalt tap på -7,9 millioner NOK. Dette er summen av investerings- og driftskostnader og *potensielt* avlingstap – dvs. avlingstap hvis det var 100% sannsynlig at hele det potensielle jordbruksarealet ble oversvømt hvert år, altså et teoretisk maksimum for pris-satte konsekvenser.

Tabell 6 Potensiell maksimal negative/positiv konsekvens for hvert kriterie

Covering Objectives / Formulas	Type	Low / I1	High / I2
Investerings og driftskostnader (NOK)	INCR	-7900000,	0,
Avlingstap risiko redusert (NOK)	INCR	-7900000,	0,
Myggplage risiko redusert (kvalitativ)	INCR	-3,	3,
Sjeldne arter, tap av(# rødliste-arter i flomarealet)	INCR	-100,	0,
Oppvekstområder fisk, tap av(kvalitativ)	INCR	-3,	3,
Elveslette naturtypen (% arealreduksjon kommunen)	INCR	-100,	0,
Arealtap v/ sedimentasjon og graveskader (kvalitativ)	INCR	-3,	3,
Arealtap v/ flomverksbrudd pga graveskader (kvalitativ)	INCR	-3,	3,
Turmuligheter (kvalitativ)	INCR	-3,	3,
Fuglehabitat, tap av(kvalitativ)	INCR	0,	18,

Merknad: konsekvensene ("covering objectives") vurderes mot en minimum("low") og maksimumsverdi("high").

Hva er den potensielle betydningen av myggplager og andre ikke-prissatte effekter? Maksimum og minimum som angitt i **Tabell 4** i NVEs veileder er satt til en score -3 til +3. Ved å anvende denne tabellen på konsekvensene "myggplager", "oppvekstområder for fisk", "arealtap", og "turmuligheter" antar vi at konsekvens-området som effektene normaliseres over er omtrent likt. Det stemmer omtrent, kanskje med unntak av myggplager som rammer befolkningen i Ringeby sentrum også et stykke unna flomvernet.

Problemet med normalisering blir mye tydeligere når vi ser på konsekvensene på "elveslette naturtypen" – her er tapet av elveslette-arealer på 30% av totalarealet av denne naturtypen i

Ringebu kommune. Dersom vi hadde vurdert tapet mot et større geografisk område, for eksempel hele Lågen, ville betydningen av flomverket ved Skarvollene vært mindre. For "tap av rødliste-arter" er betydningen av normalisering enda tydeligere – som eksempel har vi sammenlignet tapet av 4 rødliste-arter i Skarvollene mot et vilkårlig maksimalt tap på 100 arter. Dersom vi sammenligner tapet av 4 rødlistearter i Skarvollene mot akvatiske rødliste-arter i Ringebu Kommune vil effekten være større enn dette fordi mange av rødliste-artene i Ringebu elvesletter finnes på Skarvollene. Dersom vi hadde sammenlignet tapet mot alle rødliste-arter i Norge, vil konsekvensen sannsynligvis ha marginal betydning, da artene finnes mange andre steder i landet (ikke er endemiske for Skarvollene eller Ringebu Kommune). For tap av fuglehabitat er Skarvollene vurdert for sin verneverdighet i regional sammenheng (Oppland) og funnet av stor bevaringsverdi. Skarvollene var også habitat for 5 fuglearter på nasjonal rødliste.

Utfordringene med normalisering i en multikriterieanalyse er i realiteten en formalisert fremstilling av problemet man har med å vurdere små inkrementelle tap av biologisk mangfold i konsekvensvurderinger. Hvor viktig tapet av artsmangfold er avhenger av hvor stort geografisk område og hvilken tidshorisont man vurderer konsekvensene over.

6 Konklusjoner

Med en skjønnsmessig vektning av forfatterne basert på skriftlig materiale om ikke-prissatte effekter av konsekvensene ved flomsikring på Skarvvollene finner vi at 0-alternativet uten flomsikring er å foretrekke, under forutsetning om at myggplager ikke veier mer enn andre ikke prissatte konsekvenser. Dersom myggplager veier dobbelt så mye som andre kriterier, foretrekkes alternativ 1 med flomsikring. Dersom tap av naturtypen elvesletter vektet like høyt som myggplager (og begge høyere enn andre kriterier) foretrekkes null-alternativet ingen utbygging. Nytte-kostnadsanalysen av prissatte effekter var en partiell analyse, men bekreftet NVEs veiledende kriterier for vurdering av flomsikring – at jordbruksareal vanskelig alene kan begrunne investeringen og vedlikehold av flomsikring.

Selv om vi har brukt en del skjønnsmessige størrelser i vurderingen av flomsikringen ved Skarvvollene har det vært tilstrekkelig for å illustrere styrker og svakheter med NVE's nytte-kostnadsveielder for flomsikring. De viktigste svakhetene ved veilederen er:

Nytte-kostnad / prissatte konsekvenser:

- manglende veiledning for vurdering av risiko for økonomisk tap ved returperioder som er mindre enn designkriteriene for flomsikringen. Dette kan føre til en undervurdering av netto-nyten av flomverk ved ikke å ta høyde for nytten som flomverket gjør for mindre, men hyppige flommer. Mer generelt er dette grunnet i mangelen på detaljerte flomkart - men dette er en et felt under stadig forbedring jfr NVEs Flomsonekartprosjekt¹⁵.

Multi-kriterie / ikke-prissatte konsekvenser:

- anvender ikke kvantitativ ikke-prissatt informasjon (for eksempel miljødata) om konsekvenser eksplisitt dersom denne er tilgjengelig
- vekter ikke konsekvensene mot hverandre eksplisitt. Å vurdere alle ikke-prissatte effekter over samme skala (-3, +3) betyr å gi alle konsekvensene lik vekt – noe som kan stride mot preferansene til interessenter i saken.
- har ikke fleksibiliteten til å vurdere sub-kriterier i et kriterie-hierarki.
- gir ikke anledning til en eksplisitt vurdering av normaliseringen av konsekvenser på tvers av ulike geografiske skalaer for berørt område

Fordelene med NVEs veileder er at den er enkel og gir i store trekk et konsistent rammeverk for vurdering av samfunnsnytte av flomsikring på tvers av prosjekter. Mangelen på dokumentasjon av vekter og normalisering gjør imidlertid vurderingene lite etterprøvbare. Veilederen

En av de største fordelene ved multi-kriterie-analyser er at den gir en strukturert og etterpørbar metode for vurdering av ikke-prissatte og prissatte konsekvenser, og en metodisk ramme for å strukturere og dokumentere preferansene til ulike brukerinteresser. Gjennom en systematisk sammenligning av kvantifiserte tiltakskostnader og flomsskadekostnader mot ikke-prissatt økologisk status kan det også være en nyttig ramme for vurdering under Vannrammedirektivet av "uforholdsmessige kostnader" ved hydromorfologiske inngrep

¹⁵ http://www.nve.no/modules/module_109/publisher_view_product.asp?iEntityId=866

7 Referanser

- Fjellstad, D.L. 1998. Fugleregistrering på Skarvvollene i Ringeby 1998. Norsk Ornitologisk Forening, avd. Oppland
- Bjørndal, I., K. Bjørkelo, B. Nilsen, I. Nystuen, G.H. Strand, K. Thorvaldsen. 2004. Kodeverk og symbolbruk i DMK og avleidde produkt. Norsk Institutt for Jord og Skogkartlegging. NIJOS dokument 36-04.
- NVE. 2000. Prioritering av tiltak for sikring mot ras, erosjon og flom, samt miljøtiltak i og langs vassdrag. Prinsipper og kriterier for NVEs bistand til gjennomføring av tiltak. V Notat 1/2000.
- NVE. 2001. Brukerveileder for Nytte- kostnadsanalyse av sikringstiltak i vassdrag, Vassdragsavdelingen, seksjon for vassdragsteknikk. NVE september 2000. Oppdatert juni 2001.
- NVE. 2006. Nytte/kostnadsanalyse av sikringstiltak i vassdrag. Flomsikring mot Trysil-elva ved Innbygda. (mimeo og Excel-ark). 18.05.2006, NVE.
- Sandlund, O.T., Hovik, S., Selvik, J.R., Øygarden, L. & Jonsson, B. (eds.) 2006. Nedbørfeltorientert forvaltning av store vassdrag. NINA Temahefte 35: 80 s.
- Sælthun, N. R., L. Gottschalk, I. Krasovskaia, H. Berg, A. Voksø, S.E. Kristensen, H.-O. Eggstad, M. Skoglund & M. Wathne. 2003. Økonomisk risikoanalyse for flommer. Hydra-rapport R03, NVE.

NINA Rapport 464

ISSN:1504-3312

ISBN: 978-82-426-2034-7



Norsk institutt for naturforskning

NINA hovedkontor

Postadresse: 7485 Trondheim

Besøks/leveringsadresse: Tungasletta 2, 7047 Trondheim

Telefon: 73 80 14 00

Telefaks: 73 80 14 01

Organisasjonsnummer: NO 950 037 687 MVA

www.nina.no