



Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for sikring mot dambrudd

Utarbeidet for Norges vassdrags- og energidirektorat

Oslo Economics

14
2018



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 14-2018

Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for sikring mot dambrudd

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Oslo Economics

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 50

Forsidefoto: Bjørn Lytskjold, NVE

ISBN 978-82-410-1665-3

ISSN 1501-2832

Sammendrag: NVE ønsker å finne de samfunnsmessige kostnadene ved dambrudd. I rapporten er seks rehabiliteringsprosjekt vurdert, men det er imidlertid vanskelig å vurdere reduksjonen i sannsynligheten for brudd som følge av en damrehabilitering. Ved bruk av break-even-analyser kan utvalgte dammer sammenlignes

Emneord: Kostnader, damrehabilitering, risiko, break-even-analyser

Norges vassdrags- og energidirektorat
Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstua
0301 OSLO

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

Mars 2018

FORORD

I Menon-publikasjon nr. 23/2016 *Evaluering av NVE* ble damsikkerhetsseksjonen (TBD) utfordret med at vårt regelverk «medfører store kostnader for dameiere og kraftselskap, men at disse har ukjent og lite målbar reduksjon i reell risiko av de konkrete tiltakene». I lys av dette ble Oslo Economics AS (OE) engasjert etter en anbudsrunde for å få disse forholdene belyst.

Rapporten tar for seg et vanskelig emne fordi bruddsannsynligheten både før og etter en damrehabilitering er svært vanskelig å estimere. Det er utført såkalte break-even-analyser for utbedringstiltak på 6 utvalgte dammer. Imidlertid gir ikke dette et sikkert svar på om gjennomførte tiltak på dammer er samfunnsøkonomisk riktig eller ikke, da metoden bare kan brukes til sammenligning av utvalgte dammer.

Vi vil rette en takk til de dameierne som har bidratt med informasjon om sine prosjekter og som NVE har fått aksept for å benytte i denne rapporten.

Oslo, mars 2018



Ingunn Åsgard Bendiksen
direktør



Lars Grøttå
seksjonssjef

Sammendrag og NVEs kommentarer

De samfunnsøkonomiske kostnadene ved dambrudd kan deles i to kategorier, direkte kostnader for eieren og kostnadene for skader nedstrøms dammen. Eierens kostnader vil være bortfall av kraftmagasin og dermed noen års produksjon, samt gjenoppbygging av damanlegget. Tap av kraftmagasin vil også føre til redusert produksjon i nedenforliggende kraftverk. Det kan antas at et dambrudd også medfører tap av omdømme i en viss tid.

Mulige kostnader nedstrøms dammen vil være relatert til tap av menneskeliv, ødelagte bygninger, skader på infrastruktur som biler, vei og jernbane, strøm- og telenett. I tillegg til ødelagte produksjonsanlegg for næringsvirksomheter vil det også påløpe avbruddskostnader for disse. Tap av ett menneskeliv er priset til 30 millioner 2012-kroner. Dette er i tråd med Finansdepartementets retningslinjer for gjennomføring av samfunnsøkonomiske analyser. Når det gjelder tap av menneskeliv er det i rapporten gjort konservative anslag. Det påpekes derfor at det er mer sannsynlig at kostnadene ved dambrudd blir større enn det som rapporten angir enn at de blir mindre.

OE påpeker at det er store kostnader knyttet til både gjenoppbygging av dam og tapt kraftproduksjon, og at dette gir dameier gode insentiver til å sikre damanleggene godt. Det er imidlertid ikke åpenbart at dameieren tar hensyn til samfunnets kostnader nedstrøms ved et eventuelt dambrudd. Derfor støtter analysen opp om gjeldende regler og forskrifter som stiller krav til sikkerhet utover dameiers vurdering.

Rapporten påpeker også at det bør vurderes om dagens kriterier for klassifisering av vassdragsanlegg burde hensynta skadegrad på en bedre måte enn i dag. NVE vil til dette bemerke at regelverket allerede åpner for dette og at det for tiden er under utredning i et EnergiNorge-prosjekt, *Forbedret grunnlag ved klassifisering av dammer*. Når rapporten fra prosjektet foreligger, vil vi vurdere hvordan resultatene kan tas i bruk. Imidlertid er antagelsen om hvordan et dambrudd skjer og utvikler seg relativt standardisert, så det er en viss usikkerhet knyttet til en viktig forutsetning i disse beregningene.

NVE tar rapporten til etterretning. Vi merker oss de betraktninger som gjøres rundt samfunnsøkonomisk lønnsomhet av damrehabiliteringer. NVE vil imidlertid ikke bruke vurderingene i denne rapporten alene som argument for at konkrete dammer må forsterkes. Det vil til enhver tid måtte være gjeldende sikkerhetskrav på dette området som legges til grunn for de tiltakene som må gjøres på damanleggene. Vi merker oss også at OE påpeker viktigheten av at en myndighet tar hensyn til samfunnets kostnader nedstrøms en dam. Det viktigste formålet med damsikkerhetsarbeidet er nettopp å forhindre store skader på mennesker, miljøverdier, infrastruktur og eiendom som følge av dambrudd.

Følgende kommentarer kan knyttes til tre av damanleggene som rapporten behandler:

Ved Skarsfoss ble en eldre platedam erstattet av en ny gravitasjonsdam. Dette forklarer at kostnaden ble større enn ved ordinære ombyggings-/forsterkningsarbeider.

Dam Askjelldalsvatnet er plassert i konsekvensklasse 3, men omfanget av ombyggingsarbeidene ble utført som om den var plassert i konsekvensklasse 4.

Dambruddsbølgeberegningene for dam Skidvann viser at bruddbølgen når Sellarod etter kun to minutter og at maksimal vannhastighet er 15 m/s. Flere hus blir berørt derav ett bolighus. Merk at OEs rapport mener at ingen menneskeliv går tapt.



Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for sikring mot dambrudd

*Utarbeidet for Norges Vassdrags- og energidirektorat
Rapport nr. 2017-1*

Om Oslo Economics

Oslo Economics utreder økonomiske problemstillinger og gir råd til bedrifter, myndigheter og organisasjoner. Våre analyser kan være et beslutningsgrunnlag for myndighetene, et informasjonsgrunnlag i rettslige prosesser, eller et grunnlag for interesseorganisasjoner som ønsker å påvirke sine rammebetingelser. Vi forstår problemstillingene som oppstår i skjæringspunktet mellom marked og politikk.

Oslo Economics er et samfunnsøkonomisk rådgivningsmiljø med erfarne konsulenter med bakgrunn fra offentlig forvaltning og ulike forsknings- og analysemiljøer. Vi tilbyr innsikt og analyse basert på bransjeerfaring, sterk fagkompetanse og et omfattende nettverk av samarbeidspartnere.

Samfunnsøkonomisk utredning

Oslo Economics tilbyr samfunnsøkonomisk utredning for departementer, direktorater, helseforetak og andre virksomheter. Vi har kompetanse på samfunnsøkonomiske analyser i henhold til Finansdepartementets rundskriv og veiledere.

Fra samfunnsøkonomiske og andre økonomiske analyser har vi bred erfaring med å identifisere og vurdere virkninger av ulike tiltak. Vi prissetter nyttevirkninger og kostnader, eller vurderer virkninger kvalitativt dersom prissetting ikke lar seg gjøre.

Samfunnsøkonomisk analyse av tiltak for sikring mot dambrudd /2017-1

© Oslo Economics, 27. januar 2017

Kontaktperson:

Rolf Sverre Asp / Partner

rsa@osloeconomics.no, Tel. 99628812

Innhold

Sammendrag og konklusjoner	5
1. Om utredningen	8
2. Dammer og regulering av damsikkerhet i Norge	10
2.1 Dammer i Norge	10
2.2 Regulering av damsikkerheten	11
2.3 Dambruddsbølgeberegninger	13
3. Metode for samfunnsøkonomisk analyse av sikringstiltak	14
3.1 Kostnader ved sikringstiltak	14
3.2 Kostnader ved dambrudd	14
3.3 Break-even-analyse	18
4. Dam Skidvann	20
4.1 Dambruddsbølgeberegninger	20
4.2 Kostnader ved sikringstiltak	20
4.3 Kostnader ved dambrudd	21
4.4 Oppsummering	22
5. Dam Kleiveland	24
5.1 Dambruddsbølgeberegninger	24
5.2 Kostnader ved sikringstiltak	25
5.3 Kostnader ved dambrudd	25
5.4 Oppsummering	27
6. Dam Hafstadvatnet	28
6.1 Dambruddsbølgeberegning	28
6.2 Kostnader ved sikringstiltak	29
6.3 Kostnader ved dambrudd	29
6.4 Oppsummering	31
7. Dam Votna II	32
7.1 Dambruddsbølgeberegning	32
7.2 Kostnader ved sikringstiltak	33
7.3 Kostnader ved dambrudd	33
7.4 Oppsummering	35
8. Dam Askjeldalsvatn	36
8.1 Dambruddsbølgeberegninger	36
8.2 Kostnader ved sikringstiltak	37
8.3 Kostnader ved dambrudd	37
8.4 Oppsummering av konsekvenser	39
9. Dam Skarsfoss	41

9.1 Dambruddsbølgeberegning	41
9.2 Kostnader ved sikringstiltak	42
9.3 Kostnader ved dambrudd	42
9.4 Oppsummering	44
10. Konklusjoner og anbefalinger	45
11. Referanser	47
Vedlegg 1: Anvendelse av NVEs nytte-/kostnadsverktøy til flom- og skredsikringstiltak	49
Vedlegg 2: Primærkilder	51

Sammendrag og konklusjoner

I denne rapporten gjør vi en samfunnsøkonomisk vurdering av utbedringstiltak som er iverksatt for å sikre at damkonstruksjoner tilfredsstiller gjeldende sikkerhetskrav. I analysene ser vi på to hovedkategorier av virkninger: (i) kostnader ved å gjennomføre sikringstiltak for å få dammen i forskriftsmessig stand, og (ii) samfunnsøkonomiske kostnader dersom et dambrudd skulle skje.

De samfunnsøkonomiske kostnader ved dambrudd fordeler seg på (i) kostnader for dameier og (ii) kostnader nedstrøms. Kostnader for dameier inkluderer hovedsakelig gjenoppbygging av dam og tapt kraftproduksjon. Nedstrøms er de største prissatte kostnadene knyttet til risiko for tap av menneskeliv og skade på bygninger. I tillegg er det vesentlige kostnader knyttet til skadet infrastruktur (vei, biler), andre kostnader som opprydding, mobilisering og førstelinje samt bortfall av næringsaktivitet. Videre kan et dambrudd medføre skader på miljø og kulturminner, samt kostnader ved redusert fremkommelighet (veibrudd) og bortfall av strømforsyning. Slike konsekvenser er vurdert som ikke-prissatte konsekvenser i rapporten.

Risiko for dambrudd og risikoreduksjon ved sikringstiltak er svært vanskelig å estimere. Som et alternativ til en tradisjonell samfunnsøkonomisk lønnsomhetsanalyse har vi utført såkalte «break-even-analyser» for utbedringstiltak på den enkelte dam. Analysen angir en terskelverdi for hvor mye den årlige bruddsannsynligheten må reduseres for at et tiltak skal ansees som lønnsomt.

Vi har gjennomført vurderinger av seks dammer der det har blitt gjennomført sikringstiltak i nyere tid. Disse dammene er Skidvann, Kleivelandsvannet, Hafstadvatnet, Votna II, Askjelldalsvatn og Skarsfoss. Av de seks analyserte dammene benyttes fire som vannmagasin til kraftproduksjon (Askjelldalsvatn, Skarsfoss, Votna II, Hafstadvatnet) og to demmer opp drikkevannsmagasiner (Skidvann og Kleivelandsvannet). Disse seks dammene fordeler seg videre på damsikkerhetsforskriftens definerte konsekvensklasser 2, 3 og 4 som sier noe om omfanget av konsekvenser ved brudd. I tillegg inkluderer utvalget flere konstruksjonstyper (murdam, betongdam, steinfyllingsdam).

En oppsummering av resultatene fra analysen er gitt i Tabell 1-1 under. Vi presiserer at tallene er beheftet med usikkerhet. Særlig gjelder det anslagene på kostnader som vil oppstå nedstrøms ved et eventuelt dambrudd. Bakgrunnen er betydelig usikkerhet knyttet til skadeomfang og skadegrad på berørte verdier nedstrøms og sannsynligheten for tap av menneskeliv. I beregningene har vi lagt til grunn konservative anslag. Det er dermed mer sannsynlig at kostnadene ved et dambrudd blir større, enn at de blir mindre, enn det som fremkommer i analysen av den enkelte dam.

Som det kan leses i tabellen er det stor variasjon i både kostnadene ved sikringstiltak som er gjennomført og de samfunnsøkonomiske kostnadene ved dambrudd. Til en viss grad øker kostnadene ved sikringstiltak med de estimerte samfunnsøkonomiske kostnadene ved dambrudd. Dette knytter seg blant annet til at større tiltak har blitt gjennomført på dammer i høyere konsekvensklasser der kravene med hensyn til blant annet stabilitet og flomavledning i henhold til damsikkerhetsforskriften er strengere. Videre korrelerer samfunnsøkonomiske kostnader ved dambrudd positivt med konsekvensklasse.

Tabell 1-1 Sammenheng prissatte virkninger for dammene i utredningen, tall i MNOK

	Skidvann	Kleiveland	Hafstad	Votna II	Askjell- dalsvatn	Skarsfoss
Konsekvensklasse	2	2	2	3	3	4
Kostnad sikringstiltak	8,4	4,5	16,2	47,2	55,5	208,7
Samf.øk. kostnader ved dambrudd	72,5	59,9	139,8	471,5	1579,5	1180,0
Kostnader dameier	55,0	30,0	56,5	293,5	515,3	406,7
Kostnader nedstrøms	17,5	29,9	83,3	227,3	1064,2	773,3
Break-even nivå for lønnsomhet (reduksjon i brudds sannsynlighet)	1/239	1/369	1/239	1/306	1/789	1/157
Natur og miljø	(-)	(0)	(-)	(--)	(--)	(-)
Kulturminner	(-)	(0)	(-)	(0)	(--)	(----)
Fremkommelighet	(-)	(-)	(-)	(---)	(- -)	(-)
Drikkevannsforsyning	(---)	(---)	0	0	0	0
Strømforsyning	0	0	0	0	(-)	0

Tabellen viser at kostnadene for dameiere ved et eventuelt dambrudd er store, og det er vesentlige kostnader knyttet til både gjenoppbygging av dammen og tapt kraftproduksjon. Dette innebærer at insentivene dameiere har til å sikre damanleggene til en vesentlig grad er ivaretatt. Imidlertid viser analysene at dambrudd også medfører kostnader i form av skade på mennesker, miljø og eiendom nedstrøms. Da det ikke er åpenbart at dameiere tar hensyn til alle disse kostnadene i sine vurderinger, bygger analysen opp om gjeldende regler og forskrifter som stiller krav til sikkerhet utover dameiernes egne vurderinger.

De samfunnsøkonomiske kostnadene som påløper dersom et dambrudd skulle forekomme varierer. Til en viss grad er de prissatte samfunnsøkonomiske kostnadene større for høyere konsekvensklasser. Imidlertid finner vi at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et dambrudd på Dam Askjelldalsvatn (klasse 3) er høyere enn Dam Skarsfoss (klasse 4). Bakgrunnen for dette er at skadegraden på berørte boenheter er større ved et brudd ved Askjelldalsvatn sammenlignet med Skarsfoss, til tross for at flere boenheter berøres nedstrøms Skarsfoss.

Det kan være behov for å vurdere om klassifiseringskriteriene i damsikkerhetsforskriften i større grad burde hensynta skadegrad. I forskriftens §4-2 om klassifiseringskriterier med hensyn til berørte boenheter heter det blant annet at «(D)et skal vurderes om bruddvannføring, vannstandsending eller vannstråle kan berøre boliger eller andre bygninger, og steder der mennesker oppholder seg over noe tid». Betydningen av eksempelvis «berørte boenheter» spenner vidt, og kan bety alt fra vannskade på sokkel, til totalødeleggelse med vesentlig risiko for liv og helse.

I følge veileder for klassifisering av vassdragsanlegg mener NVE det er riktig å være konservativ ved opptelling av antall berørte boenheter fordi dambruddsbølgeberegninger ofte er ganske usikre. Der usikkerheten er liten kan det imidlertid legges en mindre konservativ vurdering til grunn, f. eks. der vannstandsstigningen og vannhastigheten blir beskjedne. (NVE, 2014)

Dersom klassifiseringen av dammer skal ta hensyn til skadegrad på berørte verdier vil det være behov for at dambruddsbølgeberegninger i større grad beskriver forventede ødeleggelser. En slik analyse vil sannsynligvis være lite ressurskrevende å gjennomføre, og den vil samtidig gi et bedre grunnlag til å vurdere konsekvensene nedstrøms av et eventuelt dambrudd.

1. Om utredningen

I Norge finnes i dag omlag 4 000 dammer som demmer opp vannmagasiner rundt om i landet (NVE, 2017). De fleste av disse ble bygget mellom 1950 og 1980. Grunnet risikoen for brudd, svikt eller feilfunksjon kan dammer representere en vesentlig fare for nedenforliggende boliger, infrastruktur og natur dersom dammen ikke er forsvarlig vedlikeholdt og sikret.

Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE) er konsesjon- og tilsynsmyndighet for vassdragsanlegg og dammer. Gjeldende forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) ble fastsatt ved kgl. res. 18. desember 2009 med hjemmel i Lov om vassdrag og grunnvann (vannressursloven). Formålet med forskriften er å fremme sikkerhet ved vassdragsanlegg og forebygge skade på mennesker, miljø og eiendom.

Det er stor variasjon med hensyn til hvilke tiltak som er nødvendige for å tilfredsstille gjeldende sikkerhetskrav i forskriften. Et viktig hensyn i forskriften er at sikringstiltakene som iverksettes skal speile konsekvensene ved brudd. Derfor klassifiseres det enkelte anlegg med utgangspunkt i en konkret vurdering av konsekvenser ved et eventuelt brudd på dammen. For å klarlegge dette utføres dambruddbølgeberegninger der brudd på dammen simuleres i ulike flomsituasjoner. Hvilken konsekvensklasse dammen faller innenfor avgjør hvor strenge krav det stilles til konstruksjonen.

Damsikkerhetsforskriften fastsetter også krav til jevnlig revurdering av dammene, der det blant annet skal gjennomføres nye flomberegninger. Ved nye flomberegninger er det ikke uvanlig at størrelsen på dimensjonerende flom oppjusteres og følgelig også kravene til dammen. Dette følger blant annet av at det foreligger et bedre informasjonsgrunnlag og økt kunnskap om effekten av klimaendringer, og nye anbefalinger til klimapåslag i flomberegningene.

Gjennomføring av tiltak for å følge opp gjeldende sikkerhetskrav påfører dameierne kostnader. Kostnadene er knyttet til selve investeringene i anlegget, og også eventuelt tapt kraftproduksjon i byggeperioden. Hvor store kostnadene er, avhenger av en rekke forhold, blant annet hvilke tiltak som skal gjennomføres, damtype og dammens størrelse. Nyttan av tiltaket er i all hovedsak redusert risiko for dambrudd, og dermed redusert risiko for at det oppstår skader på mennesker, miljø og eiendom.

De seneste årene har det blitt stilt spørsmål ved om tiltakene dameier pålegges å gjennomføre, og tilhørende kostnader, er rettfærdiggjort ut fra et

samfunnsøkonomisk perspektiv. Altså om nytten av et sikringstiltak overstiger kostnadene for dameier. Spørsmålet er blitt aktualisert blant annet fordi det i dag er mange aldrende anlegg der det sannsynligvis vil være behov for større reinvesteringer og utbedringer for å oppfylle gjeldende sikkerhetskrav.

Formålet med denne utredningen er å gjøre en samfunnsøkonomisk analyse av sikringstiltak som iverksettes for å forhindre brudd, svikt eller feilfunksjon på norske dammer. Mer bestemt er dette tiltak som er påkrevd for at dammen skal oppfylle konstruksjonsmessige krav gitt av damsikkerhetsforskriften eller av vedtak med hjemmel i denne.

I analysen søker vi å verdsette både kostnader og nytteeffekter av tiltakene, både for dameier og for samfunnet for øvrig. Beregningene knytter seg til følgende hovedkategorier:

- Direkte kostnader knyttet til tiltakene
- Vurdering av kostnadene ved dambrudd

Den første kategorien omfatter direkte kostnader og nytteeffekter som dameier har knyttet til å iverksette sikringstiltakene. Den andre kategorien illustrerer størrelsen på verdiene som beskyttes av sikrings-tiltakene, det vil si verdier for dameier i form av dam og vannmagasin, og verdier nedstrøms som bygninger, infrastruktur, natur og menneskeliv.

For å estimere beskyttede verdier nedstrøms tas det utgangspunkt i et verktøy som NVE har fått utviklet for å prioritere mellom ulike sikringstiltak mot flom og skred. Bakgrunnen er at skader som følge av dambrudd vil kunne sammenlignes med skader som følge av ulike typer flommer. Videre sikres det at antakelser om verdien på ulike typer bygninger og infrastruktur er konsistent med det som legges til grunn for NVEs vurderinger av sikringstiltak knyttet til flom og skred.

Analysene er gjennomført for seks utvalgte dammer: Skarsfoss, Askjeldalsvatn, Votna II, Hafstadvatnet, Skidvann og Kleiveland. I utvalget av dammer er det lagt vekt på at disse skal representere ulike konstruksjonstyper, og dammer i ulike konsekvensklasser med tanke på beskyttede verdier nedstrøms. I de utvalgte dammene er det også nylig gjennomført utbedringer og reinvesteringer, og det foreligger derfor nyere kostnadstall for tiltakene.

For å gjennomføre analysen har vi benyttet oss av en rekke skriftlige kilder, herunder dokumentasjon av utførte dambruddsbølgeberegninger for den enkelte dam. Gjennom intervjuer med dameiere og

vassdragsteknisk ansvarlige har vi fått supplerende informasjon om kostnader ved tiltak og konsekvenser nedstrøms ved dambrudd. I tillegg har NVE, særlig ved Seksjon for damsikkerhet, bistått med verdifulle innspill og kommentarer til rapporten.

Rapporten er bygd opp på følgende måte: Kapittel 2 gir en kort beskrivelse av dammer i Norge og dagens regulering av dammer gjennom forskriften om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Her gis det blant annet en mer utdypende beskrivelse av klassifisering dammer, krav til revurdering av vassdragsanlegg og utførelse av dambruddsbølgeberegninger.

Metoden for å beregne kostnad ved sikringstiltak og verdiene som beskyttes gjennom tiltakene er nærmere beskrevet i kapittel 3. For kostnadene ved sikrings-tiltak inkluderer vi kostnader ved konstruksjon samt

tapte kraftinntekter i tiltaksperioden. Vi inkluderer kun kostnader som er knyttet til å sette damkonstruksjonen i forskriftsmessig stand.

Analyser på de seks utvalgte dammene er gitt i kapittel 4-9. Her utfører vi analysen basert på metodikken beskrevet i kapittel 3. Videre beskrives vurderinger og antakelser gjort under hver enkelt delanalyse av den enkelte dam. Der det er knyttet vesentlig usikkerhet til beregningene, er dette også presisert.

Konklusjoner og anbefalinger basert på analysene gis i kapittel 10.

En nærmere beskrivelse av anvendelsen av NVEs nytte- kostnadsverktøy til flom- og skredsikring, samt opplisting av primærkilder til analysene er gitt i henholdsvis Vedlegg 1 og 2.

2. Dammer og regulering av damsikkerhet i Norge

En dam er et byggverk som demmer opp vann i en innsjø eller elv. Vannet som demmes opp betegnes gjerne som et magasin. Vannmagasinet kan benyttes til kraftproduksjon, vannforsyning til husholdninger og næring, eller som rekreasjonsområde. De siste 100 år har de fleste dammer blitt bygget for kraftproduksjon.

Det er stor variasjon mellom ulike dammer i Norge. Blant annet er det forskjellige konstruksjonstyper, der vanlige damtyper er fyllingsdammer, murdammer, og ulike typer betongdammer. Videre er det stor variasjon i dammenes alder, magasinvolym, høyde, teknisk tilstand og konsekvenser ved et eventuelt brudd. Dermed er det også varierende hvilke tiltak det er nødvendig å gjennomføre for å tilfredsstille gjeldende sikkerhetskrav i damsikkerhetsforskriften.

I dette kapittelet gir vi en kort fremstilling av dammer og damtyper i Norge. Videre gir vi en oversikt over myndighetenes regulering av damsikkerheten i Norge, herunder sikkerhetskravene som er stilt til disse gjennom damsikkerhetsforskriften.

2.1 Dammer i Norge

2.1.1 Utbygging av dammer i Norge

Bygging av dammer i Norge har foregått i flere hundre år. De tidlige dammene hadde som formål å demme opp vann til bruk i blant annet husholdning, møllevirksomhet og industri. I dag eksisterer fortsatt dammer som ble bygget så tidlig som på 1600-tallet. Fra begynnelsen av 1900-tallet startet utbyggingen av dammer for fullt, og da i hovedsak med kraftproduksjon som formål.

Den største utbyggingsperioden for norske dammer var i perioden 1950 til 1989. I samme periode ble også de høyeste dammene bygget. Dammer som er mer enn 15 meter høye defineres som store dammer. Fra 1959 til 1979 ble det ferdigstilt ca. 10 store dammer hvert år. Utbyggingen av dammer falt markant på 90-tallet, og har vært lav frem til i dag.

Ettersom den store utbyggingen av dammer skjedde fra 50- til 80-tallet er det mange aldrende anlegg i Norge. I NVEs database for dammer og andre vassdragsanlegg (SIV) var det pr. 13.01.2017 registrert 4004 dammer. Disse har en gjennomsnittsalder på 60 år (NVE 2017). I lys av dette er det ventet betydelige kostnader knyttet til vedlikehold og reinvestering i årene fremover.

2.1.2 Damtyper i Norge

Hvordan den enkelte dam er konstruert avhenger av mange ulike forhold. Et vesentlig forhold er når dammen ble bygget og hva som var datidens

myndighetskrav. Videre avhenger konstruksjonen av forholdene på det spesifikke stedet og størrelsen på magasinet.

De vanligste damtypene i Norge er fyllingsdammer, betongdammer og murdammer. De eldste dammene i Norge var gjerne bygget av jord, tre eller hogde steinblokker (murdammer). Mur- og jorrdammer var dominerende damtyper frem til 1920-tallet, da platedammer i betong ble introdusert. Frem til 1950 ble det hovedsakelig bygget slike platedammer. Senere begynte man å bygge steinfyllingsdammer fordi disse var billigere enn betongdammer (Norconsult, 2014). De fleste store dammer ($h > 15$ m) som er bygget siden 1970 er steinfyllingsdammer. Byggingen av de store dammene avtok imidlertid sterkt etter ca. 1985. Hvis man ser på totalt antall bygde dammer i hele perioden fra 1920 fram til i dag, er det betongdammer som er den klart dominerende damtypen.

Under gis en kort beskrivelse av de ulike damtypene som er vanlig i Norge og som inngår i analysen.

Fyllingsdammer

Fyllingsdammer er dammer som hovedsakelig består av oppfylte og komprimerte materialer av jord, grus eller sprengstein (NVE, 2012). Fyllingsdammer bestående av minst 50 prosent sprengstein kalles *steinfyllingsdammer*.

Murdammer

Murdammer er en felles betegnelse for dammer bygget av stein og steinblokker og som er avhengig av egen vekt for å være stabil. Konstruksjonene spenner vidt, og omfatter alt fra dammer som regnes som gravitasjonsdam i betong, til murdammer med sentral røysfylling som minner om fyllingsdammer (NVE, 2012).

Betongdammer

Betongdammer deles inn i tre hovedtyper; gravitasjonsdammer, platedammer og hvelvdammer.

Gravitasjonsdammer er massive dammer av betong eller mur, som av egen vekt står imot vanntrykket uten å velte eller gli. Slike dammer har gjerne trekantformet tverrsnitt, vertikal vannside og en bunnbredde som er 0,8-0,9 ganger høyden på dammen.

Platedammer er en betongdam konstruert ved en skrå oppstrøms plate støttet av pilarer og er avhengig av vertikalt vanntrykk mot plata for å være stabil (NVE, 2005).

Hvelvdammer er konstruert av betong og er bygget i en bue som overfører vann- og islast til vederlagene for å være stabil. (NVE, 2013)

2.2 Regulering av damsikkerheten

Det har eksistert et damtilsyn i Norge siden 1909. Da ble Kontrollavdelingen opprettet, med formål om å sikre at vassdragsanlegg med konsesjon hadde en tilfredsstillende sikkerhet og ble holdt i god driftsmessig stand.

Etter 2. verdenskrig kom i tillegg lov om forsvarsmessig sikring av kraftforsyningsanlegg og dette regelverket ble forvaltet av Kraftforsynings sivilforsvarsnemnd (KSFN). Regelverket satte krav til forsvarsmessig sikring som kom i tillegg til de generelle kravene for sikring av dammer mot naturgitte laster, som damtilsynet forvaltet med hjemmel i Vassdragsloven.

De første forskrifter for sikkerhet av vassdragsanlegg, Forskrifter for dammer (damforskriften), trådte i kraft i 1981. Forskriftene gjaldt både nyanlegg og ved ombygging eller større utbedringer av bestående dammer. Planer skulle godkjennes av daværende Vassdragsdirektorat. For dammer av vesentlig betydning for landets kraftforsyning skulle planer også godkjennes av KSFN. I 1986 ble KSFN nedlagt og ansvaret for oppfølging av forsvarsmessig sikring ble overført til NVE.

I 2001 ble Forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg utarbeidet, og denne erstattet tidligere forskrifter for dammer og tilsyn med anlegg i vassdrag. I tillegg ble det utarbeidet egen forskrift om klassifisering samt forskrift om kvalifikasjoner. I 2010 erstattet Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) alle de tidligere forskriftene fra 2001 og Retningslinje for beredskapsmessig sikring av dammer m.v. Dette var en retningslinje med forskrifts status.

2.2.1 Damsikkerhetsforskriften

Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) er hjemlet i vannressursloven som forvaltes av NVE. Formålet med damsikkerhetsforskriften er å fremme sikkerhet ved vassdragsanlegg og forebygge skade på mennesker, miljø og eiendom, jf. forskriften § 1-1.

Damsikkerhetsforskriften fastsetter også organisatoriske krav til eierne vassdragsanlegg, krav til faglige kvalifikasjoner hos personell, kriterier til klassifisering av vassdragsanlegg i konsekvensklasser

og tekniske og sikkerhetsmessige krav til bygging, drift og vedlikehold.

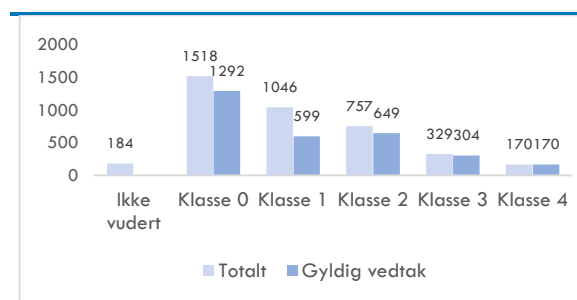
Organisatoriske krav knytter seg blant annet til at anleggseier skal ha en leder, en vassdragsteknisk ansvarlig (VTA) og stedfortredende VTA, samt tilsynspersonell, og det er definert hvilke oppgaver disse funksjonene skal utøve. Vassdragsteknisk ansvarlig har det faglige ansvaret for å følge opp sikkerheten ved vassdraget, jf. forskriften § 2-4.

Det er eieren av anlegget¹ som har det overordnede ansvaret for at de krav som gjelder for anlegget overholdes, jf. § 2-2. Kravene til anlegget kan være gitt direkte i forskriften eller kan følge av enkeltvedtak i medhold av forskriften. Hvor strenge kravene er, avhenger av anleggets konsekvensklasse.

Konsekvensklasse

Alle anlegg klassifiseres i en av fem konsekvensklasser, jf. forskriften 4-1. Anlegg som ved brudd, svikt eller feilfunksjon kan medføre fare for skade på mennesker, miljø eller eiendom, skal klassifiseres i konsekvensklasse 1 til 4. Konsekvensklasse 4 benyttes for anlegg som har de største konsekvensene. Anlegg som har ubetydelige konsekvenser klassifiseres i konsekvensklasse 0. Figur 2-1 illustrerer fordelingen av dammer i Norge etter konsekvensklasse per 13.01.2017.

Figur 2-1 Dammer i Norge fordelt etter konsekvensklasse og gyldig vedtak på konsekvensklasse per 13.1.2017



Kilde: NVE (2017)

NVE treffer vedtak om konsekvensklasse for den enkelte dammen basert på et begrunnet forslag fra ansvarlig for dammen. Klassifiseringen gjøres basert på en konkret vurdering av konsekvenser ved brudd. Konsekvensvurderinger skal omfatte både direkte skader og følgeskader av bruddvannføring, vannstandsending eller vannstråle. Det skal vurderes om det kan oppstå skade på boliger eller andre bygninger og steder der mennesker oppholder seg over noe tid, eller på infrastruktur eller andre viktige samfunnsfunksjoner som kan medføre fare for liv og helse. Dette gjøres blant annet gjennom såkalte

¹ NVE kan godkjenne en annen person enn eieren som den ansvarlige

dambruddsbølgeberegninger som er nærmere beskrevet i 2.3. Videre skal tap av magasin, produksjon og produksjonsmidler, samt skade på eiendom og miljø vektlegges.

Forskriften § 4-2 angir kriterier for klassifisering i konsekvensklasse. Disse er gjengitt i Tabell 2-1. Som det fremkommer av tabellen er konsekvensklasse bestemt ut fra kriterier på (i) berørte boenheter, (ii) infrastruktur og samfunnsfunksjoner og (iii) miljø og

Tabell 2-1 Konsekvensklasser av vassdragsanlegg

Konsekvens-klasse	Boenheter	Infrastruktur, samfunnsfunksjoner	Miljø og eiendom
4	>150		
3	21-150	Skade på sterkt trafikkert veg eller jernbane, eller annen infrastruktur med spesielt stor betydning for liv og helse.	Stor skade på spesielt viktige miljøverdier eller spesielt stor skade på fremmed eiendom.
2	1-20	Skader på middels trafikkert veg eller jernbane eller annen infrastruktur med stor betydning for liv og helse.	Stor skade på viktige miljøverdier eller stor skade på fremmed eiendom.
1	<1 permanent boenhet	Skader på mindre trafikkert veg eller annen infrastruktur med betydning for liv og helse.	Skade på miljøverdier eller fremmed eiendom.

Kilder: NVE (2014)

Revurdering av anlegg

Damsikkerhetsforskriften § 7-5 stiller krav til revurdering av vassdragsanlegg. Det innebærer en grundig undersøkelse og tilstandsanalyse av et etablert vassdragsanlegg som skal klarlegge om anlegget har tilfredsstillende sikkerhetsnivå.

I henhold til forskriften § 7-5 annet ledd skal vassdragsanlegg i konsekvensklasse 2, 3, og 4 revurderes minst hvert 15. år og vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1 revurderes minst hvert 20. år. Revurdering skal også foretas dersom det ved tilsyn eller på annen måte avdekkes svakheter og mangler ved anlegget eller lastforutsetninger som kan påvirke sikkerheten ved anlegget.

Den største lasten, eller påkjenningen, dammer utsettes for er ofte store flommer. Damsikkerheten ved det enkelte anlegg er derfor blant annet avhengig av hvilke flommer dammene er dimensjonert for å tåle. Ved revurdering av anleggene skal det også gjennomføres nye flomberegninger. Forskriften § 7-5 fjerde ledd fastsetter krav om nye flomberegninger dersom tidligere beregninger er eldre enn 15 år for anlegg i konsekvensklasse 2, 3 og 4 eller eldre enn 20 år for anlegg i konsekvensklasse 1.

Ved revurdering av vassdragsanlegg kan ulike forhold ha endret seg slik at anleggene skifter

eiendom. Videre fremkommer det i forskriften at dersom minst ett av kriteriene knyttet til en bestemt konsekvensklasse er oppfylt, skal ikke dammens konsekvensklasse settes lavere enn den aktuelle klassen. Videre fremkommer det at forslag til konsekvensklasse skal fremmes med utgangspunkt i tabellen, men at konsekvensklasse kan settes høyere enn hva tabellen angir i tilfeller der summen av konsekvenser er ansett som ekstra store.

konsekvensklasse (opp eller ned) og dermed at kravene til konstruksjonen endres. Videre kan gjennomføring av nye flomberegninger utløse strengere krav til dammen, fordi dimensjonerende flom forventes å være større enn det forrige beregning viste. Årsaker kan være at flomberegningsverktøyene blir stadig bedre og legger til grunn oppdatert informasjon.

Nærmere om flomberegninger

I 2011 la NVE frem en rapport om estimerte endringer i fremtidige flommer basert på klimaførskrivninger og hydrologiske førskrivninger av flommer i Norge. Rapporten gir oversikt over hvilke vassdrag som vil være utsatt for økte flommer, hvor stor økning som kan forventes og anbefalinger om hvor stort klimapåslag som bør benyttes ved sikkerhetsvurderinger og oppgraderinger av dammer i de aktuelle vassdragene. NVE oppdaterte beregningene i 2015, og disse bekreftet resultatene fra 2011. (NVE, 2015)

NVE vurderte hvilke og hvor mange dammer i de høyeste konsekvensklassene som vil være mest sårbare for økte flommer i et fremtidig klima. NVE fant at de fleste dammene har gode sikkerhetsmarginer for økninger i flommer, men at 39% av alle dammene i klasse 3 og 4 kan være potensielt sårbare for økte

flommer. Sårbarhet for økte flommer skyldes primært en kombinasjon av dammens beliggenhet, damtypen, fundamentforhold og type flomløp (NVE, 2015).

2.3 Dambruddsbølgeberegninger

Alle dameiere er pålagt å utføre dambruddsbølgeberegninger (DBBB) for dammer som ved et brudd vil gi konsekvenser for bebyggelsen langs vassdraget. Beregningene inngår som et viktig element i dameiers beredskapsplaner og redningsmyndigheters evakueringsplaner.

Dambruddsbølgeberegninger skal etter dam-sikkerhetsforskriften § 7-3 gjennomføres for dammer i konsekvensklassene 2, 3 og 4. En mer detaljert beskrivelse av gjennomføring av dambruddsbølgeberegninger er gitt i NVEs veileder *Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger* (2009).

I veilederen heter det at DBBB skal gjennomføres for to initialsituasjoner: (i) ved tusenårsflom, og (ii) ved middelflom, som er en mer normal situasjon i vassdraget. Middelflom er definert som gjennomsnittet av den største vannføringen hvert år – i praksis en flom med gjentaksintervall² på 2-3 år. En tusenårsflom har et gjentaksintervall på tusen år.

Dambruddsbølgeberegningene skal angi vannstander nedover i vassdraget som følge av brudd på den aktuelle dammen. I beregningen antas størrelsen på bruddet og hvor raskt dette utvikler seg, og deretter beregnes hvordan dambruddsbølgen forplanter seg

nedover i vassdraget. På grunnlag av beregningene utarbeides det kart som viser vannstanden på ethvert sted i vassdraget til enhver tid etter et brudd. Det skal lages kart som viser oversvømt område med middelflom og tusenårsflom som initialsituasjon. Dersom det er liten forskjell mellom de to situasjonene aksepterer NVE at det kun lages ett kart som gjelder begge situasjoner. I henhold til NVEs veileder vurderes behovet for mer enn ett dambruddskart utfra forskjell i oversvømt område, topografi og kartgrunnlag, og behov knyttet til lokal beredskap og evakuering.

Bruddbølgekartene gir blant annet informasjon om forholdet i vassdraget før dambruddet, og områder som blir oversvømt (evakueringssoner) som følge av dambruddet. Videre beregnes maksimal vannstand (m.o.h.), maksimal vannstandstigning i elva, vannhastighet og maksimal vannføring ved et dambrudd i de ulike situasjonene. Beregningene gir også informasjon om forventet ankomsttid for bølgefront og bølgetopp, det vil si hvor lang tid man kan forvente at bølgen bruker fra dammen til den når det aktuelle området etter et dambrudd.

Det er stor usikkerhet knyttet til dambruddsbølgeberegninger. I bruddbølgeberegningene for Røldal-Suldal anslås det at usikkerheten i beregnet vannstand er på om lag +/-10-20 prosent, og at dette må tas hensyn til i utarbeidelsen av beredskapsplaner. Spesielt i områder med flatt terreng kan en liten endring i vannstand gi store forskjeller i oversvømte områder og dermed de samlede konsekvensene av dambrudd.

² Gjentaksintervallet er det antall år som gjennomsnittlig (over en uendelig lang periode) går mellom hver gang en like stor eller større flom inntreffer (NVE, 2016)

3. Metode for samfunnsøkonomisk analyse av sikringstiltak

Formålet med utredningen er å gjøre en samfunnsøkonomisk vurdering av tiltak som er iverksatt for å oppfylle krav i damsikkerhetsforskriften. Tiltakene i denne sammenheng er utbedringstiltak for å sikre at selve damkonstruksjonen er i forskriftsmessig stand.

En utfordring ved å gjennomføre samfunnsøkonomiske analyser av damsikringstiltak er at reduksjonen i risiko vanskelig lar seg måle. Sikringstiltak vil redusere risikoen for dambrudd, men det er svært vanskelig å anslå hvor mye risikoen reduseres.

Det har ikke vært innenfor rammen av dette prosjektet å gjøre beregninger av endringer i sannsynlighet. I analysen av de enkelte dammene har vi derfor vektlagt å analysere kostnadene ved tiltakene, samt hvilke kostnader et eventuelt dambrudd vil påføre samfunnet.

Basert på tiltakskostnadene og kostnadene ved dambrudd beregnes deretter et *break-even*-nivå som viser hvor mye den årlige sannsynligheten for dambrudd må reduseres for at nytteeffektene av tiltakene i samfunnsøkonomisk forstand skal overstige kostnadene.

De identifiserte effektene og metode for analyse er presentert nærmere i dette kapitlet. Beregningene knytter seg til følgende to hovedkategorier av virkninger:

- Kostnader ved å gjennomføre sikringstiltakene
- Kostnader ved dambrudd

Avslutningsvis i kapitlet gir vi en nærmere beskrivelse av metoden som benyttes for å beregne *break-even* nivåene som gir samfunnsøkonomisk lønnsomhet av tiltakene.

3.1 Kostnader ved sikringstiltak

De direkte kostnadene ved å gjennomføre sikringstiltak knytter seg til tre hovedstørrelser:

- Direkte kostnader knyttet til sikringstiltakene
- Kostnader knyttet til tappt produksjon i byggeperioden
- Endringer i drift- og vedlikeholdskostnader som følge av tiltakene

Når det gjelder tiltakskostnader er disse innhentet fra de enkelte dameierne, og oppjustert til 2016-kroner fra SSBs byggekostnadsindeks for veganlegg (2016). I kostnadene er merverdiavgifter fratrukket fordi disse avgiftene i samfunnsøkonomisk forstand kun er en overføring mellom dameierne og staten.

Kostnader knyttet til tappt produksjon i tiltaksperioden er tilsvarende basert på opplysninger fra de enkelte dameierne. I noen tilfeller opplyser dameierne at tiltakene ikke har medført direkte tap av vann, men at vannet utnyttes mindre optimalt i kraftproduksjonen. I slike situasjoner er det vanskeligere å anslå inntektstapet. Der dameier ikke har hatt tilstrekkelig opplysninger om tapte inntekter i byggeperioden er det gjort skjønsmessige anslag.

Sikringstiltak kan også føre til endrede drift- og vedlikeholdskostnader. Både i form av årlige kostnader, men også som resultat av forskyvninger av nødvendig vedlikehold og oppgraderinger av dammene. Virkninger knyttet til eventuelt forlenget levetid på dammene inngår dermed også her.

Alle kostnadsendringer neddiskonteres etter nåverdimetoden, og vi benytter en analyseperiode på 80 år fra og med 2016. I tråd med Finansdepartementets (2014) retningslinjer for gjennomføring av samfunnsøkonomiske analyser benytter vi en kalkulasjonsrente på 4 prosent de første 40 årene, deretter 3 prosent for år 41 til 75 og 2 prosent for årene 76-80.

3.2 Kostnader ved dambrudd

Kostnadene ved et eventuelt dambrudd kan deles inn i to hovedkategorier:

- Kostnader for dameiere
- Kostnader nedstrøms

De ulike effektene i disse kategoriene og metodene for å beregne dem er beskrevet nærmere nedenfor.

3.2.1 Kostnader for dameierne

Damkonstruksjonene og selve magasininnholdet (vannet) representerer verdier for dameierne som vil falle bort ved et dambrudd. For det første vil et brudd innebære at dammen må bygges opp igjen. Dette innebærer en kostnad. For det andre vil man i perioden, frem til dammen er gjenoppbygd, ha tapte inntekter i form av mindre kraftproduksjon eller drikkevannsforsyning. Dambrudd kan også medføre dominobrudd på nedenforliggende dammer.

Gjenoppbygging

I analysen legger vi til grunn at dammen gjenoppbygges ved et brudd. Basert på informasjon innhentet fra dameier og/eller NVE gjør vi anslag på kostnader ved å gjenoppbygge dammen. Disse anslagene avhenger blant annet av dammens type og størrelse.

For dammer der vi ikke har spesifikk informasjon om gjenoppbyggingskostnader legger vi til grunn

kostnader fra andre dammer av samme konstruksjons-type og lignende størrelsesorden. Dette beskrives nærmere under analysene av hver enkelt dam.

Bortfall av kraftproduksjon

For dammer tilknyttet kraftproduksjon forsvinner kraftinntektene som følge av at magasinet tømmes, og ikke kan fylles igjen før dammen er gjenreist.

For å beregne tapte kraftinntekter legger vi til grunn årlig kraftproduksjon ved det tilknyttede kraftverk, og en gjennomsnittlig årlig strømpris på 25 øre per kWh. Denne prisen er basert på kontrakter for nordisk systempris på NASDAQ OMX Nordic,³ der langsiktige kontrakter per oktober 2016 ligger mellom 20 og 30 øre, avhengig av lengde på kontrakten.

I enkelte tilfeller vil bortfall av et magasin ikke bare påvirke kraftproduksjonen i tilknyttet kraftverk, men også i andre kraftverk nedover i vassdraget. For eksempel er det ikke uvanlig at vannet som benyttes til produksjon i ett kraftverk renner inn i inntaksmagasinet til et nytt kraftverk. Dersom ett magasin bryter kan det altså påvirke fyllingsgrad og vann-disponering i nedenforliggende magasin og dermed produksjonsmuligheter i tilhørende kraftverk. I noen tilfeller er det en hel rekke kraftverk med egne inntaksmagasin nedover i vassdraget.

Det er vanskelig å estimere de totale tapte kraftinntektene som følge av dambrudd i slike tilfeller. Dersom ikke dameier har kunnet gi gode anslag på dette, har vi kun estimert tap i det første kraftverket, som er direkte tilknyttet den dammen som brytes. Dette vil kunne underestimere det totale tapet i form av tapte kraftinntekter.

Stans i kraftproduksjon vil kunne innebære besparelser i form av reduserte driftskostnader. NVE (2016) har anslått driftskostnader i vannkraftanlegg til 3-6 øre/kWh. Vi har derfor skjønnsmessig satt denne til 4,5 øre/kWh for dammene i analysen. Vi forutsetter videre at faste kostnader som ikke er direkte knyttet til produksjon vil vedvare etter dambruddet.

Tapte kraftinntekter neddiskonteres med 4 prosent per år uten produksjon. Antall år før dammen er gjenoppbygd og kraftverket er tilbake i full produksjon er basert på anslag fra dameiere.

Vi antar for øvrig at kraftpriser ikke endres som følge av bortfall av kraftproduksjon. Hovedargumentet bak dette er at ett enkelt kraftverk har liten innvirkning på

den totale produksjonen i det norske og nordiske kraftmarkedet. I den grad det blir et positivt prispress fra bortfall av produksjon, vil andre kraftprodusenter med ledig kapasitet ha insentiver til å øke produksjonen, noe som har en dempende effekt på markedsprisen.⁴

Bortfall av drikkevannsproduksjon

Noen av dammene i analysen er ikke tilknyttet kraftproduksjon, men demmer opp drikkevanskilder. Dette gjelder dammene Kleiveland og Skidvann, som til sammen utgjør Farsund kommunes drikkevanskilder. Det er 3400 husstander, eller ca. 7500 personer som har sin vannforsyning fra de to magasinene (Norsk Vannforening, 2007).

De to vannverkene som er tilknyttet magasinene er dimensjonert slik at de kan utfylle hverandre ved driftsstans (Norsk Vannforening, 2007). Det er imidlertid oppgitt at det er tilstrekkelig kapasitet i hver av de to dammene til å kunne forsyne hele kommunen. Vi har derfor ikke beregnet merkostnader knyttet til forsyning fra alternative vannkilder, eller kjøp av drikkevann.

3.2.2 Prissatte konsekvenser nedstrøms

Ved et dambrudd vil verdier nedstrøms normalt påvirkes av dambruddsbølgene, samt påfølgende flom og erosjon. For å vurdere skadeomfanget ved brudd tar vi utgangspunkt i dambruddsbølge-beregningene for de enkelte dammene.

Dambruddsbølgeberegningene gjennomføres for to initialsituasjoner, som beskrevet i kapittel 2.3. I denne analysen legger vi til grunn at et eventuelt dambrudd skjer ved middelflom. Begrunnelsen er at tusenårsflommen alene vil medføre vesentlig skade, slik at tilleggskonsekvensene av et dambrudd vil være begrenset i deler av de berørte områdene.⁵ Middelflomsanalysen gir dermed en bedre beskrivelse av de isolerte virkningene av et dambrudd.

I noen av rapportene er det kun beskrevet konsekvenser av dambrudd ved tusenårsflom. Dette er som regel fordi det er liten eller ingen forskjell fra konsekvenser av dambrudd ved tusenårs- og middelflom. I slike tilfeller legger vi til grunn de samlede skadene som følger av dambrudd og tusenårsflom.

Basert på dambruddsbølgeberegningene for hver enkelt dam identifiserer vi etter beste skjønn berørt infrastruktur og beregner skadeomfang. I denne delen av analysen benytter vi så langt det er hensiktsmessig NVEs verktøy for flom og skred («SV-verktøyet»). For

kan vi tenke oss situasjoner hvor et dambrudd påvirker kraftprisene lokalt.

⁵ Dette fremgår av dambruddsbølgeberegningene for den enkelte dam.

³ <http://www.nasdaqomx.com/commodities/market-prices>

⁴ I noen tilfeller vil dambrudd i et større magasin kunne ha innvirkning på magasinene og produksjonen i flere kraftverk nedover i samme vassdrag. Dersom det samtidig er høyt forbruk og overføringsbegrensninger mellom prisområdene,

en nærmere beskrivelse av verktøyet, se Vedlegg 1: Anvendelse av NVEs nytte-/kostnadsverktøy til flom- og skredsikringstiltak.

Ved dambrudd vil enkelte områder kunne bli rammet av en bruddbølge som kan gjøre vesentlig skade som følge av høy vannstand og høy vannhastighet. Andre berørte områder vil få økt vannstand med en relativt lav hastighet på bruddbølgen, som i større grad kan sammenliknes med en flomvannsstigning.

Ved verdsetting av konsekvenser benytter vi SV-verktøyet standardverdier for skadegrad ved flomskred i berørte områder der vi anser at vannstand kombinert med høy vannhastighet vil kunne gjøre skade. For områder der vi vurderer skader å følge av høy vannstand alene benytter vi SV-verktøyet standardverdier for flom.

Risiko for tap av menneskeliv

Ved risiko for tap av menneskeliv tar vi utgangspunkt i SV-verktøyet sine sannsynligheter og person-ekvivalenter per bygningstype. I verktøyet er risikoen for tap av menneskeliv kun tilstede for flomskred. Det innebærer i utgangspunktet at menneskeliv antas å kunne gå tapt *kun* i områder der bygninger blir utsatt for høy vannhastighet, eller svært høy vannstigning på kort tid.

Som i SV-verktøyet prises menneskeliv ut fra begrepet «verdi av et statistisk liv», fastsatt til 30 millioner 2012-kroner. Dette er i tråd med føringene i Finansdepartementets retningslinjer for gjennomføring av samfunnsøkonomiske analyser. Antall tapte menneskeliv er beregnet ut fra oppholdstid i bygninger og dødssannsynlighet som avhenger av bygningstype og materiale.⁶

I tillegg til beregningene i SV-verktøyet gjør vi, der vi har informasjon som tilsier det, en skjønsmessig vurdering av risikoen for tap av menneskeliv utenfor bygninger. Basert på opplysninger fra dameier vurderer vi sannsynligheten for at personer vil ferdes i det berørte området, og om de vil være utsatt for en bruddbølge, som kan medføre tap av menneskeliv.

Skader på bygninger

Av bygninger skiller vi mellom bolighus, hytter, næringsbygg, driftsbygninger og skur/ garasjer. Videre klassifiserer vi etter tre skadegrader av bygninger basert på klassifiseringene i SV-verktøyet:

1. vann i kjeller (vannstand på mellom -2 og 0 meter)
2. vannstand på mellom 0 og 1 meter over sokkel (inkluderer vann i kjeller) og

3. vannstand på mer enn 1 meter over sokkel (inkluderer vann i kjeller).

I analysene av konsekvenser ved dambrudd i den enkelte dam gjør vi en skjønsmessig vurdering av fordelingen av bygninger mellom de ulike skadegradene. Dersom vi har liten informasjon om hvordan dette fordeler seg antar vi en jevn fordeling mellom de tre skadegradene.

I dambruddsbølgeberegningene er det ikke alltid oppgitt hva slags bygninger som skades. Bolighus, næringsbygg og offentlige bygg er ofte spesifisert, men det er gjerne en stor sekkepost med «andre bygg». Det er i mange tilfeller vanskelig å vurdere hva slags bygg som inngår under denne betegnelsen. Det kan være svært varierende størrelse, tilstand og kvalitet på disse byggene, og det er usikkert hvilke materialer de er bygget i. Dette vil ha betydning for både skadeomfang og gjenoppbyggingskostnader.

I verktøyet gjør vi en skjønsmessig fordeling av hvorvidt det som i DBBB omtales som «andre bygg» er garasje/skur, driftsbygninger eller næringsbygg. Byggekostnadene for driftsbygninger er høyere enn for skur og garasjer, men lavere enn for bolig- og næringsbygg. Når det vises til nærings- eller industribygg i rapportene legges disse inn som næringsbygg. Dersom vi ikke har informasjon som tilsier noe annet, legger vi til grunn at byggene er trebygg. For bolighus antar vi alltid at disse er bygget i tre.

Skader på annet materiell og infrastruktur

En dambølge vil også kunne føre til skade på annet materiell og infrastruktur. I den grad det er mulig å anslå skadeomfang, medregnes også følgende prissatte virkninger basert på satser i SV-verktøyet:

- Skader på biler
- Skade på vei og jernbane
- Skade på strømmett og telenett

For noen dammer fremgår det av dambruddsbølgeberegningene at denne type verdier vil berøres, men ikke hvor omfattende skadene vil være. I tilfeller der vi ikke har fått komplementerende vurderinger gjennom intervjuer av dameiere, gjør vi en skjønsmessig vurdering av skadeomfanget.

Opprydding- og mobiliseringskostnader

I tillegg til direkte skader på bygninger og infrastruktur benytter vi også SV-verktøyet satser for å beregne kostnader ved opprydding og riving, mobilisering og leiekostnader ved evakuering. Dette vil til dels også kunne reflektere skader som vil oppstå på mindre veier, dyrket mark og hager, som ikke er

⁶ Eksempelvis er overlevelsessannsynlighet antatt å være høyere i et murhus enn trehus.

tatt med som en særskilt kostnadspost under materiell og infrastruktur.

Avbrudd i næring

Dersom næringsvirksomhet nedstrøms blir berørt, er det sannsynlig at det for en kortere periode vil bli avbrudd i disse næringene. For å anslå kostnaden ved avbrudd i næring baserer vi oss på gjennomsnittlig verdiskapning per innbygger i Fastlands-Norge ved følgende formel:

$$\text{Kostnad ved næringsavbrudd} = \frac{\text{Fastl-BNP/capita}}{\text{arb.dager i ett år}} \times \text{arb.plasser} \times \text{tapte arb.dager}$$

Fastlands-BNP per innbygger per arbeidsdag settes med utgangspunkt i dette til 2 223 kr i 2016-kroner. I analyser der skadene ansees som moderate, settes tappt arbeidstid til 20 arbeidsdager, som tilsvarer omtrent en måneds avbrudd i næring. I analysene med vesentlige konsekvenser ved dambrudd der det synes vanskelig å finne alternative løsninger for å gjenoppta næringsvirksomhet på kort sikt, settes tappt arbeidstid til 120 arbeidsdager, som tilsvarer et halvt års næringsavbrudd.

Teknisk sett vil et dambrudd antakelig på kort sikt øke verdiskapning slik som det er beregnet i Nasjonalregnskapet. Dette er på grunn av økonomisk aktivitet

Tabell 3-1 Metodikk for vurdering av kvalitative verdier

	Betydning for samfunnet		
	Liten	Middels	Stor
Potensielt skadeomfang	Stort positivt	+++	+++++
	Middels positivt	++	++++
	Lite positivt	+	++
	Ingen	0	0
	Lite negativt	-	--
	Middels negativt	--	---
	Stort negativt	---	----

Kilde: DFØ (2014), Veileder i samfunnsøkonomiske analyser

3.2.4 Usikkerhet i anslagene på kostnader ved dambrudd

Anslagene på prissatte og ikke-prissatte kostnader ved dambrudd er beheftet med usikkerhet. Det er mange kilder til usikkerhet, men to viktige kilder er usikkerhet om faktisk skadeomfang ved et dambrudd, og videre skadegrad på berørte verdier nedstrøms. Det er også usikkerhet i anslagene på tapte menneskeliv, både i og utenfor bygninger. I

knyttet til bl.a. gjenoppbygging og mobilisering. Disse virkningene inkluderes ikke i vår analyse, da arbeidsinnsatsen og realkapitalen som anvendes ville bidratt til annen økonomisk aktivitet i fravær av et dambrudd.

3.2.3 Ikke-prissatte konsekvenser nedstrøms

Et dambrudd kan potensielt også medføre store kostnader som er vanskelige å verdsette. Eksempler på disse er:

- Langvarige strømbrudd
- Natur- og miljøskade
- Bortfall av drikkevannsproduksjon
- Redusert fremkommelighet

Ettersom det er vanskelig å sette en kroneverdi på slike virkninger, vurderes disse med pluss-minus-metoden i tråd med Finansdepartementets retningslinjer. I pluss-minusmetoden vurderes de ulike skadevirkningene ut fra betydning og omfang.

Sammen gir dette skadevirkningens samlede konsekvens uttrykt ved plusser og minuser.

Vi benytter en elleve-delt skala for konsekvens, fra (+ + + +) til (- - - -). Sammenhengen mellom skadeomfang, betydning og konsekvens er vist i tabellen nedenfor.

beregningen av materielle skader og tap av menneskeliv har vi gjort konservative anslag. Det er derfor mer sannsynlig at kostnadene ved et dambrudd blir større enn det som fremkommer i analysen av den enkelte dam, enn at de blir mindre.

Som tidligere beskrevet er utgangspunktet for kostnadsberegningene de verdier som identifiseres som berørt av bruddbølgen i dambruddbølgeberegningene, supplert med ytterligere informasjon

fra dameierne. Dette er bygninger, infrastruktur og andre materielle verdier som med relativt høy grad av sikkerhet vil treffes og skades av en bruddbølge. Ved en slik fremgangsmåte kan det være verdier vi ikke har greid å identifisere, som likevel blir berørt av en bruddbølge. Det kan være at bruddbølgen er større og fører til mer skade enn antatt, eller at ytterligere bygg og infrastruktur skades av erosjon som følge av vannmassene. Det er også stor usikkerhet når det gjelder antall biler og andre materielle verdier som vil skades av en bruddbølge.

Beregningene av skade på liv og helse tar utgangspunkt i risiko for tap av menneskeliv inne i ulike typer bygninger. Dersom flere bygninger enn de som er identifisert skades av bruddbølgen, skadegraden er større, eller det er flere mennesker enn antatt inne i bygningene, vil også risikoen for tap av menneskeliv øke. Videre er det svært usikkert hvor mange mennesker som vil ferdes ute (gående, syklende, kjørende) i berørte områder og som dermed vil være utsatt for fare ved et dambrudd.

Særlig ved brudd på store dammer er det betydelig usikkerhet i antall menneskeliv som vil gå tapt. Dette vil kunne avhenge av sesong og tid på døgnet. På enkelte tidspunkter kan det for eksempel være et større turfølgje i umiddelbar nærhet av dammen eller en skolebuss på en av veiene som vil treffes av en bruddbølge. I beregningene legger vi til et skjønsmessig anslag på antall liv som kan gå tapt utenfor bygninger, men kun når vi anser at det er relativt høy sannsynlighet for at det vil skje. Dersom dambruddet skjer på et særlig uheldig tidspunkt kan det være at vesentlig flere menneskeliv går tapt enn det som legges til grunn i våre kostnadsberegninger.

Oppsummert innebærer dette at anslagene på totale kostnader ved dambrudd er konservative. Det er en risiko for at både skadeomfang og skadegrad på materielle verdier kan være større, og at det kan gå tapt flere menneskeliv, enn det som er lagt til grunn. Det er altså en viss sannsynlighet for at de faktiske kostnadene som følge av et dambrudd blir betydelig høyere enn det som er beregnet. Det er mindre sannsynlig at de faktiske kostnadene blir vesentlig lavere enn beregnet.

3.3 Break-even-analyse

I lys av problemstillingen med å anslå faktisk risikoreduksjon ved sikringstiltak på dammer, gjennomfører vi ikke en tradisjonell samfunnsøkonomisk kost-nytteanalyse av tiltakene. For å gjøre dette måtte vi hatt kunnskap om hvordan sannsynligheten for dambrudd endrer seg som følge av tiltaket.

Isteden gjør vi en såkalt break-even-analyse, der vi beregner hvor mye sannsynligheten for dambrudd må

reduseres for at et sikringstiltak skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Verdien som kommer ut av analysen er terskelverdien for nødvendig risikoreduksjon. Det vil si hvor mye sannsynligheten for dambrudd må reduseres av tiltaket for at det skal være samfunnsøkonomisk lønnsomt. Utgangspunktet i analysen er en sammenlikning av kostnader ved sikringstiltak og kostnader ved et eventuelt dambrudd.

Metoden er velkjent og benyttes særlig i analyser av tiltak som reduserer risikoen for store negative hendelser, og der sannsynligheten for slike hendelser er ukjent. Eksempelvis har metoden blitt benyttet av amerikanske myndigheter for å vurdere tiltak som reduserer risikoen for terroranslag og sabotasje. Metoden er også omtalt i NOU 2012:16, kapittel 8.3, som igjen refererer til utredningen av Farrow og Shapiro (2009).

I praksis vil denne analysen kun ta hensyn til prissatte effekter, og ikke eventuelle ikke-prissatte kostnader som oppstår ved dambrudd. Dermed vil nødvendig terskelverdi for risikoreduksjon være høyere enn nødvendig terskelverdi hvis også ikke-prissatte virkninger var inkludert i beregningen. Altså kan vi ha tilfeller der et sikringstiltak vil være lønnsomt selv om risikoen for dambrudd reduseres mindre enn beregnet terskelverdi.

Det teoretiske grunnlaget for analysemetoden kan beskrives på følgende måte: Vi legger til grunn at årlig sannsynlighet for dambrudd er p_U før sikringstiltak er gjennomført. Etter at tiltak er gjennomført reduseres den årlige bruddsannsynligheten til p_S , der $p_S < p_U$. Et sikringstiltak antas å være en engangsinvestering som koster K kr å gjennomføre. Dammen beskytter verdier til V kr. Disse inkluderer unngåtte kostnader som ødelagt infrastruktur, tap av menneskeliv, tapt kraftproduksjon og gjenoppbygging av dammen. Betinget på et dambrudd er disse verdiene antatt å være lik for dammer med og uten gjennomførte sikringstiltak. Verdier beskyttet i fremtiden er neddiskontert med en faktor $\beta < 1$ og vi benytter en tidshorisont på T år.

Uten sikringstiltak er de forventede neddiskonterte kostnadene ved dambrudd som følger:

$$-(p_U V + \beta p_U V + \beta^2 p_U V + \dots) = -\sum_{t=0}^T \beta^t p_U V.$$

Med sikringstiltak har vi gjort en engangsinvestering på K kr, og samtidig redusert den årlige bruddsannsynligheten til p_S . De forventede neddiskonterte kostnadene er dermed:

$$\begin{aligned}
 & -K - (p_s V + \beta p_s V + \beta^2 p_s V + \dots) \\
 & = -K - \sum_{t=0}^T \beta^t p_s V.
 \end{aligned}$$

Et tiltak ansees som samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom de forventede neddiskonterte kostnadene er redusert som følge av tiltak. Dette innebærer at følgende ulikhet må holde:

$$-K - \sum_{t=0}^T \beta^t p_s V \leq - \sum_{t=0}^T \beta^t p_u V.$$

Ved å omrokere på ulikheten over, finner vi terskelverdien for hvor mye den årlige sannsynligheten for dambrudd må reduseres for at tiltaket blir lønnsomt:

$$p_u - p_s \geq \frac{K}{\sum_{t=0}^T \beta^t V}$$

Ved en 80 års tidshorisont og med diskonteringsrenter i henhold til Finansdepartementets R-109/14 blir terskelverdien om lag $K/(27,7 \cdot V)$.

4. Dam Skidvann

Skidvann er et vann som ligger oppstrøms Sellegrad i Farsund kommune i Vest-Agder. Vannet ble demmet opp i 1915, og har siden blitt brukt som drikkevannsmagasin av Farsund kommune. Dammen ble rehabilitert i 2012. Skidvann er i dag én av to drikkevannsmagasiner i Farsund kommune, der den andre er Kleivelandsvannet. Tabell 4-1 angir nøkkelinformasjon om dammen.

Tabell 4-1 Nøkkelinformasjon om dammen

Dam Skidvann	
Damtype	Murdam
Konsekvensklasse	2
Damhøyde	ca. 5,3 m
Damlengde	ca. 70 m
Magasinareal ved HRV	0,0662 km ²
Damkrone/damtopphøyde	185,30 moh.
HRV	184,24 moh.
LRV	178 moh.
Magasinert volum	0,85 mill. m ³
Oppdemt volum	0,3 mill. m ³
Eier	Farsund kommune

Kilde: Norconsult (2013) og Norsk Vannforening (2007)

Figur 4-1 viser et oversiktskart over Skidvann (Skittvatnet) og områdene nedstrøms. Dammen befinner seg på den vestre delen av vannet. Ved et eventuelt dambrudd er berørte områder på strekningen mellom Skidvann og Sellegradsfjorden. Denne strekningen er ca. 1 km lang.

Figur 4-1 Oversiktskart over Skidvann og berørte områder ved dambrudd



Kilde: NVE Atlas

4.1 Dambruddsbølgeberegninger

Norconsult (2013) gjennomførte i 2013 en forenklet dambruddsbølgeberegning for dam Skidvann.

Strekningen for dambruddet er på under 1 km. ettersom bruddbølgen når Sellegradsfjorden rett etter at den passerer Sellegrad.

Det forutsettes at dammen går i brudd ved tusenårsflom på 185 m.o.h. Det forutsettes en bruddåpning på 5 x 5,3 meter. Dette bruddet antas å skje momentant.

Ved et dambrudd når bruddbølgen bebyggelsen på Sellegrad etter to minutter. Gjennomsnittlig hastighet er på 8 m/s, og den oppnår sin maksimale hastighet på 15 m/s ned mot Sellegrad.

Vannstanden er beregnet å stige med mellom 1 og 2,5 meter over tusenårsflom langs strekningen.

Dambruddsbølgeberegningene identifiserer 11 berørte bygg. Disse inkluderer ett bolighus ved utløpet til fjorden, ett kontorbygg, fire industribygg og fem andre bygg (garasjer/naust).

4.2 Kostnader ved sikringstiltak

Oppgraderingsarbeid på dam Skidvann ble utført i 2012. NVE oppgir at kostnaden til tiltaket var på 7,9 mill. kr. Samtidig som oppgraderingsarbeidet ble gjennomført, ble også inntaksrøret forlengt. Kontaktperson for dammene i Farsund kommune (heretter «dameier») anslår denne kostnaden til omtrent 150 000 kr. Fordi denne kostnaden ikke var knyttet til sikring av dammen, anslår vi sikringskostnadene til 7,75 mill. kr. Omregnet til 2016-kroner ved SSBs veganleggindeks er dette ca. 8,4 mill. kr.

Dameier forklarte at tiltakene ble gjennomført som konsekvens av krav i damsikkerhetsforskriften. Basert på nye styrkeberegninger kom det fram at dammen ikke hadde tilstrekkelig stabilitet og ikke hadde en god nok mekanisme for flomavledning. I tillegg var det noe lekkasje på dammen. Lekkasje hadde imidlertid ikke økt over tid og var trolig et fenomen som har vedvart siden dammen ble bygget.

I rapporten for dambruddsbølgeberegninger av Norconsult (2013) kommer det fram at det under rehabiliteringen av dammen i 2012 ble støpt en 0,4 m tykk betongplate på vannsiden av dammen for å gi tilstrekkelig stabilitet. Videre ble betongplaten boltet til fjell.

Dameier oppgir videre at kostnader til vedlikehold ikke er vesentlig endret etter at sikringstiltakene ble

utført. En vesentlig andel av kostnadene til vedlikehold er knyttet til forebygging mot tetting av flomløp. Siden dette hovedsakelig er knyttet til vegetasjon rundt dammen og ikke konstruksjonen, er årlige vedlikeholdskostnader omtrent uendret.

De totale kostnadene ved sikringstiltaket er vist i Tabell 4-2.

Tabell 4-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	8,4
Endrede drift- og vedlikeholdskostnader	0
Sum	8,4

4.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på opplysninger fra dameier og gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på dam Skidvann.

4.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Dameier er i dette tilfelle Farsund kommune. Et dambrudd vil skade kommunal eiendom (dammen og renseanlegget), samt potensielt berøre drikkevannsforsyningen, som ligger under kommunens ansvarsområde. Konsekvenser av sistnevnte vurderes i kapittelet om samfunnsfunksjoner nedenfor.

Kontaktperson i Farsund kommune gir et grovt anslag på at det vil ta to år og at det vil koste 30 millioner kroner å gjenoppbygge dammen ved et brudd, uavhengig av om den bygges opp til ny eller gammel standard. Dersom kun deler av dammen skulle bryte, mener han det er sannsynlig at restene av dammen rives, og at dammen bygges opp fra grunnen av.

Som nevnt ligger vannrenseanlegget direkte nedstrøms for dammen, og vil sannsynlig bli totalskadet slik at den må bygges opp fra bunnen av. Dameier gjør et grovt anslag på at dette vil koste mellom 20 og 30 millioner kroner.

Beregnete kostnader for dameier (kommunen) som følge av dambrudd er oppsummert i Tabell 4-3:

Tabell 4-3 Kostnader ved dambrudd, dameier

	Kostnad (MNOK)
Gj.oppbygging dam	30
Gj.oppbygging vannverk	25
Sum	55

Kostnader nedstrøms

Basert på beskrivelsen av dambruddsforløpet for Skidvann, legger vi til grunn at skadene vil likne på flomskader, og i mindre grad på skader som følge av flomskred. Vi benytter derfor verktøyet for flom når vi tallfester skade på bygninger og infrastruktur nedstrøms.

Norconsult (2013) finner at 11 bygninger utsettes for en vannstandsstigning på mer enn én meter utover middelflom ved dambrudd. Ett av disse er et bolighus som befinner seg på Sellegrod. I tillegg ligger vannrenseanlegget rett nedstrøms. Bruddbølgeberegningene anslår at mesteparten av vannføringen vil gå på terrenget rundt renseanlegget. Dameier anser det sannsynlig at vannverket vil bli totalskadet og må bygges opp igjen på ny. Kostnaden anslås å ligge mellom 20 og 30 millioner kr.

Utover disse to bygningene blir to lagerbygninger og fem småbygg klassifisert som garasje/ naust/anneks rammet. Det beskrives også at et allerede felleferdig kontorbygg vil bli skadet. Videre vil deler av Fv. 680 være utsatt for skade, i tillegg til en bro like oppstrøms for Sellegrod. Dameier anslår at totalt rundt 20 meter vei vil kunne bli skadet.

Vi anser at risikoen for tap av menneskeliv er neglisjerbar, selv om ferdsel på bro og vei kan forekomme. Det eneste bolighuset i området ligger nede ved fjorden der dambruddsbølgen har sin laveste hastighet og laveste høyde. Vannverket er ubemannet og har kun sporadiske besøk. Videre opplyser dameier at dette ikke er et typisk friluftsområde der det ferdes mye folk. Skade på liv og helse er likevel en mulig konsekvens av brudd på Dam Skidvann, selv om det ikke anses som sannsynlig og prissettes i analysen.

Ut fra tilgjengelig informasjon er det ingen næringsvirksomhet i de berørte områdene.

Tabell 4-4 oppsummerer beregnede kostnader nedstrøms ved et dambrudd.

Tabell 4-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger (u/ vannverk)	16,1
Infrastruktur	0,5
Andre kostnader	0,8
Personer	0
Avbrudd i næring	0
Sum	17,5

4.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

I dambruddsbølgeberegningene fremkommer det at dambruddsbølgen vil passere Sellegrod naturreservat, som er et vernet naturområde. Det beskrives videre at dette er Norges sørvestligste forekomst av allmindingeskog av noen størrelse. Dambruddsbølgen vil berøre 3 prosent av det totale området. Skaden er ansett å ha en begrenset virkning på reservatets evne til å gro tilbake. Ved pluss-minus-metoden ansees skaden å være «lite negativ» og av liten betydning for samfunnet.

Selve dammen ble bygget i 1915 og kan anses som et kulturminne av verdi. På samme måte som for Dam Hafstad er det usikkert i hvilken grad dammen anses som et verdifullt kulturminne, og i hvilken grad dammens verdi som kulturminne blir bevart ved en gjenoppbygging etter et brudd. Vi antar at det vil være mulig å gjenreise dammen i tilnærmet original stand om det er ønskelig. Vi vurderer likevel at et dambrudd til en viss grad vil forringe dammens verdi som kulturminne. Vi vurderer at virkningen vil være lite negativ med liten betydning for samfunnet.

Vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner som følge av dambrudd er oppsummert i Tabell 4-5

Tabell 4-5 Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	(-)
kulturminner	(-)

Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Skidvann utgjør sammen med Kleivelandsvannet drikkevannsforsyningen til hele Farsund kommune

(Norsk Vannforening, 2007). Vi har fått opplyst at bortfall av drikkevannsforsyning fra Skidvann trolig vil ha liten betydning på kort sikt. Videre er ledningsnettene til de Skidvann og Kleiveland knyttet sammen slik at Kleivelandsmagasinet kan erstatte drikkevannsforsyningen til Skidvann. Normalt sett vil Kleivelandsvannet ha et tilstrekkelig vannvolum til å kunne forsyne kommunen med drikkevann i tidsrommet Dam Skidvann gjenoppbygges.

Et brudd kan imidlertid få konsekvenser for vannforsyningen av tre årsaker: (i) Vannforsyningen er mer sårbar i tidsrommet med kun én drikkevannskilde ved at ett magasin ikke kan avlaste det andre magasinet, for eksempel i tilfeller der et anlegg må stenges ved uforutsette hendelser som forurensing av magasinet. (ii) Vannvolumet i Kleivelandsvannet er utsatt for tørke. Dermed kan det i tørrår være underskudd på drikkevann ved bortfall av Skidvann. (iii) Da de to dammene er i samme geografiske område, kan brudd være korrelert dersom utløsende årsak for brudd er ekstremvær, flom eller liknende.

Kostnadene knyttet til bortfall av deler av drikkevannsforsyningen er imidlertid svært vanskelige å tallfeste. Vi benytter derfor pluss-minus-metoden. Med hensyn til skadeomfanget ansees dette som «lite negativt». Dette er fordi det er usannsynlig at drikkevannsforsyningen blir berørt i en betydelig grad og fordi tidsrommet der problemer kan oppstå kun er på to år. Imidlertid vil betydningen for samfunnet være stor dersom drikkevannsforsyningen blir begrenset i den aktuelle perioden.

Dambrudd kan føre til veibrudd på Fv. 680. Imidlertid er denne veien beskrevet som mindre trafikkert lokalvei. Det fremkommer også at det finnes gode omkjøringsmuligheter. Ved pluss-minus-metoden ansees konsekvensene ved omkjøring som «lite negativt» og med små samfunnskonsekvenser.

Vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner ved dambrudd er oppsummert i Tabell 4-6

Tabell 4-6 : Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Drikkevannsforsyning	(---)
Fremkommelighet	(-)

4.4 Oppsummering

Tabell 4-7 oppsummerer kostnader ved sikringstiltaket og prissette kostnader ved dambrudd.

Tabell 4-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Skidvann	MNOK
<i>Kostnader ved sikringstiltak</i>	
Konstruksjon	8,4
Sum	8,4
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	
for dameier	55,0
nedstrøms	17,5
Sum	72,5

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 4-7 finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige brudds sannsynligheten i dammen reduseres med 1/239 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd

en gang i løpet av 239 år, og brudds sannsynligheten er helt fjernet etter at tiltak er gjennomført. Med andre ord er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige brudds sannsynligheten reduseres med 4,18 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-prissatte verdier ikke er medtatt. De ikke prissatte virkningene nedstrøms er gjengitt i Tabell 4-8.

Tabell 4-8 Ikke prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Drikkevannsforsyning	(--)
Miljø, kulturlandskap	(-)
Redusert fremkommelighet	(-)

5. Dam Kleiveland

Kleivlandsvannet er et vann på Lista-halvøya i Farsund kommune i Vest-Agder. Kleivlandsvannet er en del av Nesheimvassdraget. Åmdalsbekken fører vannet fra Kleivlandsvannet til Prestvannet i Vanse. (NVE, 2016)

Kleivlandsvannet ble demmet opp på 1940-tallet, og har siden den gang vært brukt som drikkevann for Farsund kommune. Dammen er en betong gravitasjonsdam som er 60 meter lang, har maksimal høyde 5 meter og er konstruert med seks støpeseksjoner. (Norconsult, 2012)

Tabell 5-1 viser nøkkelinformasjon om dammen.

Tabell 5-1 Nøkkelinformasjon om dammen

Dam Kleiveland	
Damtype	Betong gravitasjonsdam
Konsekvensklasse	2
Damhøyde	5 m
Damlengde	60 m
Damkrone/damtopphøyde	79,9 moh.
Magasinareal ved HRV	0,27 km ²
HRV	79,15 moh.
LRV	75,92 moh.
Oppdemt volum	1,3 mill. m ³
Vassdrag	Nesheimvassdraget
Eier	Farsund kommune

Kilde: Norconsult (2012) og Norsk Vannforening (2007)

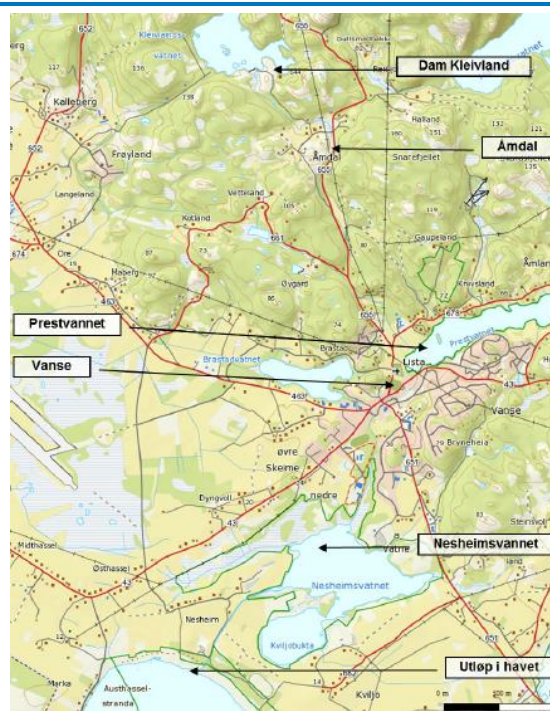
5.1 Dambruddsbølgeberegninger

Norconsult utførte i 2012 dambruddsbølgeberegninger for dam Kleiveland.

Det er i beregningene antatt at dammen går til brudd som en betongdam hvor de tre sammenhengende støpeseksjonene som gir størst maksimal vannføring ut av bruddåpningen bryter sammen. Ved et momentant, fullstendig brudd vil bruddåpningen bli 28,8 m². Maksimal vannføring ut fra dammen ved middelflom vil være ca. 420 m³/s.

Dambruddsbølgen vil renne sørøstover ned til Åmdal, videre til Prestvannet (3 moh.), og Nesheimsvannet (2 moh.), før den renner ut i sjøen ved Nesheim. Den totale strekningen fra Dam Kleiveland til utløpet i havet er på ca. 7,2 km. Figur 5-1 gir viser Dam Kleiveland og omkringliggende områder.

Figur 5-1 Oversikt over vassdragene og anleggene



Kilde: Norconsult (2012)

Fra Kleiveland vil bruddbølgen først følge vassdraget ned til Åmdal som ligger 60 moh. Ankomsttid for bruddbølgen er ca. 12 minutter og maksimal vannstandstigning i Åmdal ved middelflom er beregnet til 2,6 meter. I Åmdal er terrenget relativt flatt, og vannhastigheten lav (1,2 m/s) slik at noe vann demmes opp her. En del boliger i området ligger nær elven og vil kunne bli berørt av en dambruddsbølge. På veien ned til Åmdal vil vannet også berøre to mindre broer som krysser vassdraget.

Fra Åmdal ned til Prestvannet er vassdraget bratt med høye skråninger. Her er det lite bebyggelse og det er kun antatt at vannmassene vil berøre mindre broer som krysser vassdraget. Bølgetoppen vil nå Prestvannet etter ca. 20 minutter. Prestvannet er litt større enn Kleivlandsvannet og vil dermed absorbere mye av dambruddsbølgen. Det vil føre til en mer utflatet bølge videre nedover vassdraget. Det er beregnet en vannstigning i Prestvannet på rett under én meter.

Fra Prestvannet ned til Nesheimsvannet går elven gjennom tettstedet Vanse. Utløpet av Prestvannet er smalt og høydeforskjellen ned til Nesheimsvannet er kun én meter, slik at vannføringen blir begrenset i dette området. Ved utløpet av Prestvannet er det derfor en del bebyggelse som er meget flomutsatt. Det er kjent at boliger i dette området ofte er rammet

av vannstandsstigning i Prestvannet. Dambruddsbølgen vil kunne berøre disse byggene, men forskjellen mellom initialsituasjon og dambruddsbølgen er liten.

Norconsult finner at totalt 11 bygg vil berøres av en dambruddsbølge fra Kleiveland. Dette er bygg som ligger langs strekningen der vannstandsstigningen er på én meter eller mer. Sju av byggene ligger i Åmdal og de øvrige fire ligger ved Årdal. Dette inkluderer to bolighus (ett våningshus ved Gullsmedbakkveien og en fritidsbolig ved Åmdal), fem industribygg, én garasje og tre andre bygg. I tillegg vil riksvei Rv 655 og en rekke lokale veier og broer bli berørt.

En dambruddsbølge kan også utløse erosjon og ras langs vassdraget. Særlig i Åmdal er det en mulighet for at en dambuddbølge kan utløse jordskred. Det er derfor en viss risiko for at bygninger og infrastruktur som ligger utenfor det oversvømte området blir berørt.

5.2 Kostnader ved sikringstiltak

Norconsult AS ble i 2012 engasjert av Farsund kommune for å gjennomføre en revurdering av Dam Kleiveland etter NVEs Retningslinje for tilsyn og revurdering av vassdragsanlegg. Norconsult fant at dammen ikke tilfredsstilte gjeldende retningslinjer for betongdammer med hensyn på stabilitet, og at det måtte gjennomføres tiltak.

I 2015 ble rehabiliteringsarbeid utført av Lista bygg. Arbeidet omfattet utbedring av betongskader, montering av fjellbolter for å oppgradere forankringen av dammen til fjellet og bygging av nytt bunnappeløp (Farsund kommune, 2015). I tillegg ble tilkomstveien oppgradert, noe som også inkluderte forsterking av bro (Lista bygg, 2016).

NVE har fått oppgitt at totale kostnader for tiltakene var om lag 4,4 millioner kroner. Omregnet til 2016-kroner utgjør det omtrent 4,5 millioner kroner. Drift- og vedlikeholdskostnader er vurdert å ikke endres som følge av tiltaket.

Totale kostnader ved sikringstiltaket er vist i Tabell 5-2.

Tabell 5-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	4,5
Endrede drift og vedlikeholdskostnader	0
Sum	4,5

5.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på opplysninger fra dameier og gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på dam Kleivland.

5.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Dameier er i dette tilfelle Farsund kommune. Et dambrudd vil skade kommunal eiendom (dammen og renseanlegget), samt potensielt berøre drikkevannsforsyningen, som ligger under kommunens ansvarsområde. Konsekvenser av sistnevnte vurderes i kapittelet om kostnader nedstrøms.

Kontaktperson i Farsund kommune (heretter «dameier») gir et grovt anslag på at det vil ta to år og at det vil koste 30 millioner kroner å gjenoppbygge dammen ved et brudd, uavhengig av om den bygges opp til ny eller gammel standard. Dersom kun deler av dammen skulle bryte, mener dameier det er sannsynlig at restene av dammen rives, og at dammen bygges opp fra grunnen av.⁷

Vannrenseanlegget knyttet til dammen ligger ikke direkte nedstrøms og vil derfor ikke bli berørt av bruddet.

Beregnete kostnader for dameier (kommunen) ved dambrudd er oppsummert i Tabell 5-3.

Tabell 5-3 Kostnader ved dambrudd, dameier

	Kostnad (MNOK)
Gj.oppbygging dam	30
Gj.oppbygging vannverk	0
Sum	30

⁷ Vi fikk opplyst at det ikke var noen vesentlige forskjeller mellom dammene på Skidvann og Kleiveland som skulle tilsi store forskjeller i gjenoppbyggingskostnadene.

Kostnader nedstrøms

Basert på beskrivelsen av dambruddsforløpet legger vi til grunn at skadene vil likne på flomskader, og i mindre grad på skader som følge av flomskred. Vi benytter derfor verktøyet for flom når vi tallfester skade på bygninger og infrastruktur nedstrøms.

Norconsult finner at 11 bygninger utsettes for en vannstandsstigning på mer enn én meter utover middelflom ved dambrudd. Vi antar en jevn fordeling av disse byggene i skadeklasse 1-3. For beskrivelse av skadeklassene se kap 2.2.1. Videre kan vi lese av kartet i DBBB-rapporten at minst ni bolighus og fem andre bygg ved Prestvannet (Vanse sentrum) vil ligge i et område som er oversvømt ved dambrudd, og som ikke vil være det ved 1000-årsflom (og heller ikke middelflom). I disse byggene vil imidlertid vannstandsstigningen utover flommen være mindre enn én meter. Vi legger til grunn at de ni boligene vil berøres i skadeklasse 1 (vann i kjelleren) og at de fem øvrige byggene berøres i skadeklasse 2 (0-1 m vann i første etasje).

Når det gjelder de åtte broene som oversvømmes av dambruddsbølgen, legger vi til grunn at disse skades eller ødelegges. Broene er i hovedsak mindre gangbruer. Som et estimat på kostnadene ved opprydding og gjenoppbygging legger vi i skred- og flomverktøyet til grunn at konstruksjon av en bro tilsvarer kostnaden til 250 meter firefelts vei.

Det fremgår også at Rv 655 og mindre veier vil berøres. Videre legger vi til grunn at en del private grusveier og innkjørsler vil skades av en dambruddsbølge. Slike skader på veier er vanskelige å estimere, da vi ikke har god oversikt over verken skadeomfang eller skadens utstrekning. Dameier opplyser at det er sannsynlig at Rv. 655 kan få 4-5 punkter med veibrudd.

Slik hendelsesforløpet er beskrevet i rapporten finner vi det lite sannsynlig at et brudd i Dam Kleiveland vil føre til alvorlig skade på liv og helse for personer som er inne i berørte bygg nedstrøms. Det er likevel en risiko for at folk som befinner seg ute, i nærheten av dammen/vassdraget, tar skade dersom det skulle skje et dambrudd. Imidlertid har vi fått opplyst fra dameier at områdene direkte nedstrøms for dammen ikke er typisk friluftsområder der det ferdes mye folk.

Vi anser skade på liv og helse som en mulig konsekvens av brudd på Dam Kleiveland, selv om det ikke anses som sannsynlig og prissettes i analysen.

I veikrysset Rv. 43/Søndre vei på Vanse ligger en del næringsvirksomhet, bl.a. flere dagligvarebutikker. Området er i nærheten av elveutløpet fra Prestvannet. Fra dambruddsbølgeberegningene fremkommet at vannstigning her er under 1 m. Vi anser derfor disse

bygningene til ikke å være direkte rammet. Dersom fremkommeligheten til dette området begrenses, kan dette lede til tapte næringsinntekter. Vi anser vesentlig avbrudd i næring som lite trolig. Denne mulige konsekvensen behandles som en usikkerhet i analysen.

Tabell 5-4 oppsummerer estimerte kostnader nedstrøms ved et dambrudd.

Tabell 5-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger	23,5
Infrastruktur	5,0
Andre kostnader	1,4
Personer	0,0
Avbrudd i næring	0,0
Sum	29,9

5.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

I dambruddsbølgeberegningen er det ikke opplyst om spesielle naturområder eller -typer, eller kulturminner som berøres av en bruddbølge, men at det er en generell risiko for erosjon. Samtidig er vannhastighet og -trykk relativt lavt i store deler av det berørte området, og vil i all hovedsak forløpe som en vanlig flom. Dette tilsier at ødeleggelsene vil være begrenset og at naturen i stor grad kan gro tilbake. Dameier har heller ikke opplyst om at det berørte området er spesielt mye brukt som rekreasjonsområde eller til friluftaktiviteter.

Vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner som følge av dambrudd er oppsummert i Tabell 5-5.

Tabell 5-5 Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	0
Kulturminner	0

Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Som beskrevet i 1.4 utgjør Skidvann og Kleivelandsvannet tilsammen drikkevannsforsyningen til hele Farsund kommune (Norsk Vannforening, 2007).

På samme måte som for Skidvann får vi opplyst av dameier at bortfall av drikkevannsforsyning fra Kleiveland trolig vil ha liten betydning på kort sikt. Bakgrunnen er at ledningsnettene til Skidvann og Kleiveland er knyttet sammen slik at Skidvannmagasinet kan erstatte drikkevannsforsyningen til Kleivelandsvannet. Normalt sett vil Skidvann ha tilstrekkelig vannvolum til å kunne forsyne kommunen med drikkevann i tidsrommet Dam Kleiveland gjenoppbygges.

Et brudd i Dam Kleiveland kan imidlertid få konsekvenser for vannforsyningen av to årsaker: (i) Vannforsyningen er mer sårbar i tidsrommet med kun én drikkevannskilde ved at ett magasin ikke kan avlaste det andre magasinet, eksempelvis i tilfeller der et anlegg må stenges ved uforutsette hendelser som forurensing av magasinet. (ii) Da de to dammene er i samme geografiske område brudd være korrelert dersom utløsende årsak for brudd er ekstremvær, flom o.l.

Kontaktperson i Farsund kommune opplyser at Skidvann ikke er utsatt for tørke i samme grad som Kleivelandsvannet. I så måte vil drikkevannsforsyningen være noe mindre sårbar ved brudd i Dam Kleiveland i sammenlignet med Dam Skidvann.

Med hensyn til skadeomfanget ansees dette som «lite negativt». Dette er fordi det er usannsynlig at drikkevannsforsyningen blir berørt i en betydelig grad og fordi tidsrommet der problemer kan oppstå kun er på to år. Imidlertid er betydningen for samfunnet stor dersom drikkevannsforsyningen blir begrenset i den aktuelle perioden.

Det er videre sannsynlig at en del broer kan bli ødelagt langs Gullsmedbakkveien som går langs elveløpet mellom Kleivelandsvannet og Prestvannet. Denne veien er imidlertid lite trafikkert, og det finnes omkjøringsmuligheter. Broen på Rv. 43 i Vanse kan også bli ødelagt. Da dette er sentrumsnært, finnes det en kort omkjøringsmulighet. Vi anser effekten på redusert fremkommelighet som «lite negativt» og med små samfunnskonsekvenser.

Vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner ved dambrudd er oppsummert i Tabell 5-6.

Tabell 5-6 Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Drikkevannsforsyning	(---)
Fremkommelighet	(-)

5.4 Oppsummering

Tabell 5-7 under oppsummerer kostnader ved sikringstiltaket og prissatte kostnader ved dambrudd.

Tabell 5-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Kleiveland	MNOK
<i>Kostnader ved sikringstiltak</i>	4,5
Konstruksjon	4,5
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	59,9
For dameier	30,0
Nedstrøms	29,9

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 5-7, finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige brudds sannsynligheten reduseres med 1/369 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd en gang i løpet av 369 år, og brudds sannsynligheten er helt fjernet etter at tiltak er gjennomført. Med andre ord er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige brudds sannsynligheten reduseres med 2,71 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-prissatte verdier ikke er medtatt. De ikke prissatte virkningene nedstrøms er gjengitt i Tabell 5-8.

Tabell 5-8 Ikke prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Miljø og kulturlandskap	0
Drikkevannsforsyning	(---)
Redusert fremkommelighet	(-)

6. Dam Hafstadvatnet

Dam Hafstadvatnet, ferdigstilt i 1920, er en murdam som befinner seg i Tingvoll kommune på Nordmøre. Dammen demmer opp Hafstadvatnet som er magasinet til Skar kraftverk, eid av Nordmøre Energiverk AS (NEAS), med en produksjon på 11,4 GWh/år. Tabell 6-1 oppsummerer nøkkelinformasjon om dammen.

Tabell 6-1 Nøkkelinformasjon om dammen

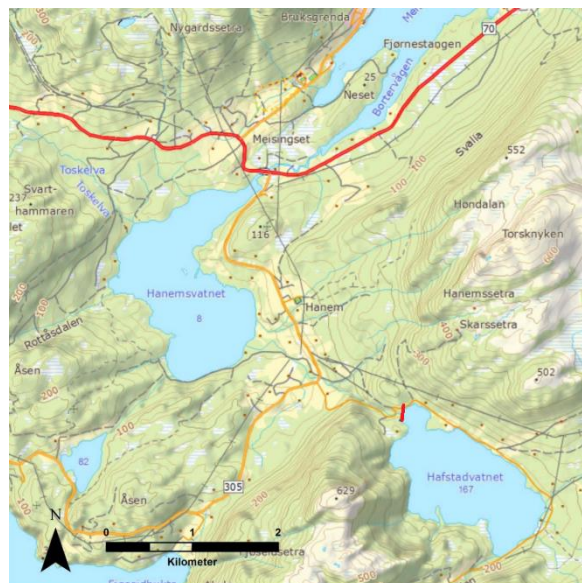
Dam Hafstad	
Damtype	Murdam (m/ betongvegg etter tiltak)
Konsekvensklasse	2
Damhøyde	17,4 m
Damlengde	155 m
Damkrone	168,71 moh.
Magasinareal ved HRV	Ca. 1,5 km ²
HRV	167,64 moh.
LRV	153,64 moh.
Oppdemt volum	Ca. 15 mill. m ³
Eier	NEAS

Kilde: Sweco (2013)

Figur 6-1 viser et oversiktskart over det aktuelle området. Dammen befinner seg i den nordvestre delen av Hafstadvatnet. Ved et eventuelt dