

---

RAPPORT

# Verdien av vassdragsreguleringer for reduksjon av flomskader

---

OPPDRAKSGIVER

Energi Norge

EMNE

Metoderapport

DATO / REVISJON: 19. mars 2018 / 3

DOKUMENTKODE: 130698-RIVass-RAP-001

---



Multiconsult

Forsidefoto: Statkraft

Denne rapporten er utarbeidet av Multiconsult i egen regi eller på oppdrag fra kunde. Kundens rettigheter til rapporten er regulert i oppdragsavtalen. Tredjepart har ikke rett til å anvende rapporten eller deler av denne uten Multiconsults skriftlige samtykke.

Multiconsult har intet ansvar dersom rapporten eller deler av denne brukes til andre formål, på annen måte eller av andre enn det Multiconsult skriftlig har avtalt eller samtykket til. Deler av rapportens innhold er i tillegg beskyttet av opphavsrett. Kopiering, distribusjon, endring, bearbeidelse eller annen bruk av rapporten kan ikke skje uten avtale med Multiconsult eller eventuell annen opphavsrettshaver.

## RAPPORT

OPPDRAAG	<b>Verdien av vassdragsreguleringer for reduksjon av flomskade</b>	DOKUMENTKODE	130698-RIVass-RAP-001
EMNE	Metoderapport	TILGJENGELIGHET	Offentlig fra 22. mars 2018
OPPDRAAGSGIVER	<b>Energi Norge</b>	OPPDRAAGSLEDER	Brian Glover
KONTAKTPERSON	Geir Taugbøl	UTARBEIDET AV	Brian Glover, Nils Roar Sælthun, Kristine Lilleeng Walløe
		ANSVARLIG ENHET	1087 Oslo Hydrologi

## SAMMENDRAG

### Utfordringer med økte flomskader og betydningen av vassdragsreguleringer for samfunnet nedstrøms.

I perioden 2011 – 2016 har årlige utbetalinger for forsikringsoppgjør knyttet til flomskader nesten firedoblet seg sammenlignet med perioden 1980 til 2010 (KPI-justert). Trenden fortsetter i 2017 etter Utvik i juli og flommen på Sørlandet i oktober. Energi Norge har engasjert Multiconsult Norge AS for å illustrere hvilken betydning vannkraftreguleringer har på reduksjon av slike flomskader i dagens klima, og for å utvikle en metode for estimering av magasiners verdi for samfunnet utsatt for flomskade nedstrøms.

Verdien av store reguleringer kom godt fram under flommen på Vestlandet i oktober 2014, da Flåm og Odda fikk skader som overskred 500 millioner kroner til sammen, mens det ikke ble skader i de regulerte nabovassdragene Aurland og Tyssedal. Selv om denne høststormen traff veldig bredt over hele Vestlandet, med gjentaksintervaller i størrelsesorden 50 til 200 år, var ingen regulerte vassdrag særlig påvirket av flomskader.

De samlede samfunnskostnadene for denne ene flomhendelsen i oktober 2014 er estimert til omtrent 1,2 milliard kroner (se tabell 8-1). Av dette er ca. halvparten skader på privat eiendom, og halvparten er skader på offentlig infrastruktur og statlig eiendom, men denne fordelingen vil variere fra sted til sted og flom til flom. En tidligere studie utført av samferdselsetatene (ref. 3) viser en samfunnskostnad på over 1,1 milliarder kr for skader påført Dovrebanen, E6 og bebyggelse langs Gudbrandsdal under mai flommen i 2013, men denne typen skade kunne neppe blitt vesentlig redusert av de relativt små magasiner i Øvre Otta. Norge har blitt rammet av flommer med samfunnskostnader som overstiger en milliard kr. nesten hvert eneste år siden 2011.

Denne rapporten beskriver 3 ulike tilnærminger for å illustrere betydningen av reguleringer i flomsituasjoner:

- Aktuelle skadetall fra erfarne flomhendelser (ofte milliarder som nevnt over – se Kap. 3)
- Beregning av redusert skade ved bruk av flomfrekvensanalyser, flomsonekart og økonomisk verdsettingsmodell (se Kap. 4)
- Beregning av effekten av begrensninger på magasinmanøvrering for flomdempingskapasiteten (se Kap. 6.6)

Regulanter har et samfunnsansvar i flomsituasjoner. De skal aktivt manøvrere innenfor manøvreringsreglementet for å begrense flomskader, så langt det kan gjøres uten uforholdsmessig utgift eller ulempe (Vannressurslovens §5). De fleste regulanter tar dette ansvar alvorlig og har flomprognosemodeller som kan varsle mulige skadeflommer, men slik varsling er alltid beheftet med stor usikkerhet. Ofte uteblir «storflommen» og regulanten kan tape inntekter ved å overvurdere tilsiget som er varslet. Under en veldig stor skadeflom (som skjedde på Østlandet i 1995) kan de unntaksvis bli pålagt av NVE å manøvrere magasinene for flomdemping. I hovedsak er regulanter veldig bevisste på hvordan de kan dempe varslede flommer og bidrar aktivt til flomdemping uten økonomisk kompensasjon. For eksempel ble både Nisser og Byglandsfjorden forhåndstappet før flommen på Sørlandet i oktober 2017 (ref. 32).

3	19.03.2018	Endelig utgave med reviderte beregninger for Skiensvassdraget	BRG	KLW	BRG
2	05.01.2018	Rapport overlevert Energi Norge	BRG; NRS	KLW	BRG
1	09.11.2017	Revidert utkast med utvidet sammendrag	BRG; NRS	KLW	BRG
0	11.10.2017	Komplett utkast til Energi Norge og referansegruppe	BRG, KLW, NRS	NRS	BRG
REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV

Energimeldingen fra 2016 understreker betydningen av reguleringer i arbeidet med klimatilpasning (se ref. 28, Kap. 15.2.5): *Regjeringen legger opp til at vektlegging av flomdempende effekt blir enda viktigere i fremtidig konsesjonsbehandling. (...) Flomdemping blir et sentralt tema ved revisjon av eldre reguleringskonsesjoner. I mange av disse sakene er det interessenter som ønsker magasinrestriksjoner av hensyn til natur, miljø og friluftsliv. Effekten på flomdempingskapasiteten vil variere fra sak til sak, men må tillegges betydelig vekt. Å ivareta den flomdempingskapasiteten som allerede finnes i reguleringsmagasinene vil være viktig.*

*I dag er det få prosjekter til konsesjonsbehandling som har gode reguleringsmuligheter og enda færre der flomdemping er en sentral problemstilling. I årene som kommer vil imidlertid mange reguleringsanlegg måtte rehabiliteres (...) Dette åpner opp for å samtidig vurdere muligheter for økt flomdemping, for eksempel ved at man overfører vann fra et flomutsatt vassdrag til et eksisterende reguleringsmagasin*

Klimaendringer vil gradvis føre til større skadeflommer om sommeren og høsten. Disse er mer vanskelig å forhåndsvarsle, og det er viktig at evnen magasiner har til å dempe slike flomtopper og unngå skader får økt oppmerksomhet fremover. Prosesser knyttet til nye reguleringsøknader og revisjon av vilkår i eksisterende konsesjoner har hittil manglet denne oppmerksomheten. En måte å få større fokus på flomdemping er å kvantifisere hva magasiner allerede betyr i form av unngåtte skader på eiendom og infrastruktur, og her legger vi frem et forslag til en slik metodikk.

## Resultater av studien

Rapporten beskriver hvordan verdien av vassdragsreguleringer kan beregnes når det gjelder magasinenes bidrag til reduksjon av flomskader. Metodikken bygger videre på NVEs kost-nytte verktøy for sammenligning av alternative flomsikringstiltak (NKA-2016 versjon 1.10 – se vedlegg 1). Som datagrunnlag brukes NVEs flomsonekart hvor modellerte oversvømte arealer benyttes til å identifisere alle bygninger som er berørt ved en viss flomvannføring. Listene over berørte bygninger gir inngangsdata til NKA-2016 som regner ut funksjoner for skadesannsynlighet i det flomutsatte området. Ved å endre sannsynlighet fra regulerte til uregulerte forhold ved en bestemt flomvannføring kan NKA-verktøyet utarbeide et tall for årlige verdier av unngåtte skader som direkte resultat av eksisterende reguleringsmagasiner oppstrøms.

Rapporten bruker Telemarksvassdrag for å teste metodikken, og flere historiske flommer har blitt simulert uten effekten av magasinene oppstrøms. Med dagens reguleringer er den forventede årlige skaden bare i Notodden på grunn av flom på 10 millioner kroner. Uten reguleringer ville dette ha økt til 56 millioner kroner. Den forventede årlige besparelsen i flomskader er altså på 46 millioner kroner på grunn av alle dagens reguleringer. Tar man med unngåtte skader i Skien, Ulefoss, Åmot, Dalen, Rjukan osv. vil samlede tall for unngåtte flomskader trolig overstige 100 millioner kroner årlig. Den kapitaliserte verdien av unngåtte flomskader langs Telemarksvassdrag er derfor 2-3 milliarder kroner. Dette er mange ganger større enn alle midler satt av årlig fra NVE for alle nye flomsikringstiltak i hele landet. Det er kraftselskapene og til slutt strømkundene som betaler for samfunnsnyttene av reguleringsmagasiner.

En oversikt over noen beregninger for unngåtte flomskader vises i tabellen under.

Vassdrag	Magasiner	Unngåtte skader i	Kapitalisert verdi	Referanser	Vedlegg nr.
Øst-Telemark	Møsvatn, Mår, Tinnsjø	Notodden	Ca. 1 milliard kr	ØTB	2a, 2b
Hele Skiensvassdraget	Som over + Tokke m.fl.	Skien, Notodden	Større enn 1,5 milliarder kr	Multiconsult, ØTB, Norconsult	2a, 2b
Glomma	Aursunden	Alvdal, Tynset	80 millioner kr	GLB, Multiconsult	3a
Kvina	Homstølvatn + flere	Kvinesdal	Unngått i 2015 estimert til 400 millioner kr	Norconsult	4
Tysso	Ringedalsvatn + flere	Tyssedal	Ikke estimert	Statkraft	6
Flåm, Aurland	Mange	Aurland	Unngått i 2014 estimert til 200 millioner kr	E-CO, Multiconsult	6

Resultater av våre tester indikerer en stor variasjon i nytteverdier, avhengig av bebyggelsen i området som er flomutsatt og grad av reguleringer. Tall for mindre tettbygde og delvis flomsikrede Tynset og Alvdal viser at flomtopper reduseres med 10-20% og den årlige verdien av reguleringsmagasinet Aursunden utgjør 4 millioner kroner som kan kapitaliseres til ca. 80 millioner kroner. Til sammenligning blir ethvert flomsikringsprosjekt til samme formål som koster 80 millioner en stor investering for en kommune og samtidig et betydelig naturinngrep.

En detaljert oppsummering av samfunnstap i Aurland kommune i oktober 2014 er brukt for å illustrere hvordan ulike datakilder må brukes for å beregne samfunnsverdier. Erstatningstall kan hentes inn fra 4 ulike kilder, noe som erfaringsmessig vil utgjøre ca. 90 % av hele samfunnstapet. Et skjønnsmessige tillegg for tort og svie bør legges til, varierende fra flom til flom, og i sjeldne tilfeller også for varige miljøskader. Det må trekkes fra en skjønnsmessig andel av kostnader for oppgradering av bruer og veier som resulterer i lengre levetid enn den gamle infrastrukturen som gikk tapt. Det er dermed mulig å beregne rimelig nøyaktig det totale samfunnstapet ved en bestemt skadeflom.

En gjennomgang av internasjonale websider og relevante publikasjoner har ikke avdekket beskrivelser av egnede metoder for kvantifisering av samfunnsverdien av flomdemping. Denne rapporten ser dermed ut til å utgjøre nybrottsarbeid innen forsøk på kvantifisering av samfunnstap. De samme prinsippene, med bruk av nytteverdier målt ved unngåtte skader med bruk av en flomskadefunksjon omtales i flere land og internasjonale organisasjoner, men som regle stopper med beskrivelse av prinsippene uten tallfestede caser beskrevet. Norge har bedre forutsetninger for å kvantifisere samfunnsverdien fordi vi har mange store magasiner, en del flomutsatte bebyggelse, og en unik ordning for erstatning av naturskade som fører til god skadestatistikk.

Rapporten viser hvordan det er mulig å kvantifisere de store samfunnsverdiene som ligger i flomdemping fra økt reguleringer, endring av magasinrestriksjoner, endret magasinmanøvrering osv. Metodene beskrevet her kan redusere graden av subjektiv avveining av ulike interesser i fremtidige konsesjonsprosesser og revisjoner av konsesjonsvilkår.

### Rapportens konklusjoner

Kommuner, fylkesmenn og beboere er lite kjent med de store verdiene som reguleringsmagasiner har for vern av flomutsatte arealer nedstrøms, og det er viktig å synliggjøre slike verdier fremover. Til sammenligning debatteres ofte flomtunneler med kostnader på flere hundrede millioner kroner som løsning for flomutsatte dalfører, de fleste basert på en forventning om statlig finansiering. En ny diskusjon bør initieres om verdien av reguleringsmagasiner for flomdemping, både fra eksisterende og eventuelle nye magasiner.

I brevene fra Klima- og miljødepartementet (KLD) til hver vannregion datert 4 juli 2016 står følgende under avsnittet om magasinrestriksjoner: *I tillegg har magasinene ofte viktige funksjoner for flomdemping, forsyningstryggleik og brukarinteresser. Disse omsyna er vanskelege å vurdere opp mot økologiske forbetringar. Departementet meiner difor at forslaga om magasinrestriksjonar ikkje kan inngå som tiltak i miljømålfastsetjinga og heller må vurderast i den einskilde revisjonssaka der dette er aktuelt.* (ref. 28).

I denne rapporten er det gjort flere forsøk på å kvantifisere hvor stor betydning enkelte magasinrestriksjoner har i form av økt sannsynlighet for flomskader. I et tenkt tilfelle (Selbusjøen) ble estimatet for økt flomskade ca. 5 millioner kroner per år dersom vannstanden holdes 1 m høyere om sommeren enn før. Slik tallfesting gjør det enklere å foreta avveininger mot kraftproduksjon og mot andre interesser som foretrekker at vannstanden holdes høyt.

Der det har vært fare for tap av liv under en flomepisode, er det som regel flommens eroderende kraft som er hovedårsaken. Elvebredder og skrånninger eroderes av store vannhastigheter forbundet med store flomvannføringer. Der grunnen er løs og ustabil kan det plutselig oppstå ras, som kan ta med hus, bruer og veier med biler eller i verste tilfelle et tog. Det er ikke mulig, i hvert fall innenfor denne begrensede studien, å kunne forutse hvor ras kunne ha oppstått, men som er unngått som resultat av flomdempingsmagasiner. Det er derimot mulig å konstatere at reguleringer som reduserer flomtopper også reduserer den maksimale vannhastigheten som oppstår i en erosjonsutsatt del av elveleiet. Det er dermed udiskutabelt at reguleringer også reduserer sannsynligheten for raskkader langs elvestrekningen nedstrøms. Vi vet derimot ikke hvor mye den faren blir redusert og kan følgelig ikke kvantifisere verdien av dette.

Det må nevnes at arealbruken langs regulerte vassdrag som regel har tilpasset seg den reduserte hyppigheten på skadeflokker som en stor magasinregulering medfører. Det kan dermed argumenteres at dersom vassdraget ikke hadde blitt regulert, ville det ha vært færre utsatte bygninger i flomsonen enn situasjonen i dag. På den andre siden kan det argumenteres med at samfunnsverdien av reguleringen likevel er betydelig. Ved å redusere

flomoversvømmelser og dermed kunne ta i bruk flatliggende arealer langs flomutsatte elver til industri og boligformål, har kommunen fått en mer effektiv utnyttelse av de begrensede arealene de har til rådighet. Arealer langs elva har blitt mer attraktive både for næring og bosetting, med mer kompakt og billigere infrastruktur enn ellers i samme kommune.

### Anbefalinger

**En enklere versjon av NKA -2016 verktøyet beregnet utelukkende for flomhendelser bør utvikles av forvaltningen i samarbeid med kraftbransjen og Finans Norge.** NVE har primært utviklet dette Excel-verktøyet for beregning av skader og sammenligning av ulike type tiltak for reduksjon av naturskader (vedlegg 1). Verktøyet er brukt i analyser av flom og skred. Blant annet kan alle deler av verktøyet som estimerer sannsynlighet for tap av liv fjernes fordi det er meget sjeldent at liv går tapt under skadeflommer i Norge, og fare for tap av liv blir ikke brukt i estimering av flomskader.

**Det nye NKA-verktøyet for beregning av unngåtte skader ved flomhendelser bør testes i flere vassdrag,** og flommen på Sørlandet i oktober 2017 vil kunne gi gode muligheter til slik testing. De enkelte skadeantagelser i verktøyet bør sammenlignes mot innhentet tall for totale skader for å «kalibrere» verktøyet stadig bedre.

**Nye insitamenter for økt flomdemping basert på samfunnsøkonomiske prinsipper bør bli foreslått og debattert.** Det gjelder både økning av eksisterende magasinkapasitet og måten eksisterende magasiner brukes, spesielt om sommer og høsten. Dagens konsesjonssystem oppmuntrer ikke til søknader for nye reguleringsmagasiner. Søknader etter vassdragsreguleringsloven tar veldig lang tid å behandle og blir ofte anket. Aktuelle regulanter vil vurdere risikoen ved å starte en slik mangeårig prosess med usikkert utfall, med stor mulighet for å få søknaden avvist eller i beste fall kun tillatelse til å bygge små magasiner etter mange år. Verdsetting av magasiner er per i dag basert hovedsakelig på økt energiproduksjon. For tiden fremmes det derfor nesten ingen forslag om nye reguleringsmagasiner som kunne ha bidratt til flomdemping i tillegg til bedre vinterproduksjon. De negative konsekvensene på flomdempingsevne av innføring av nye sommerrestriksjoner i bruk av magasiner bør illustreres bedre i aktuelle revisjonssaker.

**Oversikten over beregninger av samfunnstap bør følge oppsettet illustrert for flomepisoden i Flåm i 2016 i Tabell 7-7 (gjentatt nedenfor).** En mer detaljert brukerveiledning bør utarbeides for å gjøre metoden for behandling av tall fra de ulike kildene til skadestatistikk mer konsekvent. Det anbefales at metodene forklart i denne rapporten testes mer grundig på flere tilfeller før man kan ta den i bruk på bred basis i Norge.

Skade i Flåmsdalen alene	Forklaring type verdi	Samfunnskader	Kilder
Privat eiendom	Hus og gårdsbygninger	47 millioner kr.	1. Norsk Naturskadepool
Private veier, arealer som ikke er forsikret	Estimert fra 2014 total på 190 millioner	20 millioner kr.	2. Landbruksdept. Statens naturskadeordning
Kommunal infrastruktur	Veier, bruer, kirke osv	88 millioner kr.	3. Aurland kommune
Statlig infrastruktur	Flåmsbanen	20 millioner kr.	4. Normalt SVV/ Bane Nor. Eget estimat, inkl. innstilte
Tort og svie, skjulte kostnader i opprydding osv	Omveier, tidsbruk av grunneiere, myndigheter.	30 millioner kr.	Eget estimat
Ikke tallfestete poster, til eks. miljøkostnader.	Laksebestand med fiskekort, turisme	2 millioner kr.	Eget estimat
<b>Totalt</b>		<b>207 millioner kr.</b>	<b>+/- ca. 30 millioner kr</b>

**Det bør foregå en nasjonal grovkartlegging av potensialet for flomdemping gjennom eksisterende og utvidet bruk av dagens magasiner uten tap av fornybar kraft,** innledningsvis for alle vassdrag der flomsonekart nedstrøms allerede eksisterer, og senere for områder det flomfaren er størst ved intense sommer- og høstflommer (på engelsk *flash floods*, skapt av klimaendringer).

## INNHOLDSFORTEGNELSE

<b>1</b>	<b>Innledning .....</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Bakgrunn for oppdraget.....</b>	<b>2</b>
2.1	Flomskader i Norge og klimaprognoser .....	2
2.2	Regulerings betydning .....	2
2.3	Tidligere arbeid .....	4
2.4	Internasjonale erfaringer og beregningsmetoder som anvendes.....	6
2.4.1	USA .....	6
2.4.2	Sverige .....	7
2.4.3	Storbritannia .....	7
2.4.4	Frankrike .....	8
2.4.5	IEA Annex IX – The Economic Value of Energy and Water Management Services Provided by Multipurpose Hydropower Projects .....	8
<b>3</b>	<b>Kostnader for samfunnet av flomskader .....</b>	<b>10</b>
3.1	Privat eiendom; Norsk Naturskadepoolen .....	10
3.2	Privat eiendom; Statens Naturskadeordning .....	11
3.3	Kommunal og fylkeskommunal infrastruktur .....	12
3.4	Statlig eiendom og infrastruktur .....	13
3.5	Øvrige samfunnstap .....	15
<b>4</b>	<b>Verdsetting i form av redusert skadesannsynlighet og NKA verktøyet til NVE .....</b>	<b>17</b>
4.1	Flomfrekvensanalyser og klimaprognoser .....	17
4.2	Nytte måles i form av redusert sannsynlighet for et bestemt skadeomfang .....	18
4.3	Formål med NKA-verktøyet .....	18
4.4	Beregning av redusert skade .....	19
4.5	Bruk i verdsetting av reguleringer .....	19
4.6	Skadeestimering .....	20
4.6.1	Bygninger .....	20
4.6.2	Fare for tap av liv .....	21
4.6.3	Landbruksarealer .....	21
4.6.4	Offentlige arealer .....	22
4.6.5	Veier, jernbane, strømnett .....	22
4.6.6	Avbruddskostnader for veitransport.....	22
4.6.7	Opprydding og leiekostnader.....	23
4.6.8	Mobilisering og andre førstelinjekostnader .....	23
<b>5</b>	<b>Begrensninger i tilgang på data, omtrentligheter i tilnærmingen .....</b>	<b>24</b>
5.1	Inndeling mellom erstatninger og investeringer (forbedringer og oppgraderinger) .....	24
5.2	Skader på statens infrastruktur .....	24
5.3	Arealdisponering blir tilpasset reguleringsgrad oppstrøms .....	24
5.4	Andre begrensninger .....	25
<b>6</b>	<b>Case studier .....</b>	<b>26</b>
6.1	Skien vassdraget og skader i Skien og Notodden (vedlegg 2a og 2b).....	26
6.1.1	Flomutsatte deler av Skien.....	27
6.1.2	Notodden med Heddalen.....	28
6.1.3	Flomvannstand i Heddalsvatn.....	28
6.2	Glomma 1995 og 2013 og skader fra Tynset og Alvdal (vedlegg 3a og 3b).....	31
6.2.1	Glomma og skader i Tynset og Alvdal .....	31
6.2.2	Gudbrandsdal 2011 og 2013 og Mjøsa .....	31
6.3	Kvinesdal 2015 (vedlegg 4) .....	33
6.4	Flåm og Aurland 2014 (vedlegg 6) .....	35
6.5	Tysnedalsvassdrag og sammenligning med Odda (vedlegg 6).....	36
6.6	Om magasinrestriksjoner .....	37
6.6.1	Ulike typer restriksjoner .....	37
6.6.2	Økt risiko for flomskader i Ranaelva .....	38
6.6.3	Uste-Nes-reguleringen .....	38
6.6.4	Regulering av Selbusjøen .....	39
<b>7</b>	<b>Diskusjon av verdsetting av flomdemping fra reguleringer oppstrøms .....</b>	<b>42</b>
7.1	Fare for tap av liv .....	42
7.2	Klimaendringer .....	42

7.3	Hastetiltak for å begrense flomskader .....	43
7.4	Arealbruksendringer .....	43
7.5	Stormflo og oppstuvning i elvedeltaer .....	43
7.6	Regulantenenes bidrag .....	43
<b>8</b>	<b>Forslag til metodeutvikling .....</b>	<b>44</b>
8.1	Digitale databaser og kart over dambruddsbølger .....	44
8.2	Bruk av flomsonekart .....	44
8.3	Videreutvikling av NKA-verktøyet .....	44
8.4	Skjønnsmessig besparelse på infrastrukturskader (veier, jernbane osv.) .....	45
8.5	Anbefalt metode for estimering av samfunnskostnader .....	45
<b>9</b>	<b>Konklusjoner og anbefalinger .....</b>	<b>47</b>
<b>10</b>	<b>Referanser .....</b>	<b>49</b>

## Figurliste

Figur 2-1.	Effekten av nedtapping av Klevevatn til kote 955 om høsten (ref 8). Uten regulering vil avløpsflommen være omtrent lik tilløpsflommen. ....	3
Figur 2-2.	Flom i Øyeren i juni 1995 med og uten reguleringer (ref 6 og 31). ....	4
Figur 2-3	Flomhydrogram for Flåmselvi med simuleringer av flomtiltak oppstrøms. Alt A er med reguleringstiltak og Alt C med overføringstunnel i tillegg. Fra ref. 8 .....	5
Figur 2-4.	Elver som opplevde skadeflommer I oktober 2014 (røde sirkler) og nærliggende vassdrag som gikk fri for skader grunnet vannkraftmagasiner (blå trekant). Fra ref. 7 .....	6
Figur 2-5.	Eksempel fra SEPA i Skottland hvor nytteverdi av 134 prosjekter er estimert. ....	8
Figur 3-1.	Flomskader per år de siste 10 årene. Beløpet er justert opp med egenandelen. ....	11
Figur 3-2	Antall saker behandlet av Naturskadeordningen de siste 10 årene, samt skadebeløp grunnet flom (justert opp med egenandel, og til 100% av forsikringsverdi). ....	12
Figur 4-1.	Forventet endring i 200-årsflommer i Norge fra referanseperioden 1970-2000 frem mot 2100 (ref 17) .....	17
Figur 4-2.	Eksempel på skade som funksjon av gjentakintervall. Blå markeringer og linje viser materiell skade, rød skade som følge av tap av liv - null her. ....	19
Figur 6-1	Nedbørfeltet til Skiensvassdraget, samt magasiner i feltet. ....	26
Figur 6-2.	Separate flomfrekvensanalyser for Norsjø totalavløp for periodene 1937-1959 og 1960-2016, samt for 1960-2016 der flommene i 1987 og i 2015 er justert opp til hhv. 1780 og 1500 m <sup>3</sup> /s. ....	27
Figur 6-3.	Skadefunksjon for Skien for dagens forhold (1960-2016), med og uten justering, samt for tidlig regulerte forhold. ....	28
Figur6- 4.	Frekvensanalyse av vannstander i Heddalsvatn .....	30
Figur 6-5	Observert vannstand i Mjøsa sammenstilt med simuleringer under flommen i 2013. Simulert vannstand med naturlig avløp er gjort med samme lukestillinger som ved observert vannstand. ....	32
Figur 6-6	Regulert og uregulert avløp ved Liknes 3-9. des. 2015. Fra ref. 24. ....	34
Figur 6-7.	Vannføring i Tyssedal sammenlignet med vannføring i Opo under flommen i 2014 .....	36
Figur 6-8.	Magasindisponering Store Akersvatn for dagens tilstand (venstre) og med restriksjoner (høyre) for Rana kraftverk. De ulike linjene viser ulike scenarioer for tilsig til magasinet (persentiler). ....	38
Figur 6-9	Ustevatn. Magasinivolum over året ved innføring av magasinrestriksjoner. E-CO beregninger. ....	39
Figur 6-10	Flomvannstander i Selbusjøen (basert på NVEs flomsonekart fra 2002) .....	40
Figur 6-11.	Konsekvens av 1 meter høyere sommervannstand i Selbusjøen .....	40
Figur 8-1	Årlig skade på privat eiendom for flom og flomskred fra post 1 og 2 inkl. egenandeler (2011-16) .....	46



## Tabelliste

Tabell 2-1. Oversikt over magasiners bidrag til flomdemping i en del vassdrag i Sør-Norge .....	5
Tabell 3-1. Statistikken for flomskader (i 1000 kroner) fordelt fylkesvis. ....	10
Tabell 3-2. Sammenheng av samfunnsøkonomiske kostnader for flomhengen på Dovrebanen 2013 (ref 30) .....	15
Tabell 4-1. Skadetabell for flom.....	21
Tabell 4-2 Skadeestimat ved oversvømmelse av infrastruktur.....	22
Tabell 6-1 Simulert reduksjon av vassføring og vannstand som følge av regulering for sju flommer. Fra ref. 22.....	27
Tabell 6-2 Gjentakintervall for tidlig reguleringsfase og dagens situasjon .....	28
Tabell 6-3. Flomvannstander i Heddalsvatn, basert på frekvensanalyse av serien 16.1 .....	29
Tabell 6-4. Beregnede unngåtte flomskader i Skiensvassdraget .....	30
Tabell 6-5 Flomtopper (m <sup>3</sup> /s) forbi Tynset med og uten regulering.....	31
Tabell 6-6. Simuleringer gjort av GLB for de største flommene i nyere tid. ....	32
Tabell 6-7 Flommen i 2015 i Kvina regulert og uregulert (m <sup>3</sup> /s), fra ref.24.....	34
Tabell 6-8 Skader på privat eiendom 4-7. desember 2015 (fra Norsk naturskadepool).....	34
Tabell 6-9 Oversikt over samfunnsskader i Flåmsdalen påført av flommen i oktober 2014 .....	35
Tabell 8-1 Oversikt over nasjonale tall for samfunnstap ved en bestemt flomhendelse (oktober 2014) .....	46
Tabell 9-1. Oppsummering av beregnet nytteverdi.....	47

## Vedlegg

1. Brukerveiledning for NKA-verktøy for beregning av flomskader (NVE)
2. Telemarksvassdrag og skader i Skien (Multiconsult vedlegg 2A og Norconsult vedlegg 2B)
3. Glomma Tynset og Alvdal (Multiconsult vedlegg 3A) og Maiflommen 2013 i Glomma (GLB vedlegg 3B)
4. Kvinesdal 2015 (Norconsult vedlegg 4)
5. Selbusjøen (Multiconsult vedlegg 5)
6. Oktoberflommen i 2014 i Flåm, Aurland og Tyssedal (Multiconsult vedlegg 6)

## 1 Innledning

Energi Norge har engasjert Multiconsult Norge AS for å se på hvilken betydning vannkraftregulering har for reduksjon av flomskader. Med bakgrunn i eksisterende kunnskap og nye case-studier utført i forbindelse med oppdraget, er det utarbeidet en rapport hvor det både illustreres hvordan reguleringer kan redusere flomskader i det store bildet, og hvordan endringer i regulering kan påvirke flomskader lokalt.

Videre har det blitt utarbeidet en metodikk for å kvantitativt og kvalitativt beregne verdien av vassdragsreguleringer når det gjelder reduksjon av flomskader. Metodikken er basert på case-studier av utvalgte vassdrag som beskrevet i Kapittel 7 og i vedleggene, samt annet relevant materiale. Den bygger videre på og er kompatibel med NVEs Excel kost-nytte verktøy for sammenligning av alternative flomsikringstiltak (NKA-2016, se vedlegg 1).

### Aktiviteter i oppdraget

Ifølge forespørselen skal Multiconsult med utgangspunkt i eksempelassdragene utføre følgende:

1. Gjøre seg kjent med og utnytte relevant kildemateriale.
2. Benytte den metoden NVE har utviklet for fastsettelse av kostnader ved ulike typer flomskader og eventuelt utvide metoden.
3. Regne på betydningen av økt regulering i noen utvalgte magasin innenfor feltene for å illustrere betydningen av flomdemping og økte muligheter for ny vannkraftproduksjon.
4. Regne på betydning av mindre regulering/sterkere restriksjoner i noen utvalgte magasin for å illustrere betydningen av økt flomrisiko og reduserte muligheter for vannkraftproduksjon, f.eks. fremmet ved krav i vannforvaltningsplaner og til sektorvedtak i revisjon av vassdragskonsesjoner.
5. Illustrere, og så langt mulig beregne, samfunnsmessig kostnadsreduksjon ved vassdragsregulering i forhold til flomskader knyttet til aktuelle hendelser i eksempelfeltene. Kvantifisering av skader kan angis i kombinasjon av økonomiske størrelser og f.eks. berørt areal/infrastruktur/ bygninger/personer etc. Indirekte konsekvenser på f.eks. helse, bosetting, sysselsetting o.l. skal ikke studeres, men bør omtales kvalitativt.
6. Gi forslag og anbefalinger om forbedret grunnlag for kost/nytte-vurderinger, samt innspill til veiledningsmaterieil for dette saksfeltet.

Multiconsult og Energi Norge har samarbeidet tett med en referansegruppe med medlemmer bestående av:

- Statkraft ved Jan Alne
- Glommens og Laagens brukseierforening (GLB) ved Hans Christian Udnæs
- E-CO Energi ved Halvor Halvorsen
- Øst- Telemarks Brugseierforening (ØTB) ved Nicolai Østhus
- Skagerak Energi ved Finn Werner Bekken

Oppdraget ble utført i tidsrommet mai 2017 til mars 2018. Referansegruppen har bistått Energi Norge både med simuleringer i sine respektive vassdrag, men også innspill om hvordan å få mest mulig kunnskap ut av tiden tilgjengelig for oppdraget. Det har vært nødvendig å justere kurs underveis etter hvert som resultater kom frem. I tillegg deltok NVE ved Hallvard Berg som observatør på prosjektmøter. En stor takk sendes til Energi Norge, NVE, Naturskadepoolen, Aurland Kommune og referansegruppens medlemmer for godt samarbeid i gjennomføring av dette oppdraget.

## 2 Bakgrunn for oppdraget

### 2.1 Flomskader i Norge og klimaprognoser

Det er en kjensgjerning at flomskader i Norge har hatt en økende tendens de siste tiårene som dokumentert med årlig statistikk fra Norsk naturskadepool (ref.2). Selv om det finnes et element av tilfeldighet bak de årlige skadene, er det nærliggende å tro at det er klimaendringer som forårsaker denne økningen, og at skadehyppighet vil fortsette å øke i takt med klimaprognoser for våtere og villere vær (ref. 3).

Det finnes to typer tiltak som kan redusere flomskader i bebygde områder langs en elv:

1. Tiltak oppstrøms i nedslagsfeltet som har til hensikt å redusere den maksimale vannføringen (flomtoppen) som passerer den utsatte bebyggelsen lenger ned.
2. Tiltak lokalt som beskytter bebyggelsen mot skader når flomtoppen passerer. Denne skiller seg fra den første typen ved at vannføringen på flomtoppen er upåvirket, mens bebyggelsen beskyttes mot unormale vannstander eller erosjonsprosesser skapt av flommen.

Det mest vanlige tiltaket under type 1 er å skape ledig magasinkapasitet for å fange opp flomvann og dempe flomtoppen gjennom å fordrøye varigheten av flommen. Slike flomdempsmagasiner forekommer i alle størrelser i alle land som har flomutsatte byer og områder.

Det mest vanlige tiltaket under type 2 er bygging av flomvoller og erosjonsbeskyttelse som forhindrer vann å trenge inn i bebyggelsen mens flomtoppen passerer.

Norge har mange tiltak av begge typer, men den gunstige effekten av reguleringsmagasiner (type 1) er mindre kjent blant folk flest.

Dammer og store magasiner i Norge eies av kraftselskaper eller kommuner. I større vassdrag kan brukseierforeninger som GLB og ØTB opptre som regulanter på vegne av flere kraftselskaper i samme elv. Primært skapes verdier for samfunnet gjennom en pålitelig strømforsyning eller vannforsyning gjennom hele året, mens magasinenes rolle for flomdemping kommer til anvendelse mer sjeldent og tiltrekker liten oppmerksomhet. Likevel oppfyller de store magasinene en viktig funksjon for samfunnet nedstrøms, nemlig flomdemping, og det er denne funksjonen som blir illustrert gjennom dette oppdraget.

### 2.2 Regulerings betydning

Store magasiner (dvs. med en størrelse tilsvarende vannmengden i en stor flomhendelse) kan ha betydelig flomdempende effekt dersom magasinet ikke er tilnærmet fullt i starten på flommen. Mindre magasiner kan også ha en positiv effekt slik at skadene blir avverget eller kraftig redusert dersom ledig magasinkapasitet kan brukes for å forsinke og redusere flomtoppen ut av magasinet.

Generelt ønsker kraftselskapene å ta vare på alt vann for kraftproduksjon. Dette gjør at man holder av plass i magasiner til forventet/prognosert tilsig. Når det varsles tilsig som har potensiale for å danne en skadeflom vil kraftselskapet søke å tappe magasinet så langt ned at skadeflom kan avverges, selv om dette betyr at vannet må tappes forbi turbinene og derfor ikke blir til kraft. Kraftselskapet tar i slike situasjoner en økonomisk risiko. Hvis det varslede tilsiget uteblir eller blir mindre enn varslet, har potensiell fornybar kraftproduksjon gått tapt og kraftselskapet får ingen kompensasjon for det økonomiske tapet.

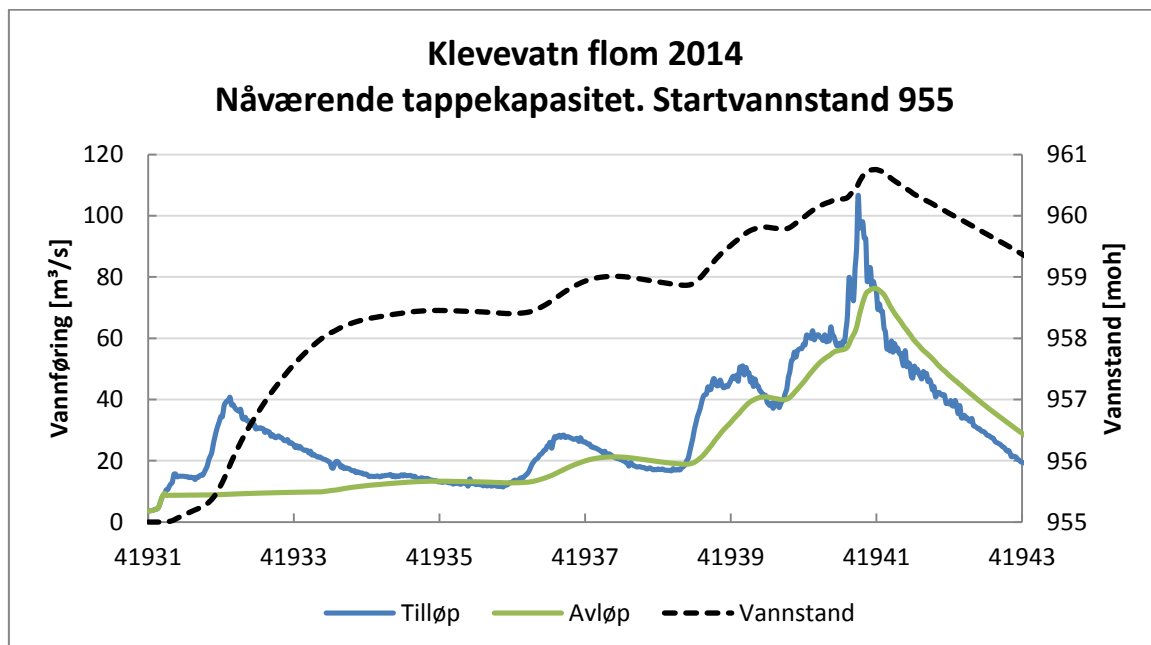
Hensynet til forsyningssikkerhet og forvaltning av fornybare energiresurser tilsier at man ikke kan holde en vannstand som fjerner enhver risiko for skadeflom. Tomme magasiner gir det beste potensialet for demping av skadeflommer, men gir dårlig forsyningssikkerhet og øker faren for

kraftmangel i høstperioden der det er viktig å lagre vann i magasinene for produksjon av kraft den kommende vinteren. Det kan dermed være ekstra utfordrende å balansere flomrisiko opp mot risiko for tap av forsyningssikkerhet og verdifull kraftproduksjon i høstsesongen. Det har vært mange flomhendelser de siste årene knyttet til sterke nedbørepisoder. Disse er vanskelig å prognosere sikkert i god tid, men flomskadene blir nesten alltid redusert der det er magasiner som kan ta deler av det økte tilsiget, se kap. 6.

Dette motsetningsforholdet har blitt hensyntatt på frivillig basis der regulanten har redusert vannstanden i magasinet i forkant av en varslet storflom. Det gis ikke kompensasjon til dameieren for eventuelt tap av vannkraftproduksjon som resultat av slik forhåndstapping.

Det er ikke funnet noen gode eksempler på nye magasiner hvor det er eksplisitt avsatt magasinkapasitet til flomdempning, men det finnes et visst potensial for slike planer. I Markbulia-søknaden til GLB hadde søkeren foreslått flere alternativer med ulike magasinvolumenter (ref. 4). Det største alternativet hadde et visst potensial for å redusere flomskader nedstrøms, men ble ikke innstilt for konsesjon fra NVE. Søknader for økt reguleringer etter vassdragsreguleringsloven er meget tidskrevende prosesser som ofte blir anket. Siden søkeren sjeldent har noen økonomisk nytte av flomdemping, vil det heller ikke komme mange søknader i tiden fremover der dette er et viktig hensyn. Dette illustrerer behovet for å innføre verdiberegninger for magasinets flomdemping for å kunne sammenstille slike verdier med andre samfunnsverdier i myndighetenes avveining av fordeler og ulemper.

Potensialet for bruk av magasiner med flomdempingseffekt syns å være størst der man har vassdrag som er flomutsatt for kortvarige høstflommer og er lite regulert fra før. Nye reguleringsmagasiner vil ha begrenset størrelser og dermed begrenset verdi i demping av store vårflokker, men små magasiner kan ha en verdifull effekt i små vassdrag med skadelige høstflommer. Multiconsult har for eksempel foreslått regulering av Sandvinvatn som flomdempende tiltak for Opo (ref. 5).



Figur 2-1. Effekten av nedtapping av Klevezvatn til kote 955 om høsten (ref 8). Uten regulering vil avløpsflommen være omtrent lik tilløpsflommen.

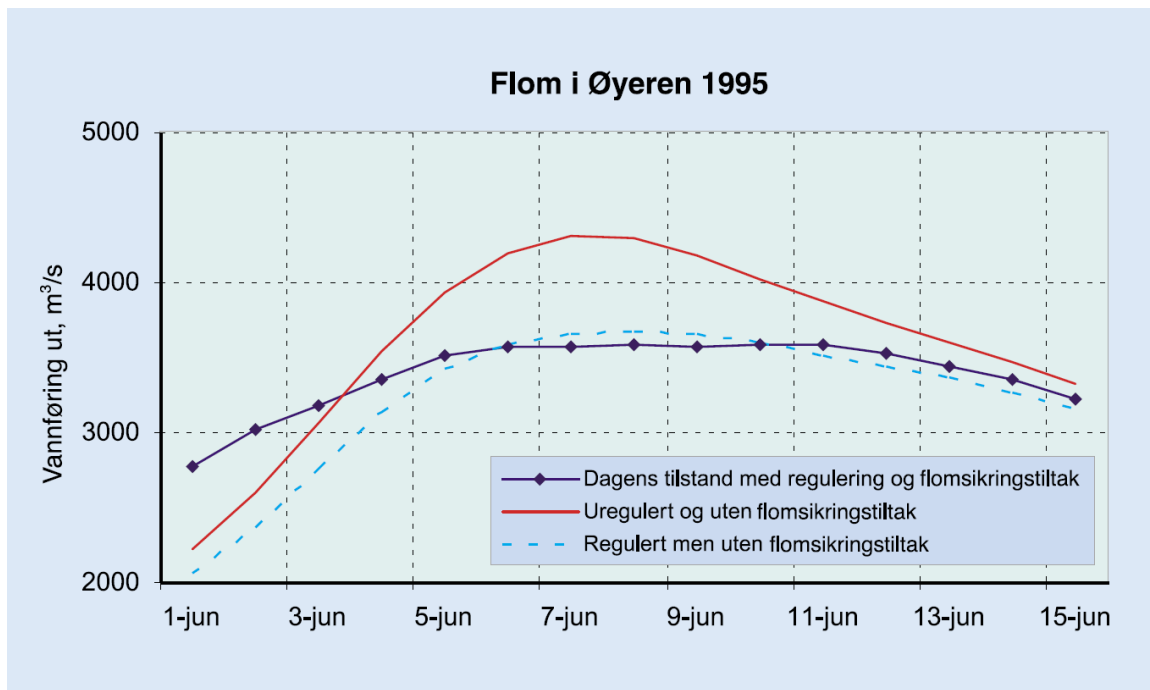
Multiconsult har tidligere utredet effekten av å senke vannstand i Klevezvatn for å dempe flommer i Flåmsvassdrag. Effekten av dette vises i Figur 2-1 hvor magasinet er simulert med startvannstand 3 m under HRV ved innledning til skadeflommen i oktober 2014, og tappeluken holdt åpen hele tiden

gjennom flommen. Selv om magasinet fylles fort, ville den skadelige flomvannføringen nede i Flåmsdalen ha blitt redusert med 5-10% og flomtoppen bli forflyttet i tid, noe som hadde redusert skadeomfanget (Vedlegg 6).

Der det er tilstrekkelig datagrunnlag, er det mulig å beregne hvor store verdier for samfunnet enkelte magasiner har, og noen eksempler beskrives i senere kapitler. Verdiene er ofte i størrelsesorden flere titalls millioner kroner i form av unngåtte flomskader.

### 2.3 Tidligere arbeid

HYDRA prosjektet etter 1995-flommen et av få prosjekter som dokumenterer verdien av store magasiner for flomdemping. Figur 2-2 illustrerer hvordan flomtoppen ved Lillestrøm under Vesleofsen i 1995 hadde vært 20% større dersom det ikke hadde vært vannkraftmagasiner oppstrøms. Det er viktig å bemerke at dette var en vårflo og magasinene hadde ledig kapasitet før smeltingen og nedbøren begynte for alvor, men merk også at magasinkapasiteten i feltet er forholdsvis liten, og kun utgjør 16% av midlere årsavløp. Dempingen hadde allikevel stor betydning for byområder nedover Lågen og Glomma som ble skånet fra de verste oversvømmelser. Aktiv bruk av reguleringsmagasiner i Mjøsa og Øyeren var med på å gjøre denne reduksjonen mulig, og effekten av forhåndstapping av Øyeren kan ses i forskjellen mellom de to blå linjene. NVE overtok i dette tilfellet ansvaret for tappingen for å balansere hensynet til Hamar og Lillestrøm.



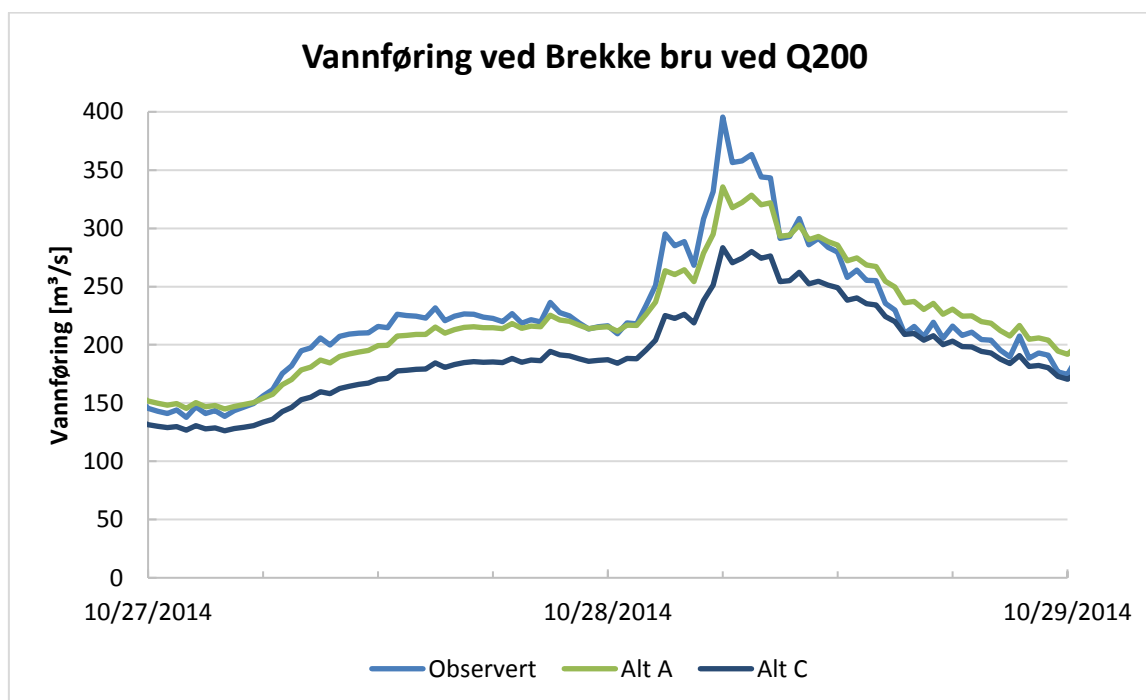
Figur 2-2. Flom i Øyeren i juni 1995 med og uten reguleringer (ref 6 og 31).

Av nyere dato er det blitt utført flere studier på flomdemping av vannkraftmagasiner. Disse oppsummeres i Tabell 2-1 og omtales nærmere i Kapittel 7, case studiene. Det var for eksempel av stor betydning for flommen i 2015 i Kvinesdal at Kvina er regulert i Homstølvatn og andre magasiner på høyfjellet. Dette gjorde at Kvinesdal kun ble rammet av flom fra uregulerte delfelt lenger ned i vassdraget, og ikke flom fra de oppstrøms regulerte feltene i tillegg.

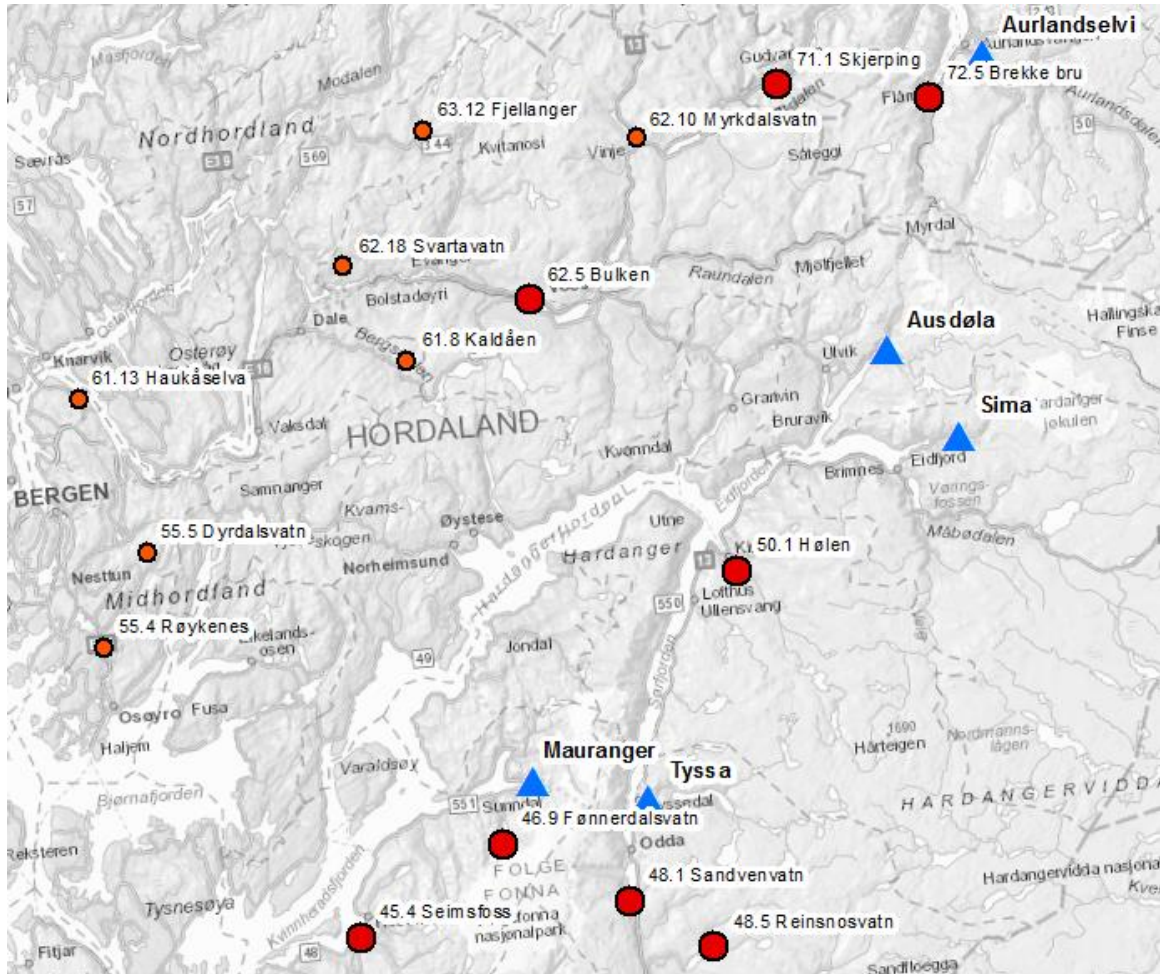
Tabell 2-1. Oversikt over magasiners bidrag til flomdemping i en del vassdrag i Sør-Norge

Vassdrag	Magasiner	Unngåtte skader i	Referanser	Vedlegg nr.
Skien vassdraget	Møsvatn, Mår, Totak med flere	Notodden, Ulefoss, Skien	Multiconsult, ØTB, Norconsult	2a, 2b
Glomma	Aursunden	Alvdal, Tynset	GLB, Multiconsult	3a
Kvina	Homstølvatn + flere	Kvinesdal	Norconsult, 2016	4
Tysso Aurland	Ringedalsvatn + flere	Tyssedal Aurland	Statkraft, E-CO Multiconsult	6

Når flommen på Vestlandet kom i oktober 2014, ble det bare skader av betydning i vassdrag som sto uten reguleringsmagasiner. Figur 2-4 illustrere dette godt. Til eksempel ble bebyggelsen i Flåm påført skader på over 200 millioner kr, mens nabovassdraget Aurland gikk skadefri. Odda ble påført skader av godt over 200 millioner kr, mens i nabovassdragene Tyssedal og Mauranger gikk man helt fri for skader.



Figur 2-3 Flomhydrogram for Flåmselvi med simuleringer av flomtiltak oppstrøms. Alt A er med regulerings tiltak og Alt C med overføringstunnel i tillegg. Fra ref. 8



Figur 2-4. Elver som opplevde skadeflommer i oktober 2014 (røde sirkler) og nærliggende vassdrag som gikk fri for skader grunnet vannkraftmagasiner (blå trekant). Fra ref. 7

## 2.4 Internasjonale erfaringer og beregningsmetoder som anvendes

### 2.4.1 USA

USA er kanskje det landet som har gått lengst i utvikling av metoder for å beregne verdien av flomdemping, og mange av USAs store magasiner utfyller flere funksjoner deriblant flomdemping. The state-of-the-art på amerikanske verdsettelsesmetoder for magasiner er oppsummert i ref 9. Den fastslår at metodeutvikling har fortsatt en lang vei å gå.

*Despite (many) comprehensive evaluations, a scalable valuation methodology for all multipurpose hydropower reservoir benefits has yet to be presented on a national level.*

I kapittel 2.3 i samme dokument beskrives analyseprinsippene som anvendes i USA. Disse er de samme prinsippene som er brukt i Europa og ellers i den vestlige verden:

*Flood control benefits are quantified as damages avoided, or the reduction in potential or realized damages to structures, contents of structures, and land use in areas that would have been inundated had the structure not been in place. Flood plain curves, using geographic and local data, allow both the acreage and depth of a prevented flood to be estimated. When a dam regulates a flooding event, the volume stored is used in the flood plain model. A fraction of the value of land, buildings, goods, and activities that lie within the flood plain and would have been destroyed are assigned to the flood event based on its severity. This ultimately allows a dollar amount of potential damages to be reached.*

*Since the benefit for preventing these natural events can be substantial, each agency performs a proprietary analysis to estimate damages avoided based on derived flood-stage-damage relationships for particular regions. This value is commonly assigned to an entire river system or agency project incorporating the flood benefits of multiple reservoirs with and without hydropower. To obtain the benefit from a single reservoir, the fraction of total system flood storage provided by an individual reservoir is multiplied by the damages prevented. In most cases cumulative damages for the past fifty years were provided, and the benefit was calculated as an average annual benefit. In some cases the benefit was obtained from publicly available annual reports, system-wide flood studies, or district level presentations.*

#### 2.4.2 Sverige

Sverige er en av seks EU medlemsland som deltok i prosjektet Star Flood. Med unntak av Frankrike er Sverige den eneste av de seks som har vannkraftmagasiner med noe flomdempingspotensial (<http://www.starflood.eu/about-the-project/>). Rapporten kan lastes ned fra samme webside og inneholder minimal omtale av verdien av magasiner, til tross for at Karlstad som ligger på Klarelv (Trysilva i Norge) er en av byene som brukes som eksempel. Om magasinet bak dammen Høljes skrives følgende:

*The hydropower dam Höljes provides an opportunity to store water in the river Klarälven (Karlstad municipality, 2010:34). The interviews, both at regional and local level, indicate that the cooperation works well between the hydropower company, the County Administrative Board, the Emergency Services, and the Technical Services and Property Management Department. Information on irregularities in the water levels and planned water releases are for instance forwarded from the hydropower producer to the aforementioned parties regularly (Interviews 3 and 5). Officials at the County Administrative Board also describe how the power producer has voluntarily helped to minimise flood risk in the river Klarälven by retaining water in situations with high flows, **despite no such formal responsibility and despite the fact that this negatively affected electricity production and revenue (Interviews 3, 4).***

Dette indikerer at Sverige ikke har kommet lengre enn Norge i verdsetting av sine magasiner for flomdemping, og at det ikke finnes studier som har utviklet en ny metodologi for slik verdsetting.

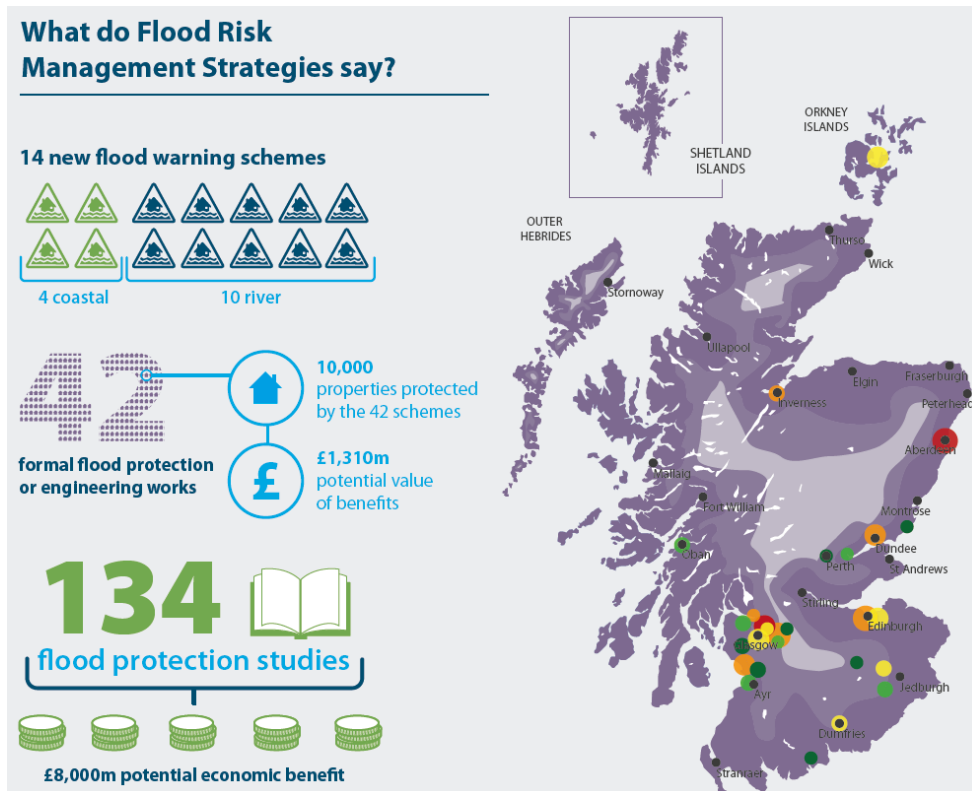
#### 2.4.3 Storbritannia

Storbritannia har blitt truffet av mange store flomhendelser de senere årene og har stor oppmerksomhet rundt flomvern. Stormen «Desmond» traff nord-vest England i desember 2015 og i «the Lake District» alene ble 8900 eiendommer oversvømt, med like mange i alle andre deler av landet. Omtrent 100 000 hus ble berørt av langvarig strømbrytning, 131 bruer trengte tilsyn og reparasjoner og 3000 familier ble flyttet over til midlertidig bosteder. Samfunnskostnader overstiger milliarder av kroner, men vi har ikke kunnet finne en kilde som beregner dette tallet.

Selv om enkelte vassdrag som ble påvirket inneholder store innsjøer med naturlig flomdempingskapasitet gjennom for eksempel trange utløpsforhold, er ingen av disse innsjøer reguleringsmagasiner. Magasiners virkning for flomdemping er svært sjeldent omtalt, men et eksempel blir omtalt i referanse 11 for et vassdrag i sør-vest Skottland. I dette tilfellet beskrives hvordan hensyn til flomdemping har endret reguleringspraksis for dameieren, men det er ingen kvantifisering av unngåtte skader. Motivasjonen for denne endringen ser ut til å være dampsikkerhet like mye som økt vern mot skadeflommer nedstrøms

Skottland har en liste over 42 høyt prioritert flomvernprosjekter for finansiering og implementering frem til 2021. Ingen av disse nevner bruk av reguleringsmagasiner. Alle bygger på prinsipper rundt naturlig flomkontroll der arealer i nedslagsfeltet omarbeides til å fordrøye flommen på naturlige måter. Dette har resultert i en stor håndbok for slike prosjekter med omfattende beskrivelser av teknikker og prosesser for lokal involvering med 5 case studier (ref.12).





Figur 2-5. Eksempel fra SEPA i Skottland hvor nytteverdi av 134 prosjekter er estimert

#### 2.4.4 Frankrike

Frankrike har magasiner som normalt brukes for døgnregulering av pumpekraftverk og effektverk som balanserer sine kjernekraftverk. Det er ingen indikasjoner i rapporten fra Frankrike at magasiner kan brukes for flomdemping, heller ikke at det er noen studier som tar opp verdsettelsesmetoder. Det er likevel verdt å nevne SHARE konseptet utviklet av EdF og beskrevet i referanse 10. SHARE står for en tilnærming til vannressursforvaltning og konsultasjoner med vannbrukere og påvirkete befolkningsgrupper som inneholder 5 kjerneverdier:

- **S**ustainability approach for all users
- **H**igher efficiency and equity amongst users
- **A**daptability for all users
- **R**iver basin perspective
- **E**ngaging all stakeholders

#### 2.4.5 IEA Annex IX – The Economic Value of Energy and Water Management Services Provided by Multipurpose Hydropower Projects

The International Energy Association (IEA) har nylig utarbeidet en veileder under tittelen nevnt over, men dokumentet er ennå ikke publisert og tilgjengelig. Multiconsult har kommentert utkastet og kan derfor sitere noe av teksten som er relevant i dette oppdraget:

*To understand the value of flood control benefits it is necessary to estimate the damage costs avoided, but which would have occurred as a result of an extreme flood event without the flood control measures in place. These costs are normally derived from estimates of damage or loss to properties, infrastructure, arable land and services in areas that would otherwise have been inundated. This allows a monetary value of potential damages to be determined for the project*

*The damage and loss reductions provided by the flood control measures have to take into account the likelihood or probability of the event occurring, usually referred to as the return period. From this an annual risk cost can be determined, which is considered as the benefit of the flood control measures. This is then compared with the present value of the costs of providing the reservoir storage space to determine the value of the selected flood control measures.*

Foruten å gi en god beskrivelse av teknikker for kostnadsallokeringer mellom ulike formål i flerbruksprosjekter, finnes det heller ikke her noen nye metoder for å verdsette flomkontroll-tjenester. Til slutt vil dokumentet sannsynligvis inneholde en slik anbefaling om videre arbeid. Dette vil bli høyst relevant for norske magasiner, som nesten utelukkende er brukt for et annet formål enn flomkontroll, men som har betydelige verdier i form av flomdemping som ennå ikke er tilstrekkelig analysert og publisert for offentlig debatt:

*Investigate methods to distinguish the value of services between those added after impoundment and those incorporated into the design of a new multipurpose development.*

### 3 Kostnader for samfunnet av flomskader

#### 3.1 Privat eiendom; Norsk Naturskadepoolen

Skader på privat eiendom kan normalt dekkes av forsikringer av ulike typer. Siden 1980 har Norge hatt en spesiell kollektiv forsikringsordning administrert av Norsk Naturskadepool (<http://www.naturskade.no/>) som en obligatorisk dekning under brannskadeforsikringen på hus og næringseiendommer. I tilfeller av naturskader med et visst omfang vil erstatninger bli betalt ut av denne poolen via det individuelle forsikringsselskapet. Naturskade er for flom definert som en ekstraordinær nedbør/sterk snøsmelting som fører til unormalt høy vannstand med skadevoldende oversvømmelse.

Naturskadepoolen fører detaljerte statistikk over utbetalinger under denne ordningen hvor man kan hente ut samlet utbetalinger per fylke for individuelle flomhendelser. Et eksempel på statistikken for flomskader fordelt fylkesvis er vist i Tabell 3-1 for alle flomhendelser siden 2010. Denne tabellen omhandler bare skader forårsaket av flommer, og ikke skred og andre naturskader.

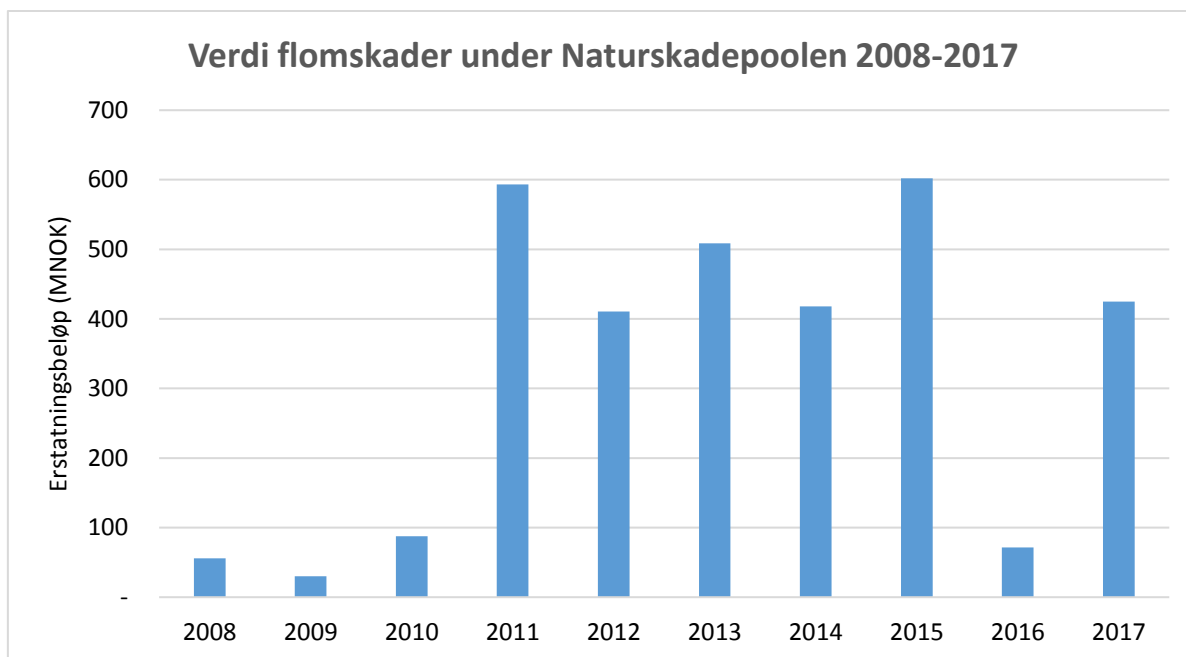
Ved forespørsel har Multiconsult mottatt en landsdekkende kommuneoversikt fra naturskadepoolen som gjør det mulig å identifisere hvor de største skadene oppsto ved en bestemt flomhendelse. I statistikken er det også oppgitt hvilke type bygninger som er blitt skadet, slik NVE-verktøyet krever informasjon om.

Tallene innbefatter alle type bolig og bygninger og skader på innbo og inventar. Det som ikke erstattes er skader på biler, båter, skip og andre objekter som har egne poliser. Alle krav har den samme egenandel, for tiden 8000 kr per krav, som må legges til tallene i Tabell 3-1 for å gi hele tapet.

Naturskadepoolens statistikk gir dermed en pålitelig oversikt over samlede skader for privat eiendom ved en bestemt flomhendelse, men det må lages skjønnsmessige tillegg der det er kjent at biler og båter har gått tapt for å komme frem til en samlet samfunnskostnad på privat eiendom.

Tabell 3-1. Statistikken for flomskader (i 1000 kroner) fordelt fylkesvis.

Fylke	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	SUM
Østfold	429	4918	450	1223	4696	1790	106	469	
Akershus	1651	12736	1909	9981	2642	18699	21073	200	
Oslo	230	6365	854	5151	4818	21311	4278	2447	
Hedmark	5377	35944	2541	62105	22583	713	8064	6548	
Oppland	3546	215411	1452	310060	55786	1377	580	4053	
Buskerud	1924	8808	340036	12380	445	63481	9683	4056	
Vestfold	2367	4429	9578	292	1061	33629	861	2392	
Telemark	4652	39856	628	9580	550	59049	256	9801	
Aust-Agder	413	2154	116	333	2446	14869	2054	61713	
Vest-Agder	5618	4856	834	1209	3869	128408	321	197648	
Rogaland	16720	5289	6969	3547	15477	200461	4430	19055	
Hordaland	1996	20064	6851	15647	205367	13192	2814	7443	
Sogn og Fjordane	1808	28980	251	2554	74817	2643	969	73893	
Møre og Romsdal	7526	16867	814	10721	3021	1096	3788	1869	
Sør-Trøndelag	3592	127030	3326	7611	614	3607	6492	5872	
Nord-Trøndelag	1017	18430	2136	1718	637	8759	1440	65	
Nordland	2249	5974	128	15166	4714	1834	264	5446	
Troms	14321	2777	13023	7256	768	331	489	594	
Finnmark	3038	605	135	876	20	445	20	666	
<b>SUM millioner kr.</b>	<b>78</b>	<b>561</b>	<b>392</b>	<b>477</b>	<b>404</b>	<b>576</b>	<b>68</b>	<b>404</b>	<b>2960</b>



Figur 3-1. Flomskader per år de siste 10 årene. Beløpet er justert opp med egenandelen.

### 3.2 Privat eiendom; Statens Naturskadeordning

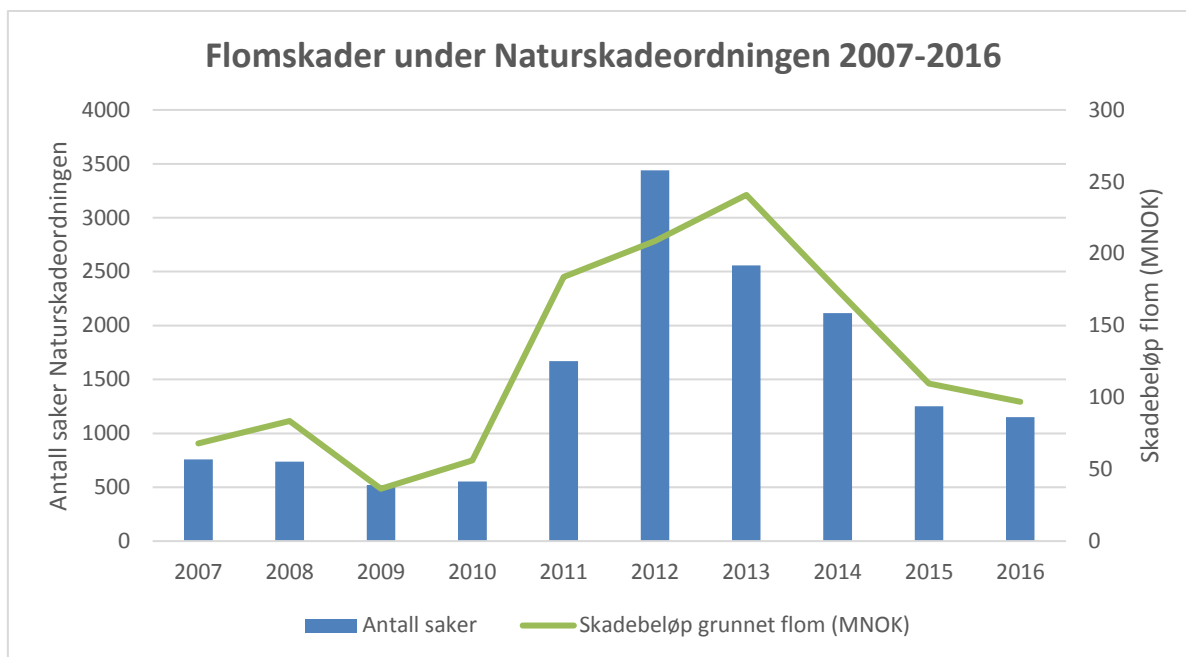
Skader på private verdier som normalt ikke kan forsikres mot brann dekkes av Naturskadeordningen, en ordning administrert av landbruksdepartement (ref. 14).

Statens naturskadeordning behandler rundt 1500 saker i året. En typisk erstatningssak gir et erstatningsbeløp på rundt 85.000 kroner. 75 prosent av sakene ligger på eller under dette gjennomsnittet. Noen få større saker, mellom 1,5 til 2 prosent, har erstatningsbeløp over 500.000 kroner, og bidrar til å trekke opp størrelsen på det gjennomsnittlige erstatningsbeløpet.

Flom er den klart største skadeårsaken, i gjennomsnitt ca. 75 prosent av skadene som erstattes skyldes flom. Veier og jordbruksareal/næringstomter er de vanligste skadeobjektene.

Denne ordningen dekker dermed jord- og skogbruksarealer, private veier, bruer, moloer og bygninger som ikke kan forsikres (naust, skur osv). De utgir ikke så detaljerte statistikk, men vi kan finne frem til tall for hvert år fra årsmeldinger. Det viser seg at flom og flomskred utgjør et samlet beløp på 788 millioner kr for perioden 2011-16 inklusivt. Det kan være opp til ett års etterslep i rapporteringen slik at tall for 2014-flommen kan befinner seg i 2015 statistikken.

For å beregne den totale samfunnskostnaden må vi justere for at det utbetales kun 85% av taksert skadebeløp minus en egenandel på 10 000 kr per skade, noe som utgjør ca. 10% av det samlede erstatningsbeløpet. Dersom vi antar at 85% av taksten er en reell samfunnsverdi for gjenoppbygging av gammel infrastruktur blir en gjennomsnittlig utbetaling på 130 millioner kr/år med tillegg for egenandeler til et samfunnstap på 170 millioner kr per år for samme periode. Dette tallet er vesentlig høyere enn for perioden frem til 2010 som vist i (ref 2). Tallet for 2012 er usedvanlig høyt grunnet en stormflohendelse i Vest- og Midt-Norge.



Figur 3-2 Antall saker behandlet av Naturskadeordningen de siste 10 årene, samt skadebeløp grunnet flom (justert opp med egenandel, og til 100% av forsikringsverdi).

Hvis vi sammenligner de to settene med tall, ser vi at naturskadepoolen har betalt ut 412 millioner kr per år i perioden (2011-16) som tilsvarer et årlig samfunnstap på nærmere 440 millioner kr når egenandel medregnes. Dette utgjør omtrent 70 % av alle kostnader som skyldes flom de senere årene på privat eiendom mens naturskadeordningen utgjør ca. 30%. Det vil være store variasjoner fra år til år avhengig av type bebyggelsen og arealer som blir truffet av de ulike skadeflommene hvert år. Det er heller ikke mulig å foreta direkte sammenligninger fra år til år på grunn av den forsinkelse i rapportering i statistikken fra Naturskadeordningen.

### 3.3 Kommunal og fylkeskommunal infrastruktur

Kommunal og fylkeskommunal eiendom og infrastruktur dekkes ikke av ordningene nevnt ovenfor, men kan søkes erstattet gjennom skjønnsmidler fra Kommunal- og moderniseringsdepartementet (KMD) i tilfeller med store skader påført den enkelte kommunen. I slike tilfeller gir samlede utbetalinger et dekkende bilde av samfunnskostnader påført kommunen. Tabell 3-2 gir et eksempel på kostnader av skader på kommunal infrastruktur i Flåm under flommen i 2014. Fylkesmannen administrerer ordningen på vegne av KMD og Aurland kommunen fremskaffet konsulenten en detaljert oversikt over regnskapet for opprydding og reparasjoner. Arbeider ble utført hovedsakelig i 2015-2017, omtrent i henhold til de opprinnelige kostnadsestimatene slik at alle tall kunne brukes for samfunnsøkonomiske analyser. Det er gjort en skjønsmessig reduksjon av faktiske kostnader i noen poster (som bruer) der det har blitt en standardheving og/ eller en vesentlig forlengelse av levetiden.

I flomutsatte kommuner finnes det en del flomsikringstiltak av både eldre og nyere dato og disse kan ofte bli skadd under store flommer. Sikringstiltak er fysiske tiltak som enten skal beskytte bebyggelse mot skredmasser og flomvann, hindre erosjon eller redusere sannsynligheten for at skred utløses. Kostnadene med slike reparasjoner kan dekkes gjennom to ordninger. Den ene er en bevilgning over statsbudsjett administrert av NVE. NVE kan dekke inntil 80 % av kostnadene ved et slikt tiltak. Kommunen er ansvarlig for å dekke de resterende 20 %, distriktsandelen. Unntaksvis kan distriktsandelen reduseres dersom belastningen er særlig stor etter en stor skadeflom, og i 2014 ble distriktsandelen for Aurland redusert til under 5%.

En oversikt over samfunnskostnader påført kommunal infrastruktur i Flåmsdalen i oktober 2014 er gitt i tabell 3-2. Tallene er spesifikke for skader i Flåmsdalen i oktober 2014 selv om det forekom mindre skader i andre deler av kommunen. Tallene fremkommer fra kommunens søknad for refusjon fra KMD, men er justert av konsulenten (som forklart over) til å kunne brukes i en samfunnsøkonomisk analyse. Raden med blå farge er konsulentens estimat av samfunnstapet fra et totalbeløp av 47 millioner kr oppgitt av NVE for opprydding og gjenoppbygging av flomsikringsverk. Mellomlegget er antatt å representere standardheving og forlengelse av anleggets levetid.

Tabell 3-2 Samfunnskostnader påført kommunal infrastruktur i Flåm, oktober 2014. Kilder: Aurland kommune, NVE

Type infrastruktur	Eksempel (Flåm 2014) millioner kr	Kommentar / Kilde
Kommunale bygg (skoler osv.)	1,1	Aurland Kommune
Kulturbygg (kirker osv.)	2,5	Aurland Kommune
Kommunal vei- grusdekke	14,5	Aurland Kommune
Kommunal vei- asfaltert	8,0	Redusert skjønnsmessig for forlengelse av levetid
Fylkesvei- asfaltert	0	Ingen skader.
Kommunale bruer	20	Redusert skjønnsmessig for heving av standarden og forlenget levetid
Høyspent ledning	0	Ingen skader. Kilde: nettselskap
Lavspent ledning	0	Ingen skader. Kilde: nettselskap
Vannforsyningsanlegg	11,4	Aurland Kommune
Avløpsledning og renseanlegg	1,0	Aurland Kommune
Opprydding, fjerning av grus elveløpsrestaurering	20	NVE. Redusert skjønnsmessig fra 47 millioner for heving av standarden
Diverse*	9,4	Aurland Kommune
<b>Totalt</b>	<b>88,0</b>	

\* utrykking, redning, innkvartering, opprydding, prosjektering og administrasjon

### 3.4 Statlig eiendom og infrastruktur

Statlig eiendom er ikke forsikret og skader er dermed ikke erstattet gjennom noen av overnevnte ordninger. Statlige eiere av infrastruktur for eksempel Veidirektoratet eller Bane NOR har selv ansvar for å sikre både eksisterende og nye anlegg. Det er lokale beredskapsmyndigheter og samferdselsetater som skal beslutte behovet for å iverksette enkelte forebyggende tiltak, stenging av veg og bane, avsperring og evakuering. Reparasjoner finansieres over statsbudsjettet via bevilgninger til den relevante etaten.

Postering av utgifter til opprydding og reparasjon av flomverk, veier, bruer osv. skiller nesten aldri mellom det som regnes som ren gjenoppbygging til samme standard og en fornuftig oppgradering som tas samtidig når en skade først har skjedd. Med utsikter til et gradvis mer flomutsatt klima er det

som regel økte dimensjoneringskriterier som legges til grunn når flomverk, kulverter eller bruer bygges opp etter en flom. I flere regioner av Vestlandet har NVE for eksempel anbefalt et 40% klimatillegg lagt til den historiske dimensjonerende flommen for vassdragskonstruksjoner.

For å estimere samfunnskostnader med flomskader må man skille mellom kostnaden den ville ha tatt for å reparere og gjenoppbygge til samme standard og kostnaden som brukes for å heve standarden til å møte utfordringer fra fremtidens klima. Dette utgjør en forskjell i bruk av NVEs verktøy der man skal sammenligne mellom samfunnskostnader og nytte for ulike alternativer for å skaffe tilstrekkelig flomvern i fremtidens klima.

Derfor må det foretas en skjønnsmessig fordeling av store poster i kostnadsoversikter hvor det foreligger en betydelig grad av oppgraderingsarbeid. En slik fordeling må vurderes fra tilfelle til tilfelle. Det overskytende regnes som en fremtidig investering og ikke som et samfunnstap unngått som resultat av reguleringer.

Riksveier og Europaveier har opplevd betydelige skader under de største flomhendelser diskutert i vedleggene. Normalt er slike kostnader knyttet utelukkende til gjenoppsetting av opprinnelig tilstand. Investeringer kommer inn bare der man har større veioppgraderinger med lang planleggingstid, og hvor midler tildeles etter en nasjonal transport plan (NTP). Derfor anbefales at kostnader bokført hos Statens Vegvesen (SVV) blir antatt å utgjør samfunnskostnader for reparasjon av alle skader.

Slike veier er ofte stengt i dagevis med mange km omkjøring nødvendig for alle som passerer den strekningen der veien ble brutt. Et eksempel er flommen på Sørlandet i oktober 2017. Det er viktig i en vurdering av reguleringers verdi at årsaken til skaden er entydig som resultat av flommen i den regulerte vassdraget, og ikke på grunn av skred langs veien eller lokal erosjon rundt kulverter. Dersom skaden har oppstått på grunn av flomskred langs en hovedelv bør den likevel innlemmes i totalkostnad for samfunnet. Her må det gjøres en skjønnsmessig vurdering om skredene hadde blitt større og veistengning hadde vart lengre med uregulerte flommer langs våre store vassdrag. Det kan tenkes at Tovdalsflommen i oktober 2017 vil kunne gi oss et slik holdepunkt, siden denne flommen kom i et uregulert vassdrag.

Samfunnets tap er ofte en indirekte konsekvens av en omkjøring fra normal vei og lengre reisetid. SVV Håndbok nr V712 (ref 13.) gir en metodikk for beregning av omkjøringskostnader for samfunnet inkludert økt reisetid, og denne metodikken er anbefalt for bruk for dette formålet. Metoder for beregning av tapt tid ved omkjøringer bør følge SVV Håndbok V712. Blant annet skrives:

*Tidsverdiene er fastsatt på grunnlag av en større norsk tidsverdiundersøkelse. (Ramjerdi m.fl. 2010) Tidsverdiene er nasjonale gjennomsnittsverdier (kr/person/time) og varierer med reiselengde, reisehensikt, transportmiddel og tilbringer- og ventetid for kollektivreiser. Nytte-kostnadsanalyser av transporttiltak skal i størst mulig utstrekning baseres på disse offisielle tidsverdiene som er felles for alle transportetatene.*

Jernbanestrekninger langs Lågen og flere andre store vassdrag er utsatt for skader, men ofte på grunn av ras og erosjonsprosesser rundt kulverter som drenere bekker og grøfter. Som eksempel har NIFS prosjektet (ref. 30) utført en analyse av samlede samfunnskostnader langs Gudbrandsdalen etter mai flommen i 2013 da Dovrebanen og E6 ble stengt for trafikk. Oversikten fra tabellen under viser at denne ene flomhendelsen hadde en samfunnskostnad på over 1,1 milliard kroner når kostnader for landbruk og andre samfunnsdeler er lagt til. Det er viktig å understreke at veldig lite av denne kostnaden kunne ha blitt redusert av reguleringsmagasiner. En vannstandsstigning i Lågen som oversvømmer selve sporet oppleves sjeldent fordi Dovrebanen er for det meste bygd tilstrekkelig opp fra flomsletta. Kostnader for reparasjoner langs bekker og kulverter ville normalt ha oppstått uansett om reguleringsmagasiner var brukt eller ikke. Derfor anbefaler vi å se bort ifra

skader på jernbaner med mindre det finnes en kjent hendelse der oversvømmelse fra hovedelva hadde blitt unngått som direkte konsekvens av magasinreguleringer.

Tabell 3-2. Sammendrag av samfunnsøkonomiske kostnader for flomhengelsen på Dovrebanen 2013 (ref 30)

Post	Beskrivelse	Beløp (mill. 2013- kroner)
1	Samfunnsøkonomiske kostnader jernbanesektoren	>380.7
2	Gjenoppbyggingskostnader vegsektoren	>165.0
3	Utbetalinger til gjenoppbygging fra forsikringsselskaper	410.0
4	Gjenoppbyggingskostnader kommuner (kostnader som ikke ligger inne i post 1 til 3)	>136.7
	<b>Sum</b>	<b>&gt;1092.4</b>

### 3.5 Øvrige samfunnstap

Etter en stor skadeflom går mye av tiden i kommunen og lokalsamfunnet til å redde egne verdier, søke erstatning, flytte ut og inn av hjemmene sine osv. Dessuten går mye av tiden hos kommuneadministrasjonen til å følge opp sitt ansvar ovenfor lokalsamfunnet. Slike samfunnskostnader er aldri tallfestet, men likevel reelle og betydelig i omfang. Det anbefales derfor å legge til et skjønnsmessig beløp for slike kostnader. En gjennomgang av relevante caser sammen med ansvarlige personer i kommunen/fylkesmann vil kunne gi et overslag over antall månedsværk for ulike skadeomfang. En gjennomsnittsverdi fra disse casene vil kunne anvendes på senere skadetilfeller som en funksjon av total skade.

Miljøkostnader må også tas med i form av ikke prissatte kostnader for samfunnet, og alle involverer en høy grad av skjønnsmessig verdsetting. Her bør man også følge prinsippene nedfelt i Håndbok 712, blant annet:

*De ikke-prissatte temaene inngår i den samfunnsøkonomiske analysen. Temaene omtales som ikke-prissatte fordi konsekvensene ikke beregnes i kroneverdier, men vurderes etter en ni-delt skala som går fra meget stor positiv konsekvens til meget stor negativ konsekvens. De ikke-prissatte konsekvensene er inndelt i fem fagtemaer:*

- *landskapsbilde*
- *nærmiljø og friluftsliv*
- *naturmangfold*
- *kulturmiljø*
- *naturressurser*

Det er viktig å betrakte skadeflommer som en naturlig del av et vassdrags opplevelser over lang tid. Elveløp forandres, kantvegetasjonen endres, substrat endres og biologiske artsmangfold og sammensetning endres deretter, men som regel bare midlertidig. Etter få år kommer de samme artene tilbake igjen, selv om årsklasser for viktige fiskebestander er omtrent borte på grunn av utvasking av gytegrus. Forskning fra Uni Miljø i Bergen har konkludert med:

*Effekten av flom på fisk kan altså variere, særlig på kort sikt. En årsklasse kan bli redusert, mens en annen kan bli styrket. En storflom etter gytetiden kan nesten utslette en hel årsklasse, men en flom før gytetiden kan gi bedre gyteforhold og eggoverlevelse. Flere detaljer kan leses på <https://lakseelver.no/nb/news-2015/ekstremflom-katastrofe-eller>*



Det er derfor ganske sjeldent at man kan dokumenter varige endringer i form av naturskader med så stor viktighet at det er berettiget å verdsette dem i pengeverdi.

I slike situasjoner, kan det være nyttig å følge tankegangen til verdsatte økologiske komponenter (på engelsk VECs). Slike komponenter har en spesiell status enten nasjonalt eller globalt (for eksempel villrein i Norge) og en skade på en VEC kan dermed anses som et samfunnstap. I Norge kan viktige bestander av villaks betraktes som en VEC og man kan dermed analysere tap av bestanden i form av pengeverdi, f.eks. i form av redusert fiskekortsalg, reduserte fangster osv. I de aller fleste tilfeller vil imidlertid laksebestanden gradvis re-etablere sin tilstand fra før flommen og tapene bør derfor regnes som kortvarig, som diskutert ovenfor.

For å oppsummere hvordan konsulenten har bygd opp tallet for samlet tap for storsamfunnet kan vi vise til tabell 8-1. Estimerte samfunnskostnader for flommen på Vestlandet i oktober 2014 er 1,2 milliarder og ville ha vært vesentlig større uten den flomdempende effekten av reguleringsmagasiner i mange sterkt regulerte vassdrag.

## 4 Verdsetting i form av redusert skadesansynlighet og NKA verktøyet til NVE

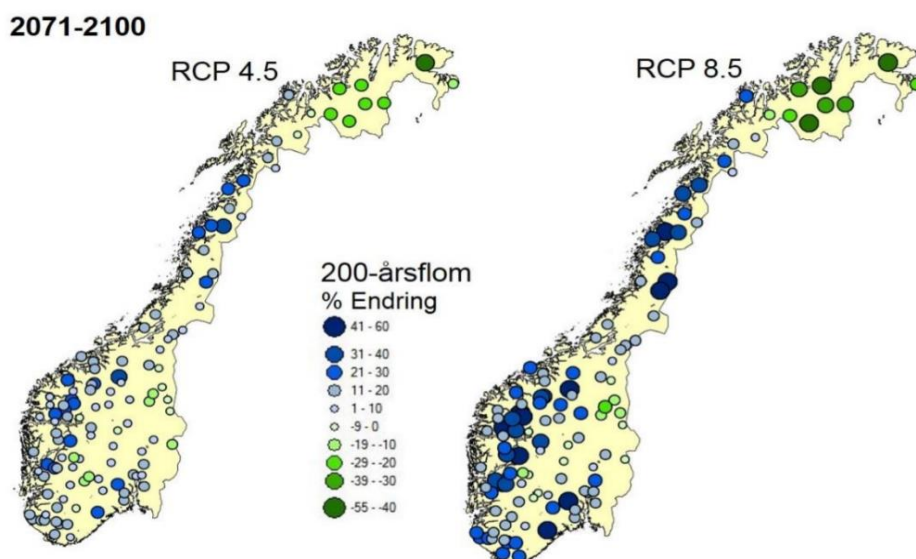
### 4.1 Flomfrekvensanalyser og klimaprognoser

Flomfrekvensanalyse benyttes for å bestemme sannsynligheten for at gitte nivåer av vannføring overskrides, basert på historisk materiale. Dette uttrykkes som en årlig overskridelsessannsynlighet eller inversen av dette, gjentakintervallet. Eksempelvis har det flomnivået som har en sannsynlighet på 0,01 for å overskrides i løpet av et år et gjentakintervall på 100 år, og betegnes gjerne som 100 års-flommen. Den vanligste tilnærmingen er å analysere et datasett bestående av den største flommen observert hvert år.

Flomfrekvensanalyse er en rent statistisk tilnærming, og grunnleggende forutsetninger er at datasettet er uavhengige flommer, at datasettet tilhører en og samme underliggende populasjon, og dataserien er stasjonær, det vil si uten tidstrender. Den første forutsetningen kan som regel antas oppfylt dersom man analyserer den største flommen hvert år. Den andre har prinsipielt utfordringer i de fleste norske hydrologiske regimer, siden det er ganske forskjellige mekanismer som utløser vår- og høstflommer. Det er derfor ikke uvanlig å analysere vår og høst separat, som to datasett. Den siste gir problemer dersom det er stor drift gjennom tidsserien, f.eks. forårsaket av klimaendringer, reguleringer eller store bruksendringer i nedbørfeltet.

Det er mulig å utføre frekvensanalyser for regulerte vassdrag. Utfordringene er da at innfasing av reguleringene kan gå over tid, særlig for store vassdrag, og at manøvreringsregler og -regimer kan endre seg – for eksempel før og etter energiloven.

Klimaendringer utfordrer som nevnt tradisjonelle flomfrekvensanalyser. Siden disse er basert på historisk materiale, er de ikke nødvendigvis representative for et framtidig klima og hydrologisk regime, heller ikke for dagens klima. NVE har utarbeidet anbefalinger for klimapåslag på flomberegninger på basert på historiske data, for bruk i dimensjonering. Metoden er basert på nedbør-avløpsmodellering med HBV-modellen for utvalgte vassdrag, med nedbørdata basert på nedskaleringer fra klimamodeller. Simuleringene beskriver endringer fra referanseperioden 1971-2000 til 2031-2060 og 2071-2100. Metoden er nærmere beskrevet og resultater for middelflom, 200 års-flom og 1000 års-flom er gitt i ref 18. Modellfeltene og noen resultater er vist i Figur 4-1. Som det framgår er det store økninger i store deler av de viktigste kraftverksregionene, Vestlandet, Sørlandet og Nordland.



Figur 4-1. Forventet endring i 200-årsflommer i Norge fra referanseperioden 1970-2000 frem mot 2100 (ref 17)

Dersom man har en lang dataserie for uregulerte forhold og en kortere for regulerte forhold, har NVE lagt seg på en metodikk hvor man har en «masterfrekvensanalyse» for den uregulerte serien, og lar frekvensanalyse for den regulerte serien gjelde opp til omkring 100 års gjentaksintervall, og så sklir inn på den uregulerte flomfrekvensanalysen fra 200 års gjentaksintervall og oppover. Tankegangen er at flomdempningsmagasiner har størst virkning på mindre flommer. Siden man gjerne dimensjonerer lokale flomtiltak for 200 års gjentaksintervall har dette den effekten at man ikke tar ut noen nytte av oppstrøms reguleringer. Metodikken er problematisk statistisk sett. For at flommen etter regulering ikke skal få større demping enn naturlige forhold, må alle magasiner stå ved HRV når flommen begynner. Det er ikke rimelig å anta at dette vil være tilfelle for alle flommer med naturlig gjentaksintervall på 200 år eller mer.

#### 4.2 Nytte måles i form av redusert sannsynlighet for et bestemt skadeomfang

Den økonomiske nytten av tiltaket måles ved reduksjonen i forventet skade. Vi trenger altså en analyse av skadeomfanget som funksjon av flomstørrelse og en flomfrekvensanalyse. Forskjellen på de to type tiltakene mot flomskader (flomdemping og lokal flomvern, se Kap 2.1) er:

- Flomdempningsmagasiner: Skadeomfanget for en gitt flomstørrelse er uendret, flomfrekvensene er redusert.
- Lokale tiltak: Skadeomfanget for en gitt flomstørrelse reduseres, flomfrekvensene er uendret

Utfordringene ved å gjøre nytteberegninger for flomdempende effekt av vannkraftreguleringer er dermed å bestemme hvordan reguleringene påvirker flomfrekvens. I noen tilfeller kan vi ha lange nok tidsserier før og etter regulering til at det kan gjennomføres en flomfrekvensanalyse før og etter, men svært ofte blir dataseriene i en av «endene» for korte – eller ikke-eksisterende. Regional flomfrekvensanalyse kan ikke benyttes for regulerte forhold, og sammenholdning av regional analyse og vanlig flomfrekvensanalyse blir altfor usikkert. Det beste grunnlaget får man dersom det kan gjennomføres en kontinuerlig tilbakeregning til naturlige forhold, se kapittel 6.

#### 4.3 Formål med NKA-verktøyet

Skadeberegningene er basert på NVEs nytte/kost-verktøy (NKA 2016, beskrevet i vedlegg 1) for estimering av samfunnsøkonomisk verdi av tiltak mot flom og skred. Hovedformålet med NKA 2016 er å få en standardisert og etterprøvbart tilnærming til prioritering av forebyggende tiltak.

Verktøyet beregner redusert framtidig naturskade som følge av forebyggende tiltak, og sammenholder nytte i form av redusert skade med en kostnadsside som består i bygging og drift av tiltaket. Framtidige verdier diskonteres til nåverdi, og resultatet framstår som nytte/kost-forhold og netto nytteverdi. Verktøyet inneholder også poengsetting for ikke-prissatte elementer; landskapsbilde, friluftsliv, kulturmiljø, næringsliv og lokalmiljø, samt naturmangfold. Prissatte og ikke-prissatte elementer er imidlertid ikke veid sammen.

NKA-verktøyet er beregnet på tiltak som ikke påvirker frekvensen av flom (eller skred). Det kan derfor ikke benyttes direkte på flomdempningstiltak, i den forstand at det ikke kan håndtere før- og etter situasjonen i en oppstilling med endret regulering.

I de tilfellene hvor det kan utføres flomfrekvensanalyse for før- og etter-forhold er den beste anvendelsen av verktøyet å foreta to separate analyser, før og etter regulering. Skadeprofilene kan gjenbrukes, men med forskjellige sannsynligheter/gjentaksintervall. Nøkkeltallene fra resultatene blir forventet årlig skade med og uten regulering, og differansen beskriver nytteverdien av reguleringen. Verktøyet kan også gi en kapitalisert nåverdi av nytteverdien.

#### 4.4 Beregning av redusert skade

Nytteverdien av flomtiltak ligger i redusert skade. Verktøyet estimerer dette logisk sett i fem trinn:

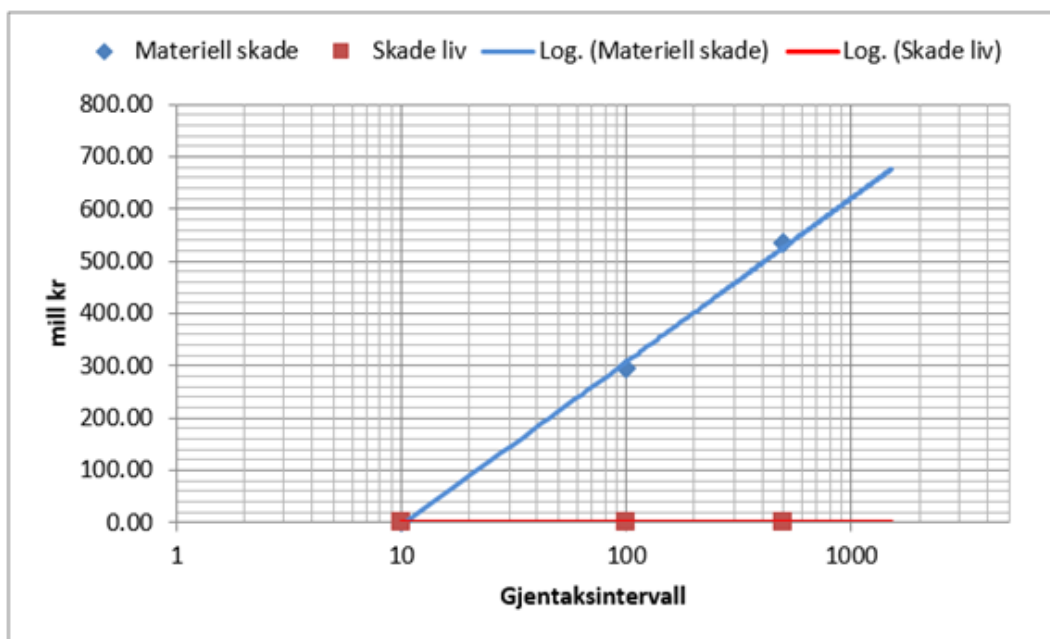
**Skadefunksjon.** Det etableres en funksjonssammenheng mellom skade og gjentakintervall. Et eksempel er vist i Figur 4-2. Det er brukt en log-lineær kurve som tilpasses tre punkt – skade for to punkt som er beregnet for to flomsoneanalyser (i verktøyet skadeprofil 1 og skadeprofil 2), og et «nullpunkt» for gjentakintervall for begynnende skade. Det er ingen teoretisk riktig matematisk funksjon for dette forløpet – det er avhengig av bebyggelsesstruktur mm. Et log-lineært forløp gir erfaringsmessig en bedre tilpasning enn et lineært forløp. Nytteverdiberegningene er lite følsomme for den øvre delen av kurven siden hendelsene er så sjeldne, men sårbare for feil i estimeringen av punktet for begynnende skade og feil i skadeprofilen for den lavere av de to flomsoneanalysene.

**Forventet årlig skade.** Forventet årlig skade beregnes som et sannsynlighetsveid integral under skadefunksjonen.

**Restskade:** Restskaden etter tiltak beregnes som sannsynlighetsveid integral under skadefunksjonen fra gjentakintervallet for sikringsnivået og oppover. Begge integral er begrenset pga. sannsynlighetsveingen. Et viktig punkt er her at verktøyet er beregnet for sikringstiltak som beskytter fullstendig opp til sikringsnivået (f. eks 200 års gjentakintervall), men som ikke har skadereduksjon over dette nivået – altså typisk en flomvoll.

**Redusert skade:** Redusert skade er differansen mellom forventet årlig skade og (årlig) redusert skade.

**Nåverdi av redusert skade:** Beregnes ved kapitalisering av den årlige reduserte skaden med kalkulasjonsrente 4 % p.a. for de første 40 år, 3 % fra 40 til 75 år, 2 % etter dette (ref. 20).



Figur 4-2. Eksempel på skade som funksjon av gjentakintervall. Blå markeringer og linje viser materiell skade, rød skade som følge av tap av liv - null her.

#### 4.5 Bruk i verdsetting av reguleringer

Som beskrevet ovenfor er NKA-verktøyet i utgangspunktet beregnet på tiltak som beskytter opp til et gitt nivå, men ikke gir beskyttelse over dette nivået – her er skadeforløpet uendret.

Flomdempning ved reguleringsmagasin eller fordrøyningsmagasin fungerer ikke slik (for så vidt heller ikke kanalisering, profilendringer eller omløpstunneler). Da blir verktøyet beregning av restskade og redusert skade irrelevant. I disse tilfellene må det foretas to separate analyser – før og etter tiltak, her før og etter regulering. Skadeprofilene kan gjenbrukes, men med nye gjentakintervall. Nøkkeltallene fra resultatene blir forventet årlig skade med og uten regulering, og differansen beskriver nytteverdien av reguleringen. Verktøyet inneholder kapitalisert faktor for den aktuelle tidshorizonten. Her er 80 år brukt. Årlig redusert skade multipliseres med denne for å finne nåverdi når det er relevant.

Man bør ha i tankene at tettstedsutviklingen kunne ha vært en annen uten den flombeskyttelsen vassdragsregulering medfører. Resultatene vil likevel være relevante, ettersom de illustrerer den verdiøkning arealene har fått.

Verktøyet kan benyttes på tilsvarende måte for å illustrere kostnader/gevinster gjennom endrete flomforhold ved endret manøvreringsreglement.

## 4.6 Skadeestimering

Verktøyet tar hensyn til prissatte verdier når det gjelder følgende elementer:

- Skade på bygninger
- Sannsynlighet for tap av liv
- Avlingsskade for landbruksareal
- Totalskade på landbruksareal
- Skade på parker
- Skade på infrastruktur; veier, jernbane og distribusjonsnett for strøm
- Omkjøringer ved veistenging
- Skade på parkerte biler
- Mobilisering og skaderedusering (fast prosentsats)
- Rydding av totalskadet bygning (fast sats)
- Husleie i renovering- og nybyggingsperiode

### 4.6.1 Bygninger

Sentralt i verktøyet er skadetabeller med standardverdier for estimering av skade. Et utdrag for bygninger er vist i Tabell 4-1.. Denne er forenklet i forhold til verktøyet, den viser bare skade forårsaket av «vanlig» flom, dvs. ikke flomskred, og den har ikke med alle bygningsmaterialer for alle bygningstyper. Kolonnevis viser tabellen:

- Bygningstype og materiale
- Antatt byggepris i kr/m<sup>2</sup>, basert på rapporter fra SSB, referert år 2000. Justeres i henhold til SSBs byggekostnadsindeks, ref. 19.
- Anslagsvis verdi av innbo som brøk av byggepris.
- De tre siste kolonnene viser skade som del av totalskade (nybyggpris pluss innbo) for tre tilfelle:
  - Vann bare i kjeller
  - Vann i første etasje, opptil 1 m
  - Vannstand høyere enn 1 m i første etasje

Verktøyet opererer også med standardarealer og kjellerandeler for de forskjellige bygningstypene, men dette kan endres – ikke individuelt for enkeltbygninger, men for alle bygningene av den aktuelle typen i flomsonen.

Tabell 4-1. Skadetabell for flom

Profil bygninger	Byggkost	Innbo	Flomskade		
Bygningstype	År 2000	Del av byggkost	Underetasje	0-1 m ov. sokkel	>1 m
	kr/m <sup>2</sup>	1	0-1	0-1	0-1
Skur, garasje	3 000	0.2	0.01	0.1	0.5
Hytte	6 000	0.3	0.02	0.4	0.8
Bolig, tre	11 500	0.5	0.05	0.4	0.8
Bolig, mur	11 500	0.5	0.05	0.2	0.4
Bolig, betong	11 500	0.5	0.05	0.2	0.4
Boligblokk, tre	10 000	0.5	0.05	0.4	0.4
Boligblokk, betong	10 000	0.5	0.05	0.2	0.3
Driftsbygninger o.l	6 000	0.1	0.01	0.1	0.3
Forretningsbygg, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Kontorbygg, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Industribygg, tre	6 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Hotell, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Serveringssted, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Skole, tre	15 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Barnehage, tre	11 500	0.4	0.05	0.4	0.6
Pleieinstitusjon, tre	11 500	0.4	0.05	0.4	0.6
Sykehus, tre	15 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Idrettshall, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Idrettsbane, kunstdekke	200	0.1	0.00	1.0	1.0
Idrettsbane, gress/grus	100	0.1	0.00	0.5	0.5
Andre bygg, tre	10 000	0.4	0.05	0.4	0.6
Andre bygg, betong	10 000	0.4	0.05	0.2	0.3
Andre bygg, metall	10 000	0.4	0.05	0.2	0.3

#### 4.6.2 Fare for tap av liv

Verktøyet har muligheter for å verdsette fare for tap av liv, og baserer seg i denne sammenheng på begrepet «Verdi av statistisk liv», VSL, som baserer seg på betalingsvillighetsundersøkelser, og er satt til 30 mill. 2012-kr (ref. 20). SVV håndboken anbefaler bruk av et dødsfall unngått til 35,3 millioner kr. Tabell 5-23 i håndboken viser samfunnets nytte av å unngå ulike skader i trafikken (2013 kr).

Imidlertid antas faren for tap av liv ved «vanlige» flommer å være neglisjerbar, ettersom vannet stiger relativt langsomt og forutsigbart under norske forhold.

#### 4.6.3 Landbruksarealer

Her skiller det mellom avlingsskade og totalskade. Begge er basert på leiepriser for tilsvarende areal. For avlingsskade er utgangspunktet ett års fullt bortfall av avling og 50 % reduksjon andre år.

Totalskade innebærer at arealet antas tatt ut av bruk, og skadesummen settes til kapitalisert kostnad av permanent leie av tilsvarende areal. Arealene angis i dekar. Leieprisene er hentet fra

Landbruksdirektoratets statistikk for leiepriser 2015. De er justert på basis av konsumprisindeksen (i realiteten er det nok andre mekanismer som styrer prisutviklinga på landbruksjord enn på konsumprisen). Prisene korrigeres med en verdifaktor for bonitet. Følgende bruksklasser er inkludert: Utmarksbeite, kulturbeite, eng, åker, potetland og grønnsakland. Skog er ikke inkludert, og er heller ikke spesielt aktuelt for flomskader.

Gjennomgående blir verdiene små sammenlignet med skader på bygninger.

#### 4.6.4 Offentlige arealer

Skadeanslaget for parker, lekeplasser o.l. er basert på en daa-pris for ny opparbeidelse av rammet parkareal. Kostnaden er uten spesiell kilde satt til 100 000 kr/daa i år 2000, justert med byggekostnadsindeksen.

#### 4.6.5 Veier, jernbane, strømnett

Verktøyet estimerer skader på følgende klasser infrastruktur: vei, jernbane og strømnett.

Tabell 4-2 viser klassene, antatt byggepris i år 2000 kr, og sårbarhet som antatt reparasjonskostnader som andel av byggepris. Strømnett er p.t. ikke prissatt.

Tabell 4-2 Skadeestimat ved oversvømmelse av infrastruktur

Infrastruktur	kr/m (år 2000)	Sårbarhet
Traktorvei	170	0.05
Skogsbilvei	700	0.05
Privat vei, grus	800	0.05
Privat vei, fast dekke	1 000	0.02
Kommunal vei, grus	5 000	0.02
Kommunal vei, asfalt	20 000	0.01
Fylkesvei	60 000	0.01
Riksvei, 2 kj. baner	80 000	0.01
Riksvei, 4 kj. baner	140 000	0.01
Jernbane enkeltspor	50 000	0.01
Høyspent dist.		
Lavspent dist.		

#### 4.6.6 Avbruddskostnader for veitransport

Avbruddskostnader er bare estimert for veitransport, og da bare som kjøretøykostnader.

Bruddkostnader for vei og jernbane er basert på omkjøringskostnader ved stenging, ut fra estimat av kostnader pr ekstra kjørt km. Beregningen er den samme for de forskjellige veitypene, men det er likevel mulighet for å spesifisere etter veitype, først og fremst for oversiktens skyld.

Årsdøgntrafikk for den aktuelle veistrekningen er en sentral parameter, den finnes mellom annet på Vegvesenets veikart, <https://www.vegvesen.no/vegkart/>. Det skilles mellom personbiler og tungtransport. De andre parameterne er omkjøringsvei i km og hvor mange dager veien er stengt. Kostnadstallene er basert på Statens vegvesens Håndbok V712 «Konsekvensanalyser». Det er bare kjøretøykostnader som er tatt med i verktøyet, altså ikke kostnader knyttet til tidstap. Tallene kommer fra ref. 21. Denne referansen inneholder også timepriser for tapt tid. Utfordringen med å inkludere tapt tid i beregningene er først og fremst knyttet til kollektivtrafikken. Kostnader ved forsinket godstransport er heller ikke tatt med.

#### **4.6.7 Opprydding og leiekostnader**

Dette er kostnader knyttet til opprydding ved totalskade og leiekostnader i renovering- og byggeperiode. Ingen inndata er nødvendig. Det antas at alle boliger hvor det er kommet vann i første etasje vil trenge renovering eller nybygg. Det antas videre at halvparten av de treboligene som har vann mer enn 1 m over gulv er totalskadet, men bare 10% av mur- eller betongbygninger. For boligblokker regnes det med at ingen totalskades. For skred legges det at 50% av rammede treboliger totalskades, og 20% av mur- og betongbygninger. Ingen blokker totalskades.

Ryddekostnader er anslått til 175000 2016-kr pr totalskadet hus. Husleie er basert på 6 måneders fraflytting fra hus under renovering og 24 måneder ved nybygg. Kostnaden er basert på en leie på 10000 2016-kr pr måned pr boligenhet.

#### **4.6.8 Mobilisering og andre førstelinjekostnader**

Dette er samfunnskostnader knyttet til håndteringen av selve skadehendelsen, og er et fast påslag på 5 % av materielle skader. Det er mulig å spesifisere andre større skadeposter som ikke inngår andre steder i skadeprofilen.'



## 5 Begrensninger i tilgang på data, omtrentligheter i tilnærmingen

### 5.1 Inndeling mellom erstatninger og investeringer (forbedringer og oppgraderinger)

En av utfordringene knyttet til beregning av samfunnstap er at kostnadstall for reparasjoner og oppgraderinger infrastruktur langs flomutsatte strekninger er ofte dokumentert samlet, uten å skille mellom det som er verdien av gamle anlegg som ble skadet og hva som er bakt inn i oppgraderingsarbeid som anses nødvendig å utføre samtidig. Strengt tatt bør samfunnstapet bare basere seg på kostnad for å gjenopprette den gamle, mens den andre typen bør betraktes som en investering som forhåpentligvis gir avkastning for samfunnet lenger frem i tid i form av forbedret flomvern. Budsjettdiskusjoner har sjeldent behov for å skille mellom disse to typene, men for verdsetting av samfunnstap bør et skille defineres slik at det er bare unngåtte skader på eksisterende infrastruktur og flomverk som legges til grunn for samfunnsøkonomiske betraktninger.

NKA-verktøyet bruker ikke data fra oppgjør etter enkeltflommer annet enn som eventuell verifikasjon. Verktøyet er imidlertid basert på nybygg-priser ved totalskade, det vil i praksis innebære en oppgradering av eldre bygninger.

### 5.2 Skader på statens infrastruktur

Staten er regnet som selvassurandør og skader på eksisterende eiendom og infrastruktur til statsforetakene kommer sjeldent frem offentlig i form av tall. Jernbaner, strømmettet, Statkrafts anlegg, riksveier, europaveier med tilhørende bruer osv. kommer alle inn under denne kategorien. Det vil være tidkrevende å hente inn tall fra hvert av statsforetakene for alle casene som er beskrevet her. Ikke alle berører statlig eiendom, så noen ganger kan det settes til null. Andre ganger er skadene omfattende, for eksempel ved brudd på riksveier og jernbanen. Det er viktig å ta med et estimat over avbruddskostnader siden de vil ofte være større enn selve reparasjonskostnader dersom veier eller jernbanen er stengt i flere dager.

For beregning av avbruddskostnader på vei anbefales SVV metodikk for prissatte konsekvenser, inkludert tap av tid for kjørende, ikke bare kjøretøykostnader som er ligger inne i NKA 2016 (ref. 12).

### 5.3 Arealdisponering blir tilpasset reguleringsgrad oppstrøms

Når reguleringer er av eldre årgang, for eks. 1950- og 1960-talls magasiner, bør det tas opp en diskusjon om utbygging av områder utsatt for flomskader gjenspeiler hva som hadde vært arealbruken uten alle reguleringer. I de fleste tilfeller ville svaret blitt nei, arealdisponering er basert på en erfaring av at flommene er redusert av magasiner oppstrøms, enten direkte gjennom moderne flomfrekvensanalyser etter reguleringen har startet, eller indirekte gjennom erfaring til folkene som bor langs den regulerte delen av vassdraget. Dersom metodikken som er beskrevet her brukes ukritisk, vil det føre til at vi overdriver hypotetiske skadeberegninger for situasjonen dersom reguleringer ikke hadde dempet flomtoppene. Gode eksempler av dette er å finne i Tyssedal, Nidelva, Aurland osv. Dette gjør at verdien av reguleringsmagasiners virkning på flomvern øker år etter år gjennom en stadig større utbygging i tidligere flomutsatte arealer som nå er beregnet som trygge på grunn av god regulering oppstrøms. På den andre siden reflekterer ny arealbruk en økning av verdien av arealene utløst av den flomsikringen reguleringene innebærer.

## 5.4 Andre begrensninger

Verdiberegningene i denne rapporten tar ikke hensyn til:

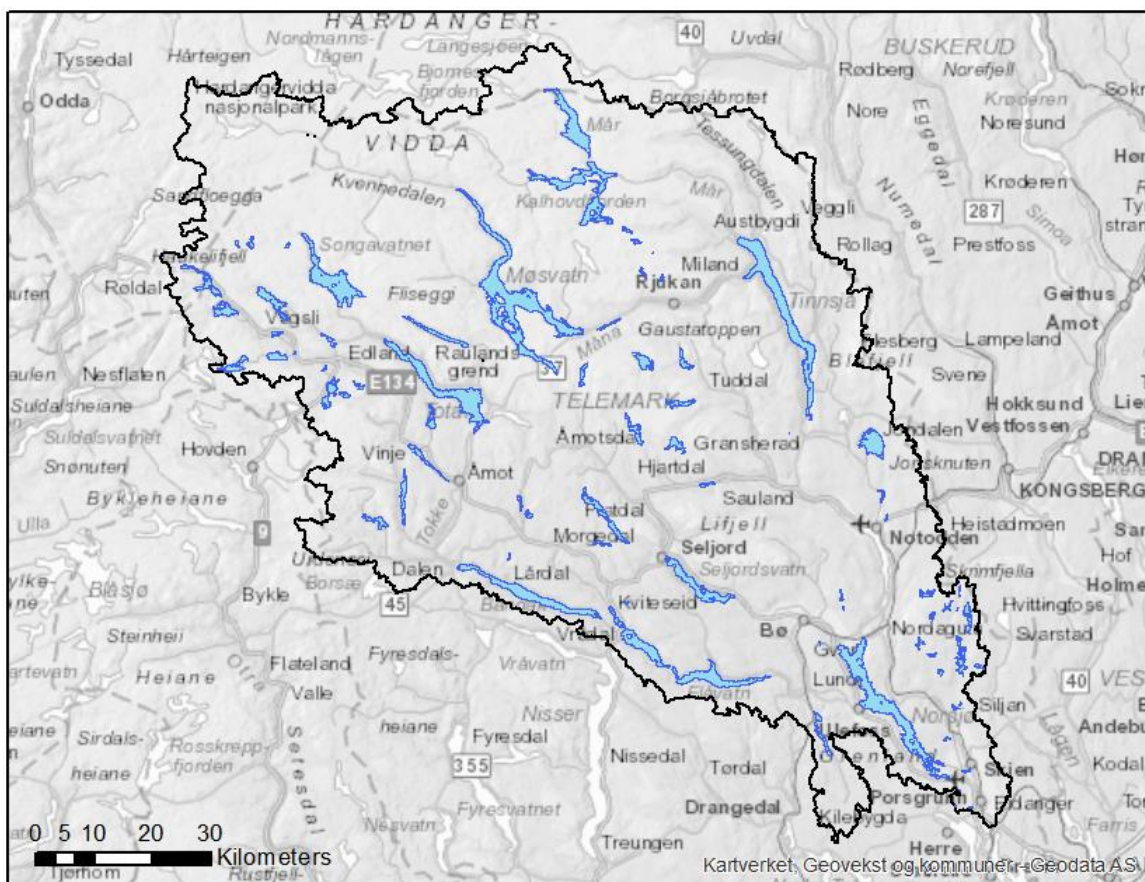
- **Endret vannkraftproduksjon**  
Endring i bruk av magasiner for flomdemping kan medføre tap av vannkraftproduksjon
- **Klimaendringer**  
Alle analyser er basert på historiske flomhendelser og flomfrekvenser
- **Flomskred**  
Flomskred kan forverre skadeomfanget, men er vanskelig å beregne, og er derfor ikke inkludert i skadeberegningene
- **Tap av liv eller skade på mennesker forårsaket av flom eller flomskred**  
Tap av liv forekommer svært sjelden, og er derfor ikke inkludert
- **Endret/økt bruk av flomutsatte arealer nedstrøms magasiner som resultat av redusert hyppighet av skadeflommer**
- **Konsekvenser for miljø og friluftsliv av endret magasinbruk**  
Det er ikke forsøkt å verdsette andre brukerinteresser

## 6 Case studier

### 6.1 Skiensvassdraget og skader i Skien og Notodden (vedlegg 2a og 2b)

Skiensvassdraget er et av de mest gjennomregulerte vassdragene vi har, med en magasinkapasitet på drøyt halvparten av årstilsiget (ca. 4500 Mm<sup>3</sup> mot 8600 Mm<sup>3</sup> i årstilsig). Disse store reguleringene har naturlig nok en stor påvirkning på flommer, og vårflommene i vassdraget er så godt som borte. Beregninger utført av Norconsult (vedlegg 2b) på oppdrag fra Øst-Telemarkens Brukseierforening (ØTB), samt beregninger som ØTB har gjort selv, viser også at høstflommene er betydelig redusert.

Multiconsult har estimert verdien av unngåtte flomskader bare i Notodden og Skien, siden det eksisterer gode flomsonekart som gjør det mulig. Reguleringene gir naturligvis også reduserte flomskader ellers langs vassdraget, så den totale verdien av magasinene vil være større enn sitert i vedlegget og herunder.



Figur 6-1 Nedbørfeltet til Skiensvassdraget, samt magasiner i feltet.

Simulert effekt av reguleringene i Skiensvassdraget på større flommer i nyere tid er vist i Tabell 6-1. Det er analysert maksimale vannstander i Norsjø og Heddalsvatn, og både vårflommer og høstflommer er inkludert i analysen. For den siste flommen, september 2015, ble vannstanden i Norsjø redusert med minst 0,6 m som resultat av alle reguleringer oppstrøms.

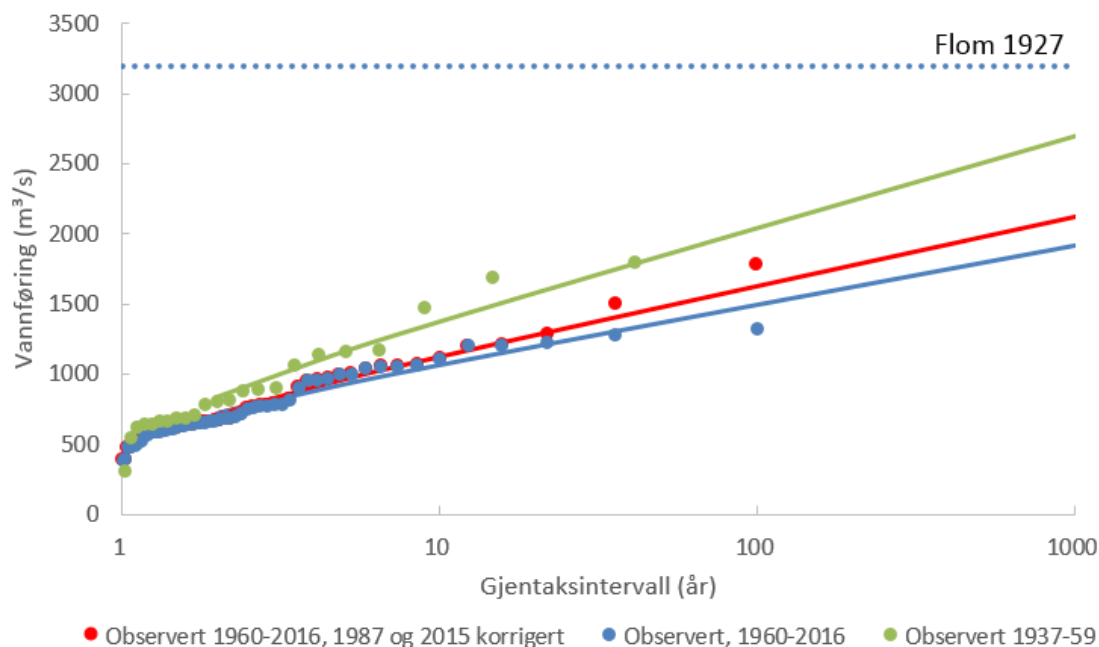
Tabell 6-1 Simulert reduksjon av vassføring og vannstand som følge av regulering for sju flommer. Fra ref. 22.

	Utløp fra Norsjø m <sup>3</sup> /s	Vannstand Heddalsvatn m	Vannstand Norsjø m	Vannstand Hjellevatn m
oktober 1987	-934	-0.67	-0.20	-0.45
juni 1995	-1290		-1.55	-1.99
oktober 2000	-474		-0.78	-1.23
mai 2004	-1785	-3.25	-2.39	-3.27
oktober 2010	-930	-1.09	-1.06	
mai 2013	-1400	-1.92	-1.87	-2.51
september 2015	-850	-0.41	-0.60	-1.48

### 6.1.1 Flomutsatte deler av Skien

For å beregne verdien i Skien ble det brukt vannføringsserier før og etter de største reguleringene kom i drift. Merk at «før»-serien også har en del reguleringer, tilsvarende 30% (1937) til 50% (1959) av dagens reguleringsgrad. Dessverre heftes en del usikkerhet rundt måling av høye vannføringer nedenfor Norsjø, slik at resultatene må betegnes som usikker, men høyst sannsynlig underestimert. Resultatet av flomfrekvensanalysene er vist i Figur 6-2. Omtrentlige gjentaksintervall for situasjonene omfattet av flomsonekartene ut fra denne reviderte flomberegningen er gitt i tabell 6-2. Vi gjør skadeanalyser for flomstørrelsene 2010 m<sup>3</sup>/s og 2200 m<sup>3</sup>/s, som tilsvarer Q<sub>100</sub> og Q<sub>200</sub> i NVEs flomsonekart<sup>1</sup>.

### FFA Skienvassdraget ved Skottfoss



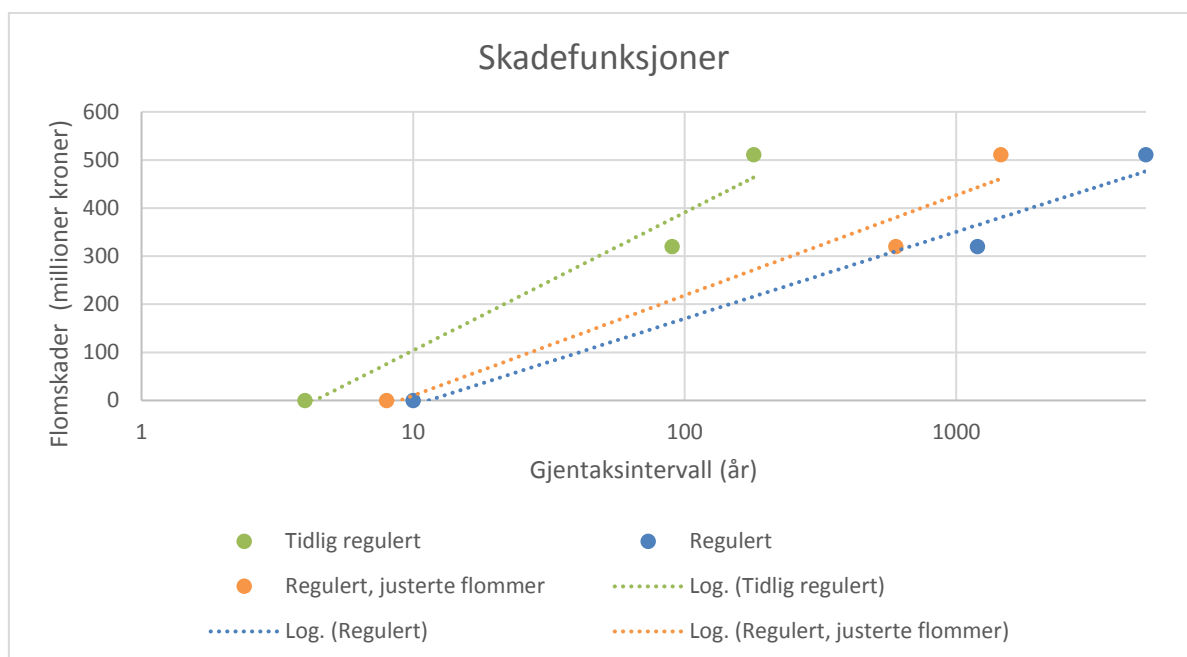
Figur 6-2. Separate flomfrekvensanalyser for Norsjø totalavløp for periodene 1937-1959 og 1960-2016, samt for 1960-2016 der flommene i 1987 og i 2015 er justert opp til hhv. 1780 og 1500 m<sup>3</sup>/s

<sup>1</sup> NVEs gjentaksintervaller er for delvis regulerte forhold.

Tabell 6-2 Gjentaksintervall for tidlig reguleringsfase og dagens situasjon

Vannføring m <sup>3</sup> /s	1070	1210	1400	2010	2200	2460
Gjentaksintervall regulert	10	20	60	1200	5000	15000
Gjentaksintervall regulert, justerte flommer	8	15	35	600	1460	5000
Gjentaksintervall, 30-50% regulert	4	8	12	90	180	400

Skadeomfanget ved en flom på 2010 m<sup>3</sup>/s beregnes ved hjelp av NKA-verktøyet til å være 320 mill. kr, og ved 2200 m<sup>3</sup>/s til å være 510 mill. kr. Figur 6-3 viser skade som funksjon av gjentaksintervall, med gjentaksintervall estimert på grunnlag av frekvensanalyse for perioden 1960-2016 (dagens situasjon, med justering). Forventet årlig skade blir 10 mill. kr. Figur 6-3 viser skadefunksjon basert på frekvensanalyse for perioden 1937-1959, altså tidlig regulerte forhold. Forventet årlig skade er her 29 mill. kr, det vil si at reguleringen av vestvassdragene har redusert flomskadene i Skien med 19 mill kr pr. år, som gir en nåverdi på opp mot en halv milliard. Merk at flomskader for uregulert/tidlig regulert tilstand trolig er underestimert, da flomfrekvensanalysen ikke inkluderte de store flomhendelsene i 1927, 1879 og 1860. Om disse hadde vært inkludert i analysen, ville beregnet skadereduksjon vært svært mye større.



Figur 6-3. Skadefunksjon for Skien for dagens forhold (1960-2016), med og uten justering, samt for tidlig regulerte forhold.

### 6.1.2 Notodden med Heddalen

Notodden ligger ved Heddalsvatnet, som får tilløp både fra Heddøla i vest og fra Tinnvassdraget i nord. Begge vassdragene er regulerte, Heddøla med utbyggingen av Hjartdøla på siste halvdel av 50-tallet og Tinnvassdraget helt siden 1889.

### 6.1.3 Flomvannstand i Heddalsvatn

Flomvannstanden i Heddalsvatn påvirkes av tilløpet til innsjøen fra Heddøla og Tinne, men også av vannstanden i innsjøene nedstrøms. Det er derfor vanskelig å beregne vannstanden i Heddalsvatn ved en bestemt vannføring. Vi har allikevel et relativt godt grunnlag for flomvannstanden i

Heddalsvatn, da det finnes målinger av vannstand fra 1850-tallet fram til i dag. I NVEs database ligger det daglige registreringer fra 1883-2016 (noen hull i serien) ved vannmerke 16.1 Notodden.

Petterson (1998)<sup>2</sup> påpeker at referansenivået for serien har endret seg noe i løpet av seriens historie. Det er usikkert om serien som nå er tilgjengelig i NVEs database er korrigert, og hvilket høydesystem den ev. er i, men vi registrerer at det er noe avvik mellom oppgitte historiske flomvannstander i Pettersons rapport og foreliggende flomvannstander i NVEs database. Størst er avviket for 1927-flommen (20,91 mot 21,20), mens 1924 har 18,86 mot 19,0 og 1987-flommen er registrert med 19,31 mot 19,35. I alle tilfeller er flomvannstanden i NVEs database lavere enn den som er presentert i Pettersons rapport. Ved bruk av serien 16.1 Notodden til å beregne vannstander, kan flommene altså potensielt underestimeres noe, spesielt for den gamle delen av serien (der avvikene ser ut til å være størst). Dette vil altså si at det er mulig at vi underestimerer de uregulerte flomvannstandene.

Flomvannstander i Heddalsvatn i Petterson (1998) er basert på en frekvensanalyse av høstflommer for perioden 1960 til 1996. Dette er fordi Heddøla har størst flommer om høsten. I hele vassdraget er det imidlertid både høstflommer og vårflokker, som begge dempes av vannkraftmagasiner, så vi gjør en ny frekvensanalyse for årsflommer.

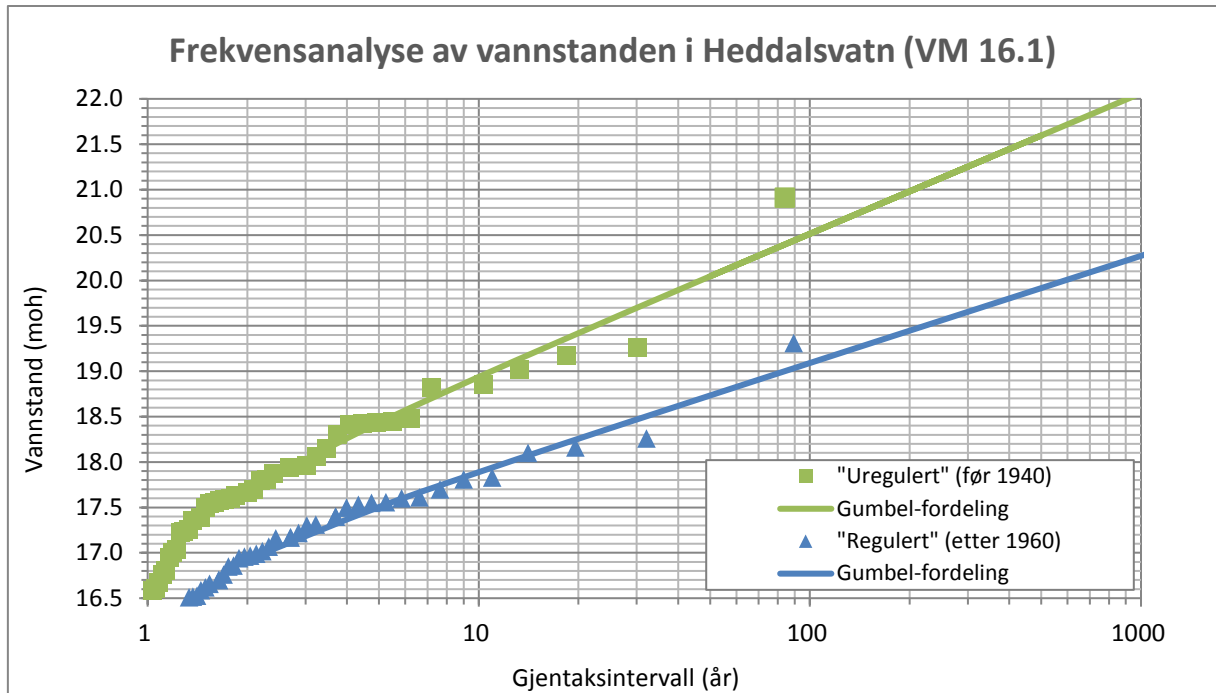
Vi har delt inn serien i to perioder: 1883-1939 som skal representere uregulerte forhold<sup>3</sup>, og 1960-2016 som skal representere regulerte forhold. Frekvensanalysen er plottet i figuren under, og resultatene er oppsummert i Tabell 6-3.

*Tabell 6-3. Flomvannstander i Heddalsvatn, basert på frekvensanalyse av serien 16.1. Den store forskjellen mellom våre beregninger og flomberegningen fra 1998 skyldes at våre beregninger ser på både vår- og høstflommer, mens det tidligere kun er sett på høstflommer.*

Gjentaksintervall	«Uregulert» vannstand 1883-1939	Regulert vannstand 1960-2016	Flomberegning (1998) <i>Basert på høstvannstand 1960-1996</i>
10	18,94	17,89	17,83
50	20,05	18,73	19,08
100	20,51	19,09	19,68
200	20,98	19,45	20,32
500	21,60	19,92	21,25

<sup>2</sup> Petterson (1998) Flomforhold rundt Heddalsvatn (016.Z). NVE-dokument 6-1998

<sup>3</sup> Strengt tatt ikke korrekt, da mye av utbyggingen i Månassdraget kom allerede i 1907/8, og Tinnsjøen har vært regulert helt siden 1889.



Figur6- 4. Frekvensanalyse av vannstander i Heddalsvatn

Vi ønsker å beregne skade for flomsonekartene som viser 50-årsflom og 200-årsflom, dvs. en vannstand i Heddalsvatn på hhv. 19,08 og 20,32. Fra våre frekvensanalyser finner vi at dette tilsvarer gjentaksintervall på 12 år og 75 år for uregulerte forhold, og 100 år og 1100 år for uregulerte forhold.

Begynnende skadenivå er ved ca. Q10 i flomsonekartene, som tilsvarer 10 års gjentaksintervall ved regulert vannstand og omtrent middelvannstand ved uregulerte forhold.

Flomvannføring i Heddøla er også brukt for å estimere skadene lenger opp i Heddalen der vannstanden er uavhengig av vannstanden i Heddalsvatn (se vedlegg 2a). Resultatene viser mye mindre skadeomfang enn for bebyggelsen rundt Heddalsvatn.

Tabell 6-4. Beregnede unngåtte flomskader i Skiensvassdraget

Unngåtte flomskader	Årlig (million kr./år)	Kapitalisert (million kr.)	Kommentar
Skien	Minst 20	Minst 450	Større usikkerhet
Notodden	46	1030	Bedre datagrunnlag
Sum	Minst 70	Minst 1500	Avrundet estimat

Konklusjonen blir at betydningen av reguleringsmagasiner i Skiensvassdrag utgjør en årlig besparelse av minst 20 millioner kr. i form av unngåtte flomskader for den delen av Skien som dekkes av flomsonekart og 46 millioner kr. i form av unngåtte flomskader for den delen av Heddalen og Notodden som dekkes av flomsonekart. Andre områder er ennå ikke tallfestet. Grovt avrundet kan man estimere den kapitaliserte verdien av reguleringen til godt over en halv milliard kroner for Skien og godt over en milliard for Heddalen og Notodden, kanskje over 2 milliarder for alle flomutsatte deler av Skiensvassdraget.

## 6.2 Glomma 1995 og 2013 og skader fra Tynset og Alvdal (vedlegg 3a og 3b)

### 6.2.1 Glomma og skader i Tynset og Alvdal

Det er gjort en vurdering av hvor mye større skadeomfanget hadde blitt i Tynset og Alvdal uten reguleringer i Aursunden. Resultater fremgår av vedlegg 3a, og flomtoppene er oppsummert i Tabell 4-2 for Tynset. Man ser en vesentlig effekt av reguleringsmagasinene. Dette er ikke overraskende, for alle flommene er vårflommer og magasinet er i utgangspunktet nesten tomt ved inngangen til smeltesesongen. Vårflommer dominerer flomregimet i denne indre delen av Østlandet og ingen store høstflommer har blitt simulert.

Tabell 6-5 Flomtopper ( $m^3/s$ ) forbi Tynset med og uten regulering

Dato	Tynset oppstrøms Tunna		Tynset nedstrøms Tunna	
	Regulert	Uregulert	Regulert	Uregulert
19/5/1966	487	572	634	719
30/5/1967	412	588	536	713
29/5/1985	483	591	627	735
24/5/1992	449	587	576	714
2/6/1995	591	822	769	1000
22/5/2013	440	559	577	697
26/5/2014	417	597	482	662

Skadeberegninger med NKA-verktøyet ut fra flomsonekart for Tynset og Alvdal viser en årlig verdi av ca. 4 millioner kr i unngåtte skader på grunn av reguleringer. Dette viser at reguleringer også har betydelig verdi i demping av flommer langs elver i utkantstrøk der bygningstettheten er lavere enn i byområder.

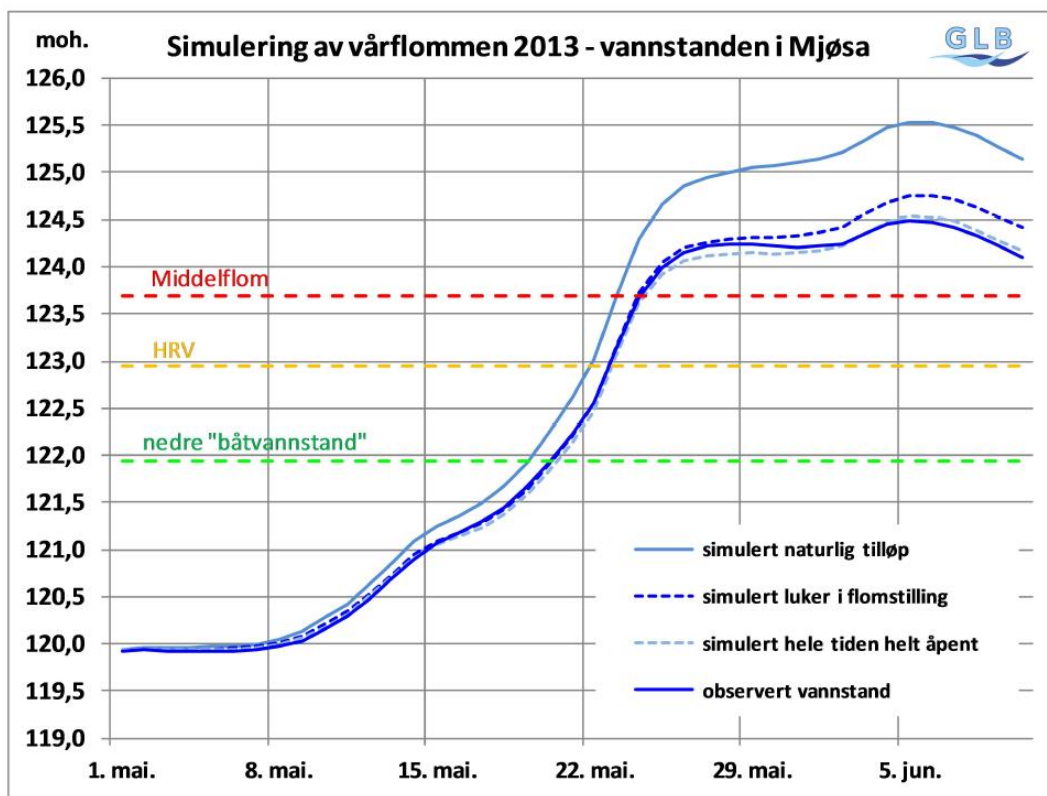
### 6.2.2 Gudbrandsdal 2011 og 2013 og Mjøsa

Både i 2011 og i 2013 ble det store vårflommer i både Lågen og Glomma og GLB ble satt i beredskap med daglig oppdateringer av simuleringer for hvordan flommen kunne forløpe flere dager fremover mens flomtoppen beveget seg nedover vassdraget. Flommen i Glomma i mai 2013 kom relativt overraskende på GLB. Den 18. mai, 5 dager før flomtoppen nådde Elverum, var det veldig få indikasjoner på en skadeflom. Det var derfor vanskelig å bruke magasinene i øvre del av Glomma aktivt i hensikten å dempe flommen – de ble fort fylt opp den 20-21 mai.

GLB har simulert flere flommer av nyere dato i Lågen (Tabell 6-6). Simuleringene viser at reguleringer har betydd at topp vannstand i Mjøsa har blitt ca. 60 cm lavere enn tilsvarende vannstander uten reguleringer. Det er de simulerte verdiene som kan sammenlignes direkte, selv om observert kulminasjon var noen desimeter lavere, som forklart i vedlegget.

Multiconsult har sett på hva dette betyr for tettstedene rundt Mjøsa og funnet ut at det er fortsatt få bygninger i Hamar og Lillehammer som ville blitt berørt dersom 2013-flommen hadde kommet uten regulering utover de som faktisk ble berørt. Derimot finner vi i Gjøvik en del bygninger som kan argumenteres er skånet fra skader som resultat av reguleringen.





Figur 6-5 Observert vannstand i Mjøsa sammenstilt med simuleringer under flommen i 2013. Simulert vannstand med naturlig avløp er gjort med samme lukestillinger som ved observert vannstand.

Tabell 6-6. Simuleringer gjort av GLB for de største flommene i nyere tid.

1995 Flom		
	Øyeren	Mjøsa
kulminasjon observert	104.39 m	125.62 m
kulminasjon simulert regulert	104.62 m	125.41 m
kulminasjon simulert uregulert	107.01 m	126.04 m

2013 Flom		
	Øyeren	Mjøsa
kulminasjon observert	102.79 m	124.49 m
kulminasjon simulert regulert	102.83 m	124.71 m
kulminasjon simulert uregulert	105.50 m	125.34 m

2014 Flom		
	Øyeren	Mjøsa
kulminasjon observert	102.43 m	123.99 m
kulminasjon simulert regulert	102.49 m	124.20 m
kulminasjon simulert uregulert	103.83 m	124.81 m

For Mjøsa går vi fra ca.  $H_{50}$  til  $H_{20}$  i 2013 og ca. fra  $H_{20}$  til  $H_{10}$  i 2014. Det er få bygg ved Lillehammer eller ved Hamar som blir berørt ved disse flomvannstander. Ved Gjøvik er det noen flere som blir berørt mellom  $H_{50}$  og  $H_{20}$ , men det er fortsatt et ganske begrenset skadepotensiale. Nyttan av regulering her i Gjøvik er grovt beregnet til ca. 1,5 million kr/år. Et anslag for unngåtte skader langs

Mjøsa derfor ligger på bare 2 million kr/år. Dette gjelder bare flommer av 2013/2014-størrelse. En full skadeanalyse av større flommer vil naturligvis gi langt høyere tall.

Mjøsa er et komplisert tilfelle å bruke for verdsetting av reguleringer, fordi den brukes aktivt i demping av flommer lenger ned i Glomma og Vorma. I store flomepisoder som 1995 og 2013, blir Mjøsa regulert for å minimere totale flomskader, noe som kan resultere i høyere vannstand i Mjøsa for å skåne bebyggelse nedstrøms. Det er veldig mange interesser knyttet til hvordan Mjøsa reguleres, men denne rapporten har bare tatt for seg flomdemping og konsekvenser av regulering av magasiner oppstrøms. Vi har dermed ikke analysert hvordan Mjøsas regulering beskytter bebyggelsen nedstrøms.

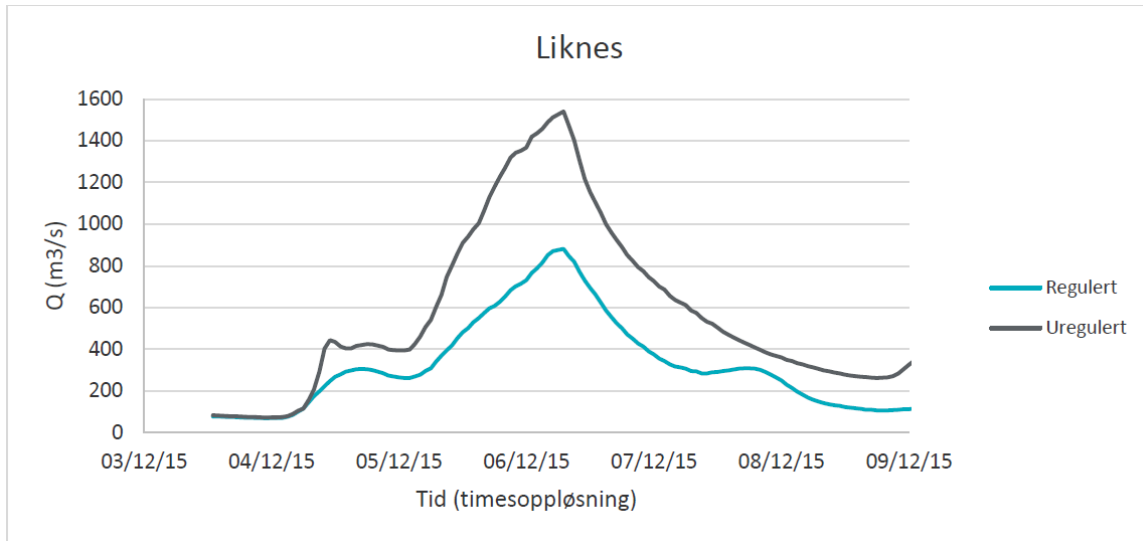
Når det gjelder Øyeren, så ser det ut til at mesteparten av bebyggelsen er beskyttet med flomvoller opp til kote 106, noe som gjør at det bare er 1995-flommen som hadde gjort skade. Siden 1995 var en ekstrem hendelse, og dagens Lillestrøm er endret og beskyttet bedre i ettertid, vil ikke skadeberegningen kunne brukes for å indikere verdien av dagens flomdemping med bruk av magasiner.

### 6.3 Kvinesdal 2015 (vedlegg 4)

Kvina er en sterk regulert elv som renner gjennom Kvinesdal med flere magasiner og overføringer driftet av Sira-Kvina Kraftselskap. Reguleringsgraden for delfeltet over 500 m er omtrent 50% og mye av vannet overføres fra Homstølvatn til Tonstad kraftverk og Sira-vassdraget. Reguleringen har derfor en stor flomdempende effekt på elven Kvina. Det kommer flere sideelver inn på vei ned til havet, omtrent uten reguleringsmagasiner, hvorav den største er Litleåna som kommer inn ved tettstedet Åmot.

Kvinesdal ble rammet av ekstremværet *Synne* i desember 2015, som ses i forbindelse med storflommen *Desmond* i Storbritannia omtalt i kapittel 3. Det ble størst skade i Åmot/Liknes, tettbebyggelsen i Kvinesdal langs elva Kvina, men også Feda ble hardt rammet av den uregulerte Fedaelva. Begge disse bygdene tilhører Kvinesdal kommune slik at delingen av skadene registrert i naturskadepoolen er foreløpig bare et estimat. Det antas at største delen av dette flomtilsiget i Kvina kom fra uregulerte delfelt nedenfor Homstølvatn fra 500 m over havet og lavere, fordi maksimal vannføring nedenfor magasinene var målt til 10 m<sup>3</sup>/s.

Reguleringsmagasinene og overføringer til Tonstad har utvilsomt bidratt til å dempe flommen i Kvina. Dette ble simulert og rapportert av Norconsult i ref. 24 med et eksempel fra målestasjonen oppstrøms Liknes i Figur 6-6. Det viser at flomtoppen ble nesten halvert i forhold til hva som er simulert for uregulert forhold.



Figur 6-6 Regulert og uregulert avløp ved Liknes 3-9. des. 2015. Fra ref. 24.

Flommen hadde en veldig høy gjentaksinterval estimert til rundt 100 år selv med regulering som fjernet alle bidrag fra den øverste delen av vassdraget. Den uregulerte flommen i Kvina hadde hatt et gjentaksinterval av mer enn 5000 år etter gjeldende flomberegninger. I Tabell 6-7 fra ref. 24 er flommen ved Liknes og Stegemoen sammelignet med NVEs flomfrekvensanalyse for Kvina, ref. 25.

Tabell 6-7 Flommen i 2015 i Kvina regulert og uregulert (m<sup>3</sup>/s), fra ref.24

	QM	Q10	Q20	Q50	Q100	Q200	Q500	Des 2015 reg.	Des 2015 ureg.
Stegemoen	230	330	470	590	640	690	700	460	1120
Liknes	380	580	730	840	870	930	950	880	1540

Skadene i for kommunen Kvinesdal er likevel estimert til godt over 100 millioner kr hvorav ca. 72 millioner på privat eiendom (se Tabell 6-8). Med en foreløpig gjetning kan vi anta at mer enn halvparten tilhørte Liknes.

Tabell 6-8 Skader på privat eiendom 4-7. desember 2015 (fra Norsk naturskadepool)

Kommune	Hjemsforsikring	Hytte/fritidsbolig	Villaforsikring	Privat - annet	Huseierforsikring	Industriforsikring	Kommuneforsikring	Landbrukforsikring - boligdel	Landbrukforsikring - driftsdel	Næringslivsforsikring	Nærings - annet	SUM
Lindesnes	718	260	4880	341	719	0	831	0	143	3032	1025	11,949
Lyngdal	1335	36	6781	0	0	0	0	354	127	800	80	9,513
Hægebostad	684	449	4703	0	0	0	0	0	0	638	270	6,744
Kvinesdal	4705	6585	29559	544	8560	8450	4631	1072	304	5577	2413	72,400
Eigersund	2291	4271	10751	325	0	0	32	0	123	6048	3204	27,045
Lund	650	1870	10497	464	54	102582	0	219	129	310	1444	118,219
Bjerkreim	2934	1283	7690	1060	0	11565	6138	457	1418	5198	3078	40,821

I og med at det ikke er utgitt flomsonekart for flommer så store som 1540 m<sup>3</sup>/s er det vanskelig å antyde hva skadeomfanget hadde vært dersom flomtoppen hadde passert som uregulert, men det er ingen tvil om at skadeomfang ville ha blitt mye større. Ved å bruke en GIS-versjon av Matrikkelen og kartet for 500-års flommen finner vi at 114 bygninger vil bli rammet i Liknes ved 500 års-flommen. Det tilsvarer 192 boenheter og et samlet FKB-areal på 31 000 m<sup>2</sup> (grunnareal). En uregulert flom ville vært atskillig større. Vi kan bare gjette at en uregulert flom kunne ha rammet mer enn 200 bygninger og 300 boenheter. Inkludert ekstra skade på infrastruktur er det nærliggende å tenke seg at samfunnsverdi på skadene unngått som resultat av reguleringen vil være mangedoblet den samlede skaden som var erfart under Synne. Ved hjelp av NKA-verktøyet, er unngått skade grovt estimert til 400 millioner kroner.

Synne voldte skader i flere andre kommuner på Sørlandet og flere andre vassdrag, men tallene i tabellen vil også inkludere noen skred og stormflo effekter som ikke hadde sammenheng med vassdragsregulering.

NVE har utført sin første analyse av flommen på Sørlandet i oktober 2017, ref.32 (NVE, nov. 2017) der den nesten uregulerte Tovdalsvassdraget ble hardest rammet. De regulerte nabovassdragene i Otra og Arendal slapp mye lettere unna fordi de hadde betydelige reguleringsmagasiner for å dempe flomtoppen før den passerte. I følge Agder Energi er det sannsynlig at kulminasjonsvannføringen i Arendalsvassdrag ved Rygene ble redusert med i størrelsesorden 200 – 300 m<sup>3</sup>/s på grunn av forhåndstapping og aktiv manøvrering av oppstrøms magasiner under flommen. Da vannføringen i Otra kulminerte ved Heisel, var avløpet fra Byglandsfjord omkring 250 m<sup>3</sup>/s. Ut fra NVEs grove beregningen har reguleringene i sum medført en reduksjon av flomvannføringen i nedre del av Otra på omkring 400 m<sup>3</sup>/s (over 60% reduksjon). Det er liten tvil om at reguleringer har bidratt til reduserte skader lenger ned i både Otra og Arendalsvassdrag.

#### 6.4 Flåm og Aurland 2014 (vedlegg 6)

Tabell 6-9 Oversikt over samfunnsskader i Flåmsdalen påført av flommen i oktober 2014

Type skade i Flåmsdalen alene	Forklaring	Samfunnsskade mill kr.	Kilde
Privat eiendom	Hus og gårdsbygninger	47	Norsk Naturskadepool
Private veier, arealer som ikke er forsikret	Estimert fra 2014 total på 190 millioner	20	Landbruksdept. Statens naturskadeordning
Kommunal infrastruktur	Veier, bruer, kirke osv	88	Aurland kommune og NVE
Statlig infrastruktur	Flåmsbanen	20	Eget estimat inkl kanselleringer
Tort og svie, skjulte kostnader i opprydding osv	Omveier, tidsbruk av kommunalansatte, grunneiere, myndigheter	30	Eget estimat, normalt
Ikke tallfestete poster, miljøkostnader osv	Laksebestand med fiskekort, turisme osv	2	Eget estimat
<b>Totalt</b>		<b>207</b>	<b>Ytterligheter 180- 240 dvs innenfor +/- 15%</b>

Flommen i oktober 2014 forårsaket skader i mange uregulerte vassdrag, men ingen nevneverdig skader i sterkt regulerte vassdrag. En sammenligning mellom skadene påført Flåm i Aurland i storflommen oktober 2014 og Aurlandsdalen nedenfor Vassbygdvatn er blitt gjort (vedlegg 6).

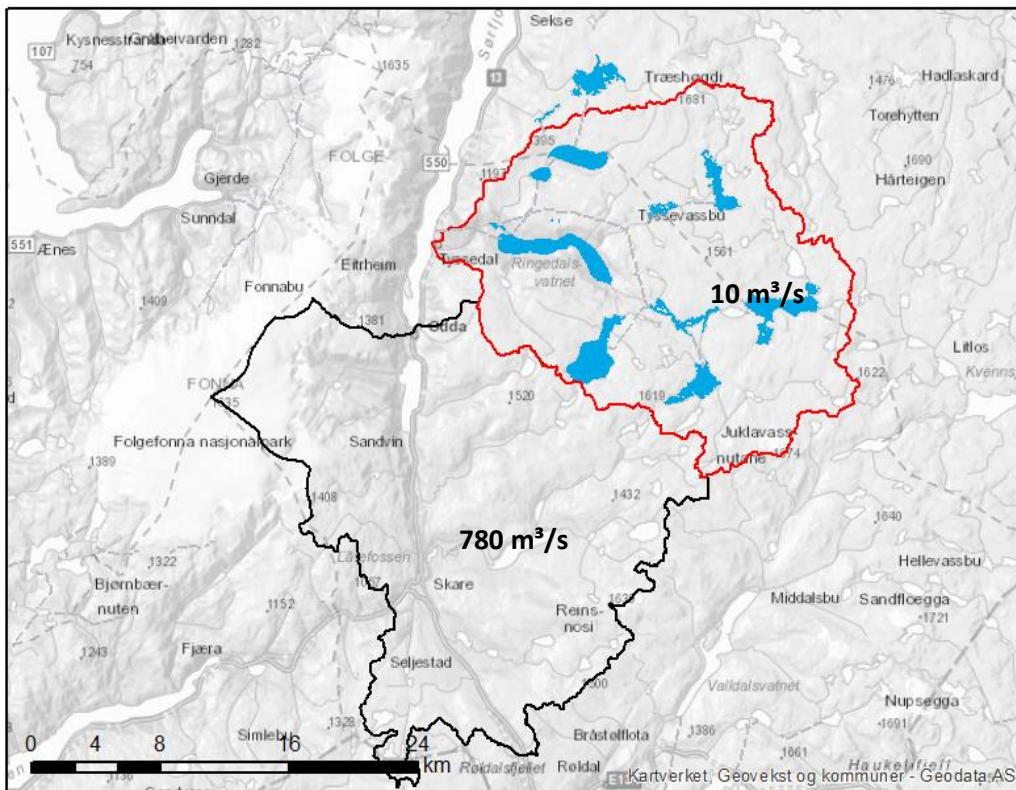
Estimater for de samlede kostnader fra forsikringer, reparasjon av infrastruktur og gjenoppretting av terreng som raste ut, samt forsterkning av elvebredder mot nye flomskader beløper seg til ca. 200 millioner kroner. En oversikt over poster og de ulike kilder vises i Tabell 6-9.

Hydrologien i Flåmselva er godt dokumentert gjennom en lang serie av vannføringsmålinger ved Brekke bru (1944-2014). Målestasjonen ble ødelagt av flommen, og en ny stasjon opprettet med nye pålitelige målinger ved Flåmsbrua fra 2016. Flomepisoden ble godt dokumentert av E-CO, StormGeo (ref. 23) og NVE (ref. 26). Nedbøren av oktober 2014 antas å ha vært omtrent like stor i Flåm og vestre del av Aurlandsvassdraget, men skadene ble vesentlig forskjellig.

Det er lett å tenke seg at skadeomfanget i Aurlandsdalen hadde blitt enda større enn i Flåm dersom flommen hadde kommet uten reguleringer, og at verdien av reguleringer kunne minst settes til 200 millioner kroner i unngåtte flomskader for den ene hendelsen.

## 6.5 Tyssedalsvassdrag og sammenligning med Odda (vedlegg 6)

En sammenligning mellom skadene påført Odda i storflommen oktober 2014 (estimert til 250 mill kr i selve Odda i ref. 5) og nabovassdraget Tyssedal er blitt gjort. Sammenligningen bekrefter at reguleringer i de store magasinene (Ringedalsvatn med flere) er helt avgjørende for å opprettholde en akseptabel grad av sikkerhet mot flomskader i Tyssedal sentrum. Hele vannstrengen fra Vetlevatn er markert som aktsomhetsområde for flom, men under flommen i 2014 ble ikke vannføringen gjennom Tyssedal mer enn ca.  $10 \text{ m}^3/\text{s}$ , dvs mindre enn en middelflom.



Figur 6-7. Vannføring i Tyssedal sammenlignet med vannføring i Opo under flommen i 2014

Tyssedal reguleringen består av mange magasiner på fjellet som regulerer to delfelt. Magasiner Øvre Tyssevatn, Langevatn og Nibbehøl har samlet  $265 \text{ Mm}^3$  kapasitet. Det er foreslått av Odda kommune

og NVE (ref. 27) å legge en ny restriksjon på sommervannstand i disse tre magasinene slik at de skulle fylles fort opp om våren til 2 m under HRV og holdes der eller høyere gjennom den isfrie perioden. Dette betyr at samlet volum tilgjengelig for flomdemping er redusert til maksimalt 30% av dagens samlet kapasitet. I tillegg er det foreslått av Odda kommune å ilegge regulanten en lignende restriksjon for sommervannstand i Ringedalsvatn, og at dette magasinet prioriteres for slike restriksjoner. Dette forslaget vil ha klart negative konsekvenser for demping av høstflommer gjennom Tyssedal sentrum. Ringedalsvatn har størst potensial for å dempe høstflommer ut fra sin posisjon nederst i vassdraget og de tappeorganene og kraftverk som gjør regulanten i stand til å styre avvikling av en høstflom for minst mulig skade nedstrøms.

Vassdraget nedstrøms Ringedalsvatn har begrenset kapasitet. Allerede ved 70-80 m<sup>3</sup>/s vil vi stå i fare for å berøre en idrettshall. Ved vannføringer i størrelsesorden 250 – 300 m<sup>3</sup>/s vil flomtunnelen i Tyssedal sentrum gå full og vannføringer over dette nivået vil følge det gamle elveløpet som nå er fylt igjen og bebygget. Dette vil føre til skade på fabrikkområdet, hus, veier og infrastruktur mellom tunnelinntaket og fjorden.

Det er klart at Ringedalsvatn har størst betydning for demping av flommer og er hovedårsak til at helle Tyssedal sentrum kunne bygges ut som den er med elva lagt i en tunnel som etter sigende er beregnet til å kunne sluke unna ca. 250 m<sup>3</sup>/s. Det er derfor avgjørende hvilken vannstand den store Ringedalsvatnet ligger på ved inngangen til en slik storflom som vi opplevde på Sørlandet i 2017. Situasjonen vil utvikle seg enda verre hvis det skulle bli problemer med å holde Oksla kraftverk i drift og 32 m<sup>3</sup>/s tappekapasitet ble borte. Flere detaljer kan leses i vedlegg 6.

## 6.6 Om magasinrestriksjoner

### 6.6.1 Ulike typer restriksjoner

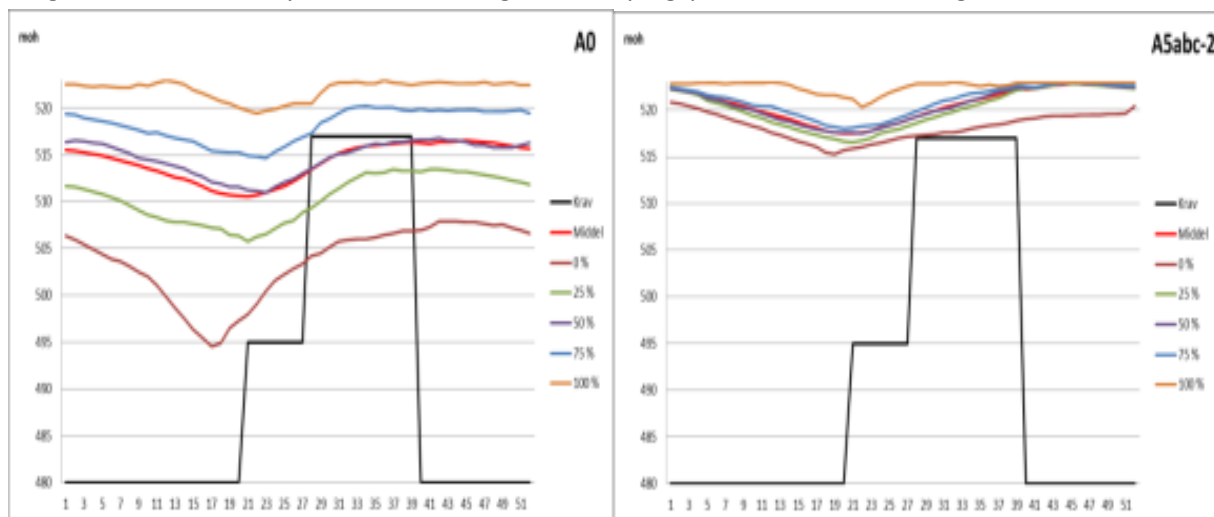
Fra krav i eksisterende revisjonsprosesser og spesifikasjoner i de regionale vannforvaltningsplanene, kan vi definere to ulike typer magasinrestriksjoner:

**Absolutte restriksjoner** setter krav om at vannstanden må være et visst antall meter under HRV i en bestemt periode om sommeren. Eksempel på dette er nevnt i NVE-rapport 49/13 med krav om en vannstand 2 m under HRV i sommerperioden fra 15. juni til 30. september (uke 24-39). Slike restriksjoner påvirker regulantens disponering av magasinet gjennom hele vinteren og innebærer at regulanten må avslutte nedtappingen av magasinet flere uker tidligere enn ved dagens manøvrering. Årsaken er at regulanten må ta hensyn til forventet tilsig, som i regelen vil være det laveste observerte tilsiget, i sin manøvrering. En konsekvens av absolutte restriksjoner er at kraftverket vil stoppes i oppfyllingsperioden. I praksis kan det bety at det innføres ny LRV og at magasinet ikke vil kunne utnyttes som forutsatt i konsesjonen.

**Produksjonsrestriksjoner** (magasinbegrensninger) setter krav om at (alt) tilsig skal gå til oppfylling av magasinet etter at vårsmeltingen begynner/definert dato til et visst antall meter under HRV. Produksjonsrestriksjoner skiller seg fra absolutte restriksjoner ved at regulanten kan tappe ned normalt frem til vårsmeltingen begynner eller den definerte datoen er passert. Oppfyllingen er tilsigsavhengig og det er dermed ikke sannsynlig at en definert vannstand vil oppnås innen en viss dato hvert år. Tapping under definert vannstand skal ikke forekomme før etter en viss dato. Dersom alt tilsig skal benyttes til oppfylling er en konsekvens at kraftverket vil stoppes i oppfyllingsperioden. Dersom kun *en andel av tilsiget* skal benyttes til oppfylling, trenger ikke kraftverket stoppes i fyllingsperioden, men vil fortsatt være tilgjengelig for kraftmarkedet. I tørre år kan man ikke forvente å oppnå definert vannstand.

### 6.6.2 Økt risiko for flomskader i Ranaelva

Statkraft har gjort simuleringer av regulering av Ranaelva med bruk av Vansimtap som illustrert i Figur 6-8. Man ser klart hvordan absolutte restriksjoner påvirker magasindisponeringen i så stor grad at magasinet aldri blir utnyttet ned til LRV og flomdempingspotensialet er vesentlig redusert.



Figur 6-8. Magasindisponering Store Akersvatn for dagens tilstand (venstre) og med restriksjoner (høyre) for Rana kraftverk. De ulike linjene viser ulike scenarier for tilsig til magasinet (persentiler).

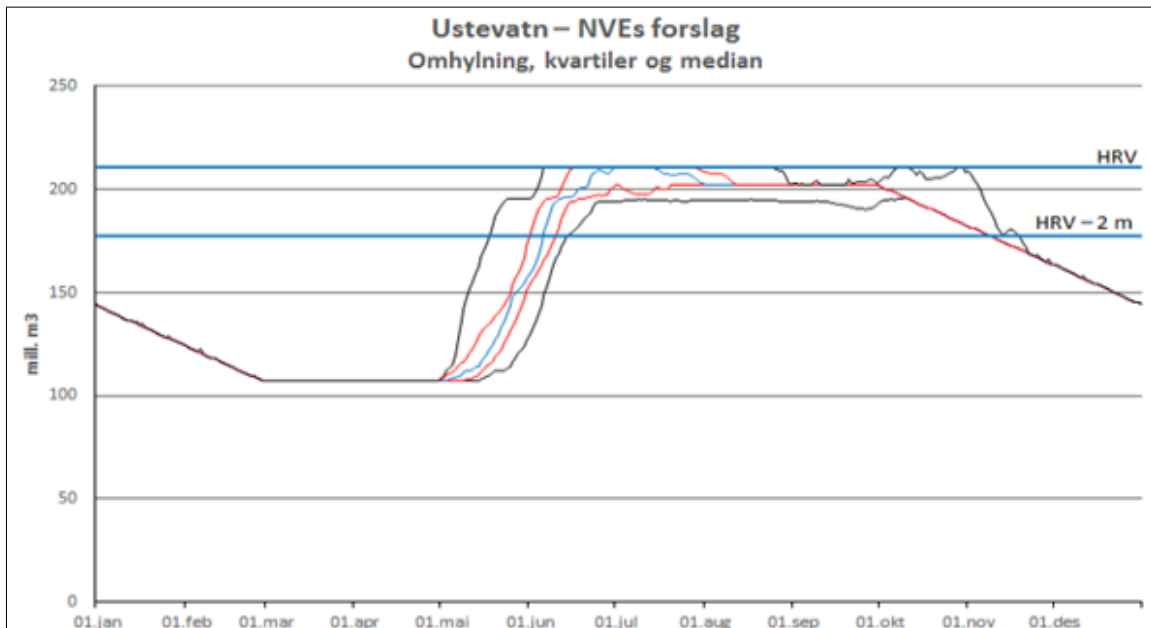
Produksjonsrestriksjoner tillater bruk av magasinet fullt ut i de fleste årene, unntatt når vårfloppen setter inn tidlig og magasinet ikke er fullt nedtappet når smeltesesongen begynner. En restriksjon på produksjon øker oppfyllingshastigheten og forverrer flomtappen som kommer etter at magasinet har gått til overløp.

Den mest skadelige effekt for høstflopper kommer av absolutte restriksjoner som tvinger regulanten til å beholde et tilnærmet fullt magasin om sommeren og utover høsten. Det er høstflopper av den typen vi har sett de siste årene i oktober, november og desember som blir forverret av slike restriksjoner. Evnen for magasinet å dempe høstfloppen er vesentlig redusert ved store magasiner hvor de gjenværende 2 m opp til HRV fylles fort opp i døgnet før flomepisoden inntreffer for alvor. Høststormen ankommer dermed et magasin som allerede er fullt, floppen kan ikke dempes, og man er dermed tilbake til situasjonen før reguleringen ble innført.

### 6.6.3 Uste-Nes-reguleringen

E-CO har utført flere simuleringer av Uste-Nes-reguleringen i Excel. Nedtapping av Ustevatn og oppstrøms magasiner må i henhold til konsesjonsvilkårene opphøre 1. mars. I konsesjonsvilkårene heter det:

*Tapping av magasinvatn fra Ustevatn - Sløtfjord, Ørteren, Finsevatn og Nygårdsvatn må innstilles senest 1. mars. Tapping av naturlig tilsig fra Ustevatn - Sløtfjord innstilles senest 1. mai.*



Figur 6-9 Ustevatn. Magasinivolum over året ved innføring av magasinrestriksjoner. E-CO beregninger.

Det ønskes stabil vannstand i mars-april, og raskest mulig oppfylling når smeltingen tar til i slutten av april. Simuleringer viser at med de omtalte nye magasinrestriksjonene (i tillegg til de eksisterende) vil den nederste halvparten av begge magasinene aldri bli tatt i bruk. Nedtappingen stopper 1. mars. Det er ikke et resultat av restriksjoner foreslått i ref. 27, men av gjeldende manøvreringsreglement som sier at tappingen skal avsluttes senest 1. mars. Kraftverket holdes i drift med tapping fra Rødungen, som starter 1. mars. Rødungen har ingen restriksjoner.

Effekten av slike strenge tapperestriksjoner for Ustevatn er oppsummert i Figur 6-9. Vi ser at vannstanden om høste som regel er mindre enn 1 m under HRV selv om restriksjonen stipulerer 2 m under HRV. Dermed blir flomdempingspotensialet vesentlig redusert og høstflommer vil kunne ligne situasjonen man hadde før reguleringsmagasinet ble bygget.

#### 6.6.4 Regulering av Selbusjøen

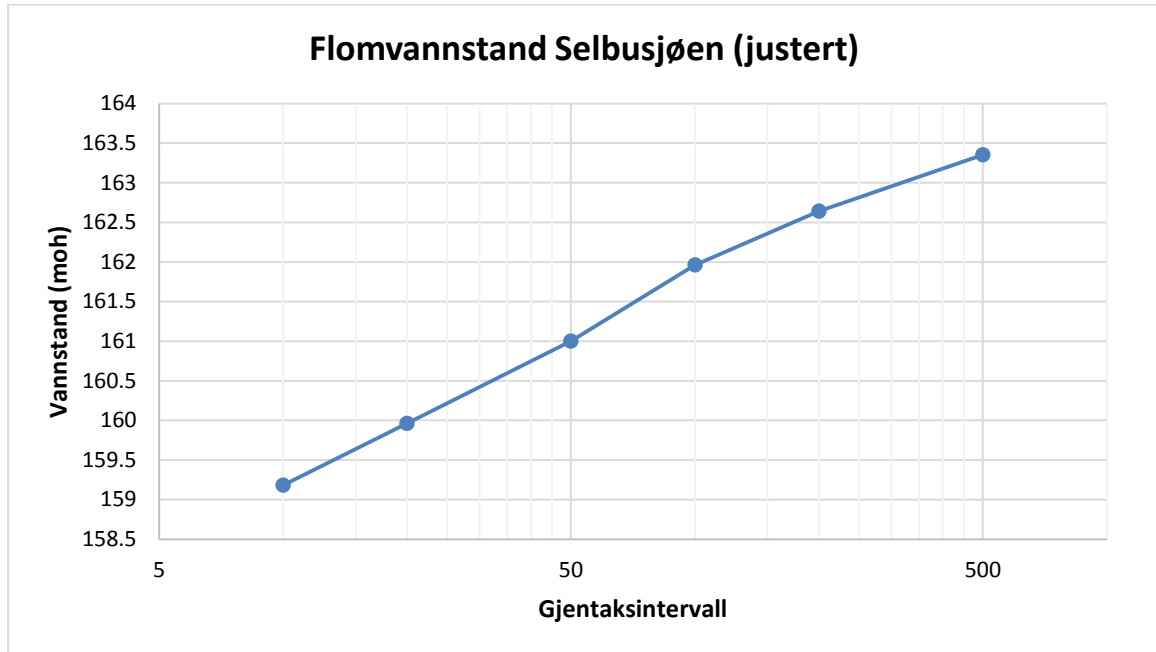
I 2014 ble det fastsatt nye vilkår for reguleringskonsesjon for Selbusjøen, det største reguleringsmagasinet for Nidelva gjennom Trondheim. Den ble vedtatt en endring i form av et nytt krav til å opprettholde en høyere vannstand på 156,87. Dette er høyere enn tidligere praktisert av regulanten Statkraft. Restriksjonen gjelder i sommermånedene etter at vårfloppen har kulminert og frem til 1. oktober (0,7 m lavere for oktober og november, dvs 156,17). Det var diskutert under revisjonsprosessen at flomfaren for bebyggelsen rundt Selbusjøen ville øke litt som konsekvens av denne endringen, men fordeler for andre brukere av Selbusjøen ble vurdert å ha større betydning.

Multiconsult har forsøkt å kvantifisere hvor stor betydning nye magasinrestriksjoner kan ha hatt i form av økt sannsynlighet for flomskade. NKA-verktøyet ble brukt sammen med estimerte sannsynligheter for høye vannstander i Selbusjøen oppgitt i flomsonerapporten til NVE (2002- se vedlegg 5).

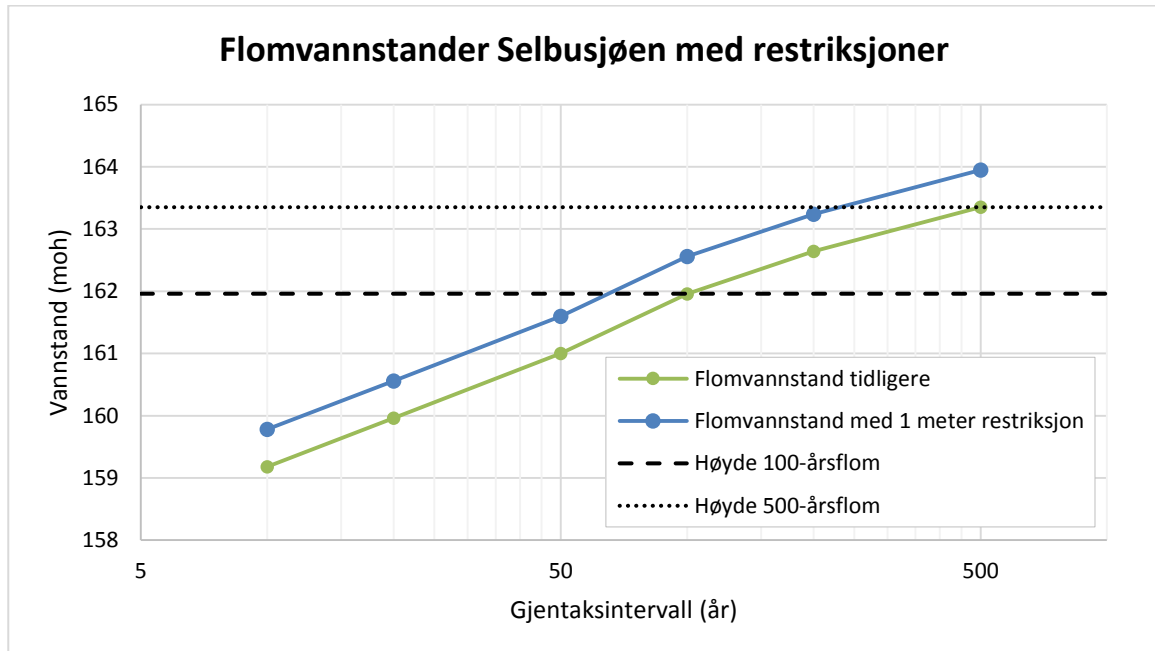
For en flom i september 2004 har Statkraft estimert at dersom det hadde vært en restriksjon på 1,0 meter, ville vannstanden ha vært 0,9 meter høyere (kote 159,4). Vi mangler imidlertid dokumentasjon på hvordan flomvannstigningen endrer seg ved større flommer, og må i denne omgang derfor gjøre en kvalifisert gjetning for å kunne estimere flomskader. Vi har gjort en forsiktig antagelse om at 1 meter restriksjoner gir en økt flomvannstand på 0,6 meter for alle flommer.



I denne foreløpige beregningen, har vi derfor justert alle flomvannstandene opp med 0,6 meter, og beregnet nye gjentaksintervaller for flomsonekartene. Med bruk av meget gode flomsonekart rundt Selbu og innløpet av Nea har Multiconsult omregnet sannsynligheter for ulike flommer med og uten 0,6 m høyere vannstand i starten av en sommer/høstflom (se vedlegg 5 for skadeprofiler).



Figur 6-10 Flomvannstander i Selbusjøen (basert på NVEs flomsonekart fra 2002)



Figur 6-11. Konsekvens av 1 meter høyere sommervannstand i Selbusjøen

Forventet årlig skade er beregnet til 17 MNOK uten restriksjoner og til 23 MNOK dersom en har en magasinrestriksjon som er 1 meter høyere enn tidligere reguleringspraksis<sup>4</sup>. Det er altså anslått av flomskadene med denne restriksjonen ville blitt økt med ca. 6 MNOK per år. Dette gir en kapitalisert verdi på ca. 140 MNOK.

Det understrekes at det er en stor grad av usikkerhet knyttet til slike beregninger. Med gradvis forbedret varsling av helt ekstreme flommer vil regulanten muligens kunne forhåndstappe slik de nye vilkårene gir anledning til. Men analysen indikerer at økningen i flomfaren som følger med en restriksjon i sommervannstand har betydelig negativ samfunnsverdi omregnet kun til økt sannsynlighet for fremtidige flomskader. Denne økt sannsynlighet kommer på toppen av økt risiko for driftsstans i kraftverkstapping og prognoser for større høstflommer på grunn av klimaendringer.

---

<sup>4</sup> Faktisk forskjell mellom ny restriksjon og ny reguleringspraksis ser ut til å være 0,5 meter fra vårflommen og frem til 31. august. Høstmånedene september, oktober og november har vi ikke tall for tidligere reguleringspraksis.

## 7 Diskusjon av verdsetting av flomdemping fra reguleringer oppstrøms

### 7.1 Fare for tap av liv

NVE-verktøyet og Damsikkerhetsforskriften bygger på en antagelse av at liv kan gå tapt ved skredhendelser, dambrudd og andre katastrofale ulykker. Historikken indikerer derimot at det er meget sjeldent at liv faktisk går tapt som direkte resultat av en skadeflom, selv om mange redningsaksjoner må utføres av kommuner, redningsetater og naboer med båt. Storflommen på Sørlandet i oktober 2017 er et nytt eksempel. Skader på eiendom og infrastruktur kan være veldig store, selv om ingen liv går tapt eller ingen alvorlige personskader oppstår. Vi anbefaler derfor at tap av liv og personskader ikke tas opp i verdsetting av reguleringer. Erosjonsskader grunnet flom

Der man nesten har opplevd tap av liv under en flomepisode, er det som regel flommens eroderende kraft som er hovedårsaken. Elvebredder og skråningståer eroderes av store vannhastigheter forbundet med store flomvannføringer. Der grunnen er løs og ustabil kan det plutselig oppstå ras, som kan ta med hus, bruer og veier med biler eller i verste tilfelle et tog.

Det er ikke mulig, i hvert fall ikke innenfor denne begrensede studien, å kunne forutse hvor utrasing kunne ha oppstått, men som er blitt unngått ved reguleringen. Det er derimot mulig å konstatere at reguleringer som reduserer flomtopper også reduserer den maksimale vannhastigheten som oppstår i en erosjonsutsatt del av elveleiet. Det er dermed udiskutabelt at reguleringer også reduserer sannsynligheten for skadelig ras langs elvestrekningen nedstrøms. Vi vet ikke hvor mye den faren blir redusert og kan følgelig ikke verdsette dette på en forsvarlig måte.

Store flommer i bratte vassdrag vil typisk flytte på enorme mengder grus og sand som avsettes lenger ned i vassdraget. Denne ansamlingen i sin tur hever vannstanden bak slike avsetninger og kan skape flomoversvømmelser som ikke fremgår av flomsonekart eller andre studier som baserer seg på hydrauliske modeller bygget på terrengkart uten nyere sediment-ansamlinger.

Store sedimentmasser i bevegelse kan forutses i den grad at det er mulig å verdsette dem i forbindelse med reguleringer. Vi vet at flomdemping i magasiner også prinsipielt vil redusere sedimenttransporten og mengden sedimenter som fraktes nedover vassdraget i en flom (ikke bare i suspendert form, men også som bunnløst). Eksempler fra nyere tid er Utvik (2017), Flåm og Odda (2014) og Kvam (2011 og 2013).

### 7.2 Klimaendringer

Analysene som rapporteres her tar ikke hensyn til fremtidige klimaendringer. Samtidig vet vi at det forventes høyere flommer i mange av de regioner der vannkraftmagasinene befinner seg. I mange vassdrag har NVE anbefalt et klimapåslag på 40% for dimensjonering av vassdragskonstruksjoner. Dette betyr at vassdrag som lenge har blitt beskyttet av gamle forbygninger i økende grad vil bli utsatt for høyere risiko for flomskader etter hvert som klimaendringer tiltar gjennom dette århundret.

Dette har den konsekvensen at skadeprofiler etter hvert vil vise større skadetall enn det som er illustrert i denne rapporten. Viktigere enn dette kan vi anta at flere regulerte vassdrag vil ha en økende risiko for flomskader fra lokale felt nedenfor de store reguleringsmagasinene, som for Kvinesdal i 2015. Dette understreker at slike vassdrag ikke bør regnes som trygge mot flomskader, fordi de kan rammes av flom fra uregulerte delfelt nedenfor de store magasinene.

Som påpekt i Energimeldingen bør bruk av reguleringsmagasinene for flomdemping intensiveres for å møte utfordringer for Norges klimatilpasning.

### 7.3 Hastetiltak for å begrense flomskader

Implisitt i metodikken vi anbefaler for å estimere skadepotensial ved oversvømmelser av kjeller og bygninger, er antagelsen om at det ikke skjer noen endringer i lokale strømningsforhold. Samtidig vet vi at det brukes sandsekker, gravemaskiner og flomgjerder i forkant av en varslet flom for å redusere omfang av skader lokalt. Hastetiltak langs vassdrag der det finnes god flomvarsling (for eksempel Glomma, Skien) vil kunne bidra til å redusere skadetall estimert med vår metodikk. Skjønnsmessig tror vi dog at reduksjonen er beskjedent sammenlignet med faktorer som trekker tallene opp, som nevnt i 7.2 og 7.3 ovenfor. Samtidig har slik sikring også en betydelig kostnad.

### 7.4 Arealbruksendringer

Kartdatabaser oppdateres regelmessig i Norge, og det er liten fare for at endringer i arealbruk ikke blir synlige i kartene og tatt hensyn til i identifisering av utsatte bygninger. Verre er det med endringer som har skjedd siden flomsonekartene ble produsert, ofte 10-15 år siden, som kan gjøre at de hydrauliske forholdene i elva, og dermed også oversvømt areal, har endret seg.

Dette er ikke et argument for å prioritere oppdatering av gamle flomsonekart, men en advarsel til dem som bruker metodikken om å være oppmerksom på endringer i arealbruken fra kartene ble publisert i flomsone rapporter. Vårt inntrykk er allikevel at nye flomutsatte områder bør prioriteres for flomsonekartlegging fremfor oppdatering av eksisterende flomsonekart.

### 7.5 Stormflo og oppstuving i elvedeltaer

Mange flomskader oppstår som en kombinasjon av økning i havnivået knyttet til en stormflo og høy vannføring nederst i vassdraget ved utløp til havet. Bebyggelser og havneområder langs elvedeltaer er særlig utsatt, og det er identifisert separat statistikk for skader som innrapporteres under betegnelsen «stormflo». Reguleringsmagasiner har ingen innflytelse på havnivå, men kan bidra til å redusere flomtoppen som er diskutert og analysert her.

Det finnes også et potensial for å bruke magasiner for å unngå en uheldig samtidighet mellom flomtoppen som passerer et elvedelta og tidspunktet for høyeste tidevann under stormflo forhold. I tillegg til reduksjonen i flomtoppen, kan et reguleringsmagasin potensielt brukes aktivt for å unngå en uheldig kombinasjon av en flomtopp som kulminerer samtidig med en stormflo ved elvedeltaet.

Vi har ingen kjennskap til situasjoner der det har blitt forsøkt aktivt å regulere for å unngå en slik uheldig samtidighet, men potensialet er tilstede og muligheten har blitt større i senere år på grunn av forbedret simuleringsmodeller for flomruting og prognosering av forløpet til en flomtopp. Et reguleringsmagasin har ofte mulighet til å holde tilbake flomvann i 4-6 timer, noe som kan endre tidspunktet for kulminasjon av flomvannføring fra høyt til lavt tidevann, og dermed redusere skadene langs utløpet til en elv ved stormfloforhold en god del.

### 7.6 Regulantenes bidrag

Vannkraftregulanter bidrar allerede aktivt til å redusere omfang av flomskader, og denne rapporten illustrerer hvor store besparelser samfunnet ofte har som bieffekt av tidligere investeringer i reguleringer. Dersom metodikken for å beregne fordeler med aktiv regulering for å redusere skader fra høstflommer slår rot, vil det åpne for bedre samfunnsøkonomiske analyser av planer for nye og utvidet magasinkapasitet, og for endret bruk av dagens magasiner. Det gjenstår en del videreutvikling av metodene foreslått her, bl. a i retning av dokumentasjon av redusert kraftinntekter som følge av endret reguleringspraksis, og eventuelt system for kompensasjon for tapt kraft.

## 8 Forslag til metodeutvikling

### 8.1 Digitale databaser og kart over dambruddsbølger

Dagens teknologi gjør det mulig å utvikle og bruke omfattende databaser for beregninger av samfunnskostnader i større grad enn tidligere. Det er to databaser som er ekstremt viktig for slike beregninger og utvikling av en god metodikk:

1. NVE Atlas, spesielt der man har publisert flomsonekart. Det kan tenkes at dersom man hadde en lignende publisering av oversvømt arealer ved 1000 års og 500 års flommer (brukt i dambruddsbølgeberegninger) ville disse kartene ha supplert kart data som er tilgjengelig i NVE Atlas for flere flomutsatte områder og spesielt områder som i dag er beskyttet av store reguleringer oppstrøms.
2. GIS-database over alle bygninger i Norge (Matrikkelen). Dette ble brukt i stor grad for å regne ut skader på eiendom i lys av vanddybden, om bygninger har kjeller og type konstruksjon. Denne databasen inneholder allerede tilstrekkelig detaljert informasjon på landsbasis, og kan brukes mer systematisk for å regne ut verdier av unngåtte flomskader.

### 8.2 Bruk av flomsonekart

Metoden som er testet her innebærer å laste ned shape-filer for oversvømt areal der de finnes i flomutsatte områder. Disse shape-filene omringer bygninger som er berørt av oversvømmelsen, og Multiconsult har valgt å anse alle bygninger som er omringet av vannlinjen som oversvømt, mens for bygninger som ligger på grensen av vannlinjen (vannlinjen berører en del av bygningen) er det antatt at bare kjellernivået er berørt (bygninger som ikke har kjeller blir altså regnet som uberørt).

Listen over bygninger berørt av flommen trenger en systematisk bearbeiding basert på testing mot forsikringsoppgjør i flere konkrete flomhendelser. Vi har bare testet ett tilfelle og funnet at standardpriser benyttet i NKA verktøyet gir noenlunde realistiske antall krav og tall for samlet erstatningskostnader.

### 8.3 Videreutvikling av NKA-verktøyet

For bedre definisjon av skadesannsynlighetsfunksjonen anbefales at verktøyet åpner for å sette inn data for en tredje skadeprofil. Foreløpig er det bare 2 skadeprofiler og et nullpunkt som defineres som begynnende skade som definerer denne funksjonen. Funksjonen er antatt som lineær på en logskala og verdier for ulike skadesannsynligheter er interpolert fra en linje (eksempel i Figur 5-1). Vår begrensete erfaring med test-caser har indikert at skadefunksjoner sjelden er rette linjer og at det ofte vil eksistere knekkpunkter der store bebygde arealer blir oversvømt, mens de hadde gått helt fri for skade med en litt lavere vannstand. De samme forholdene gjelder flomvoller som overtoppes ved en bestemt vannføring og skadene bak flomvollen blir plutselig veldig stor. Verktøyet har opsjon for dette, men da reduseres tilpasningen til en lineær regresjon på bare to punkt.

Som nevnt i beskrivelsen av NKA-verktøyet er det i utgangspunktet ikke beregnet for andre flomtiltak enn flomvoller. Det kan benyttes for andre type tiltak, som reguleringsmagasin, men må da kjøres som to alternativer, med/uten regulering. Det er ikke spesielt elegant, og gir ikke en samlet framstilling av nytte/kost-resultatene i verktøyet. Skal verktøyet brukes mye i annen sammenheng enn flomvoller, kan det være en tanke å innføre en mer fleksibel beregning av restskade, slik at dataene og resultatene samles i en instans av verktøyet.

Det finnes lite undersøkelser og data som kan underbygge sårbarhetsestimater som brukes i verktøyet. En stor hjelp ville være om takstmennenes skaderapporter hadde mer opplysninger, som vannstand i bygning og antall totalverdi, og at takstene ble tilgjengelig i anonymisert form.

#### 8.4 Skjønnsmessig besparelse på infrastrukturskader (veier, jernbane osv.)

Foreløpig har vi lite dokumentasjon av skadeomfang på statlig infrastruktur som riksveier, jernbane osv. Vi vet at skadene er betydelige, og at avbruddskostnader for jernbanen også er betydelige og lar seg kvantifisere av transport-økonomer. Det ligger et potensial her for å samarbeide med Vegdirektoratet og Bane Nor/NSB i utvikling av en omforent metodikk for beregning av samfunnskostnader knyttet til riksveier og jernbanen. En av vanskelighetene man vil komme på er å samle data om årsaken til faktiske skader, spesielt om det er det lokale dreneringssystemet som har sviktet eller om det er vassdragene langs jernbanen og bruer over elver som har skapt skaden gjennom erosjonsprosesser og utrasinger.

For denne studien var det nødvendig å foreta veldig skjønnsmessige faglige vurderinger fra kartverket om hvilke bruer og veier som kunne bli stengt eller skadet i en bestemt flomepisode. Samtidig som man tar inn avbruddskostnader vil det være hensiktsmessig å lage noen flere tommelfingerregler for å hjelpe denne skjønnsmessige vurderingen til å bli mer realistisk og konsekvent fra sak til sak.

#### 8.5 Anbefalt metode for estimering av samfunnskostnader

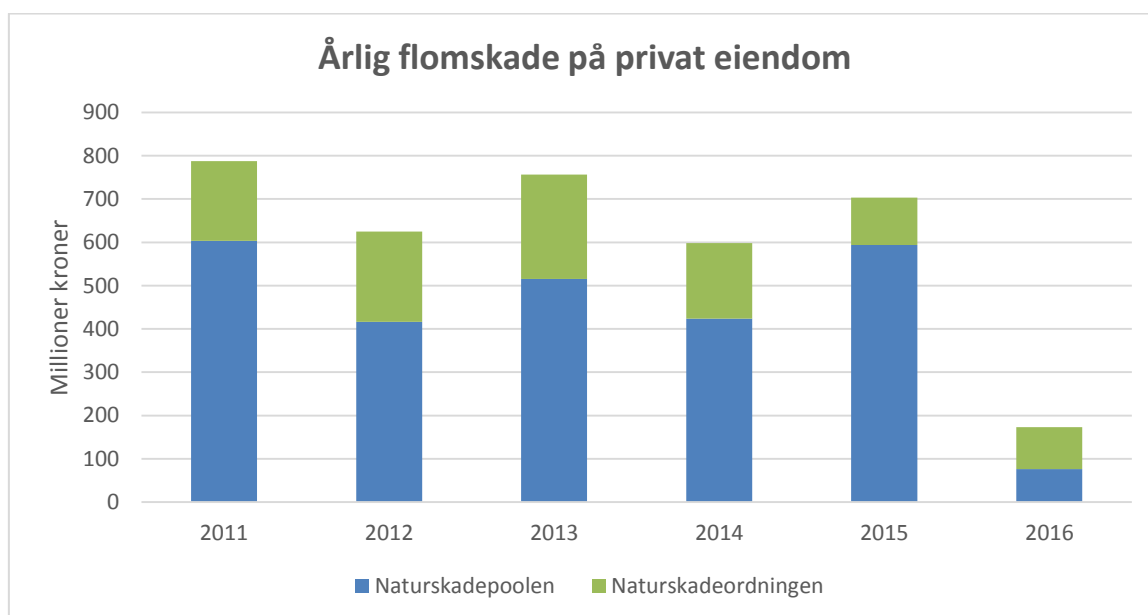
I dette avsnitt oppsummerer vi hvordan man best kan estimere samfunnskostnader med dagens datakilder. Tabell 3-2 gir oversikt over oppbygging av tallene og datakilder. Tabellen gir et eksempel på størrelsesorden for de ulike komponentene for en flomhendelse i oktober 2014 som rammet hele Vestlandet. Som man ser fra tabellen utgjør de to erstatningsordningene for naturkatastrofer og erstatning via skjønnsmidler fra Fylkesmannen og/eller KMD rundt 83 % av det totale samfunnstapet. Det er derfor forsvarlig å regne ut disse postene fra disse tre datakildene og estimere de øvrige med bruk av skjønn fra sak til sak.

Vi anbefaler derfor at malen i Tabell 8-1 brukes for å estimere samfunnstap ved en bestemt flomhendelse eller i bestemte tidsrom eller vassdrag. Typiske skjønnsmessige tillegg til de tre første radene bør baseres på en sak til sak basis, men typisk vil man oppleve tillegg på 5-20% for statlig infrastruktur, 5% for tort og svie og 0% for miljøkostnader som ikke blir langvarige.

Tabell 8-1 Oversikt over nasjonale tall for samfunnstap ved en bestemt flomhendelse (oktober 2014)

Post Nr.	Navn	2014 flom i mill kr.	Kommentar	Datakilden	Allerede justert med
1	Privat eiendom forsikret	<b>300</b>	Hentes fra matrikkelen + <a href="http://www.naturskade.no/statistikk/">http://www.naturskade.no/statistikk/</a>	Norsk Naturskade-pool	Egenandel 8000 kr * antall krav
2	Privat eiendom (umulig å forsikre)	<b>190</b>	Utbetalinger for en bestemt flom/0,85 pluss 10% for samlede egenandeler	Statens naturskade-ordning	85% av taksten utbetales. Egenandel 10 000 kr * antall krav
3	Kommunal infrastruktur	<b>500</b>	Estimert skader på lokale bruer, veier osv	Kommunene Fylkesmannen	Inkl. 10% prosjektering, men uten mva.
4	Statlig eiendom og infrastruktur (uforsikret)	<b>150</b>	Estimert skader på bruer, veier, flomsikringsanlegg banen inkl. avbrudd i trafikken	Statkraft, NVE, Statnett, Bane Nor eller Vegdirektorat	Skjønnsmessig redusert for oppgraderinger
5	Tort og svie	<b>50</b>	Estimert egeninnsats ut fra antall eiendom, kommuner og FM inne	Kommune, FM, + flom-rammede.	Ingenting
6	Miljøskader på VEKs verdifulle økologiske komponenter	<b>10</b>	Normalt settes til null, ellers krever faglig dokumentasjon av varige skader på en VEK	Uni Miljø rapport om laksebestand etter 2014 flom	Ingenting
<b>Sum</b>		<b>1200</b>	<b>Estimert samfunnstap</b>		

Disse nasjonale tallene for begge naturskadeordninger for flom og flomskred er oppsummert i Figur 8-1 for perioden 2011- 2016, da flomskadene var betydelige. Indikasjoner peker på at 2017 vil ha over middels tall for denne perioden etter et «hvileår» i 2016. Det er ulike tidspunkter for tidfesting av skadetall som gjør at årlige oversikter er ikke direkte sammenlignbare.



Figur 8-1 Årlig skade på privat eiendom for flom og flomskred fra post 1 og 2 inkl. egenandeler (2011-16)

## 9 Konklusjoner og anbefalinger

En gjennomgang av websider og relevante publikasjoner har ikke avdekket beskrivelser av aktuelle metoder som kan brukes for å bygge opp en norsk beregningsmetodikk for verdien av reguleringsmagasiner for flomdemping. Vi kan derfor konkludere at denne rapporten utgjør internasjonalt nybrottsarbeid i kvantifisering av samfunnsverdien av flomdemping. De samme prinsippene om nytteverdier i form av unngåtte skader med bruk av en flomskadefunksjon omtales i flere land og internasjonale organisasjoner, men stopper ved beskrivelse av prinsippene uten tallfestet caser som kan overføres til norske forhold. Det er i Norge at gode caser for kvantifiseringsanalyser finnes fordi vi har mange magasiner, en del flomutsatt bebyggelse, og en spesiell ordning for erstatning av naturskade som fører til god statistikk over historiske skader. Ingen andre land har denne gunstige kombinasjonen som gir forutsetninger for en god metodikk å bli utarbeidet som i Norge.

NVE har utviklet et Excel-verktøy for beregning av skader og sammenligning av ulike type tiltak for reduksjon av naturskader (Vedlegg 1). Verktøyet er det samme for analyser av flom og skred. En enklere versjon bør kunne utvikles videre av forvaltningen, men også til bruk for kraftbransjen, utelukkende for bruk med flomhendelser. Blant annet kan alle deler som estimerer sannsynlighet for tap av liv fjernes fordi det er meget sjeldent at liv går tapt under skadeflommer i Norge, og kostnadsarket for sikringstiltak bør erstattes av et ark som kan dokumentere krafttap ved endret reguleringspraksis. For bedre å kunne representere alle typer skadefunksjon, med og uten gammelt flomverk, bør det gis åpninger for beskrivelse av 3 skadeprofiler isteden for dagens to, og andre funksjoner som log lineært som brukes i dagen versjon.

Det nye NKA-verktøyet for flomhendelser bør testes i flere vassdrag enn var mulig i denne studien, og oktoberflommen i 2017 vil kunne gi gode muligheter til slik testing når alle skader er innrapportert i 2018. Oversikten over beregninger av samfunnstap bør følge oppsettet illustrert i Tabell 8-1, og en detaljert brukerveiledning bør utarbeides for å gjøre metoden for behandling av tall fra de ulike kildene mer konsekvent.

Resultater av våre beregninger Tabell 9-1 indikerer en stor variasjon i nytteverdier, avhengig av området som er flomutsatt, grad av reguleringer osv. I Skiensvassdraget er verdien av alle reguleringer estimert til 63 millioner kr. per år, og i Tynset er verdien bare 4 millioner kr per år. Tallet for Gjøvik indikerer bare 2 millioner kr per år, men dette er usikkert, da Mjøsa reguleres aktivt for å ta hensyn til mange formål. Det er lettere å forstå unngåtte skader i form av et årlig tall, men for sammenligning mot investeringer i andre former for flomvern, er kapitaliserte tall mer relevante.

Tabell 9-1. Oppsummering av beregnet nytteverdi

Vassdrag	Magasiner	Unngåtte skader i	Årlig unngåtte flomskader mill kr	Kapitalisert verdi mill kr.	Vedlegg nr.
Skiensvassdraget	Møsvatn, Mår, Totak m fl.	Skien	Minst 70	Minst 1500	2a 2b
Glomma	Aursunden	Alvdal og Tynset	4	100	3

Det understrekes at tallene i tabell 9-1 bare representerer verdien av unngåtte skader i bestemte byer og tettsteder, ikke for hele vassdraget. Vi har valgt tettsteder med størst potensial for skade, slik



at andre områder langs vassdraget vil muligens ikke vise like store tall. Likevel blir verdien av reguleringen en del større enn oppgitt her som «lokale» tall.

De store tallene sitert over bekrefter at offentligheten er lite kjent med de store verdiene som reguleringsmagasiner betyr for vern av flomutsatte arealer nedstrøms, og det er viktig å synliggjøre slike verdier fremover. Til sammenligning debatteres ofte flomtunneler med kostnader på flere hundrede millioner kr. som løsning for flomutsatte dalfører, de fleste basert på en forventning om statlig finansiering. En ny debatt bør startes om verdien av reguleringsmagasiner for flomdemping, både eksisterende og nye.

Det bør foregå en nasjonal grovkartlegging av potensialet for flomdemping gjennom eksisterende og utvidete bruk av dagens magasiner, innledningsvis for alle vassdrag der flomsonekart er allerede utarbeidet eller planlagt, og senere for områder det flomfaren er størst ved økt hyppighet av sommer- og høstflommer (på engelsk *flash floods*, karakterisert av kortvarig intens nedbør knyttet til klimaendringer).

Dagens konsesjonssystem oppmuntrer ikke til søknader for nye eller utvidete reguleringsmagasiner. Søknader etter vassdragsreguleringsloven tar veldig lang tid å behandle og er ofte anket. Ingen regulant utsetter seg for en slik mangeårig prosess med usikker utfall for å muligens få tillatelse til å bygge nye magasiner. Samtidig er dagens verdsetting av slike magasiner basert utelukkende på økt energiproduksjon, etter at el-sertifikat ordningen avsluttes i 2021. Det er ikke overraskende at det fremmes veldig få forslag om reguleringsmagasiner som kunne ha bidratt til flomdemping i tillegg til bedre vinterproduksjon til kraftsystemet. Nye insitamenter for utvidet eller endret regulering basert på samfunnsøkonomiske prinsipper bør bli foreslått og debattert.

Det bør tas initiativ ovenfor Statens naturskadeordning i landbruksdepartement å samle mer detaljerte statistikk med lignende kategorisering som brukes av naturskadepoolen. Finans Norge og Energi Norge vil kunne ta et slikt initiativ sammen. Per i dag er det vanskelig å identifisere tilhørigheten til naturskadeordningens skadetall til bestemte flomhendelser i bestemte vassdrag, selv om 75% av deres utbetalinger gjelder flom og flomskred.

## 10 Referanser

1. Sælthun, N.R. (2017) **Brukerveiledning i Nytte/kost-verktøy NKA-2016 v 1.10**. NVE, Oslo.
2. Norsk Naturskadepool (2017) **NASK – Naturskadestatistikk**. Tilgjengelig fra: <http://www.naturskade.no/statistikk/>
3. Norsk klimaservicesenter (2017). **Klimaprofiler for hvert fylke**. Tilgjengelig fra: <https://klimaservicesenter.no/faces/desktop/article.xhtml?uri=klimaservicesenteret%2Fklimaprofiler>
4. GLB og ØKAS (2007). **Konsesjonssøknad for utvidelsesprosjekt Markbulia-Einunna**. Tilgjengelig fra: <http://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/200700799/121296>
5. Walløe, K.L., Sælthun, N.R., Osen, R., Kraabøl, M. og Flatlandsmo, I. (2016) **Mulighetsstudie for flomdempende tiltak i Opovassdraget**. Multiconsult, Oslo
6. Eikenæs, O., Njøs, A., Østdahl, T. og Taugbøl, T. (2000) **Flommen kommer... Sluttrapport fra HYDRA - et forskningsprogram om flom**. NVE, Oslo.
7. Langsholt, E., Roald, L.A., Holmqvist, E. og Fleig, A. (2015) **Flommen på Vestlandet Oktober 2014**. Rapport nr 11-2015. NVE, Oslo.
8. Glover, B.(2016). **Flomdempingstiltak for vern av liv og helse i Flåm, Aurland Kommune**. Multiconsult, Oslo.
9. Bonnet, M., Witt, A., Steward, K., Hadjerioua, B. og Mobley, M. (2015) **The Economic Benefits of Multipurpose Reservoirs in the United States- Federal Hydropower Fleet**, Oak Ridge National Laboratory, Oak Ridge
10. Branche, E. (2015) **Multipurpose Water Uses of Hydropower Reservoirs: the SHARE Concept EDF-WWC Framework**. EDF, Le Bourget du Lac Cedex
11. Ferns, S. (2017) **Flood risk management at Scottish Power Galloway Hydros**. Proceedings from HYDRO 2017, Sevilla
12. Forbes, H., Ball, K. og McLay, F. (2015) **Natural Flood Management Handbook**. Scottish Environment Protection Agency SEPA, Stirling
13. Statens vegvesen (2014) **Håndbok V712 Konsekvensanalyser**. Versjon 1.1
14. Landbruksdepartementet (2017) **Statens naturskadeordning**. Tilgjengelig fra: (<https://www.landbruksdirektoratet.no/naturskadeordningen/>)
15. Midttømme, G.H. og Petterson, L.E. (2011) **Retningslinjer for flomberegninger**. NVE Retningslinjer nr 4/2011. NVE, Oslo
16. Wilson, D., Fleig, A.K., Lawrence, D., Hisdal, H., Petterson L.E. og Holmqvist, E. (2011) **A review of NVE's flood frequency estimation procedures**. NVE Report 9/2011.
17. Sælthun, N. R. (1997) **Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag**. NVE rapport 14/1997.
18. Lawrence, D. (2016) **Klimaendring og framtidige flommer i Norge**. NVE rapport 81/2016
19. SSB (2017) **Byggjekostnadsindeks for bustader**. Tilgjengelig fra: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/bkibol/maaned>
20. Finansdepartementet (2014) **Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.** (Rundskriv R109/2014). Departementet, Oslo

21. COWI (2014) **Oppdatering av enhetskostnader i nytte-kostnadsanalyser i Statens vegvesen**. Rapport A050431 – 1. Utarbeidet for Statens vegvesen.
22. Rinde, T. (2017) **Uregulerte flomvannstander i Telemarksvassdraget**. Norconsult, rapport til ØTB
23. Hansen, R.I. (2017) **Analyse av ekstremvær i Aurland 2005-2017**. StormGeo, Oslo
24. Weltzien, I. (2016) **Sammenligning av regulert og uregulert flom i Sira- og Kvinavassdraget**. Norconsult, rapport for Sira Kvina kraftselskap (vedlegg 4 til denne rapporten).
25. Drageset, T.A. (2001) **Flomberegning for Kvina ved Liknes**. NVE Dokument 19/2001.
26. Holmqvist, E. (2015) **Flomberegning for Flåmselvi ved Brekke bru (072.2Z)**. NVE Rapport 27/2015.
27. Sørensen, J., Halleraker, J.H., Bjørnhaug, M., Langåker, R.M. og Selboe, O.D. (2013) **Vannkraftkonsesjoner som kan revideres innen 2022. Nasjonal gjennomgang og forslag til prioritering**. NVE Rapport 49/2013.
28. Klima- og miljødepartementet (2016) **Klima- og miljødepartementet si godkjenning av regional plan for vassforvaltning i vassregion Sogn og Fjordane for planperioden 2016-2021**. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/contentassets/c85fcd2d78f4e01948e687e52a30937/vassregion-sogn-og-fjordane-for-planperioden-2016-2021-326512.pdf>
29. Meld. St. 25 (2016) **Kraft til endring – Energipolitikken mot 2030**. Tilgjengelig fra: <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/meld.-st.-25-20152016/id2482952/>
30. Aunaas, K., Dolva, B.K., Humstad, T., Myrabø, S., Petkovic, G., Thakur, V., Viklund, M., Øvreid, K. og Øydvin, E.K. (2016) **NIFS – sluttrapport**. NVE rapport 43-2016
31. Tingvold, J.K. (1999) **Effekt av vassdragsreguleringer i Glomma og Lågen på stor flom**. HYDRA-rapport nr. F04. GLB
32. Langsholt, E og Holmqvist, E (2017) **Flommen på Sørlandet 30.9 – 3.10.2017**. NVE rapport 80-2017

#### VEDLEGG:

1. Brukerveiledning for NKA-verktøy for beregning av flomskader (NVE)
2. Telemarksvassdrag og skader i Skien (Multiconsult vedlegg 2A og Norconsult vedlegg 2B)
3. Glomma ved Tynset og Alvdal (Multiconsult vedlegg 3A) og Maiflommen 2013 i Glomma og Lågen (GLB vedlegg 3B)
4. Kvinesdal 2015 (Norconsult vedlegg 4)
5. Selbusjøen (Multiconsult vedlegg 5)
6. Oktoberflommen i 2014 i Flåm, Aurland og Tyssedal (Multiconsult vedlegg 6)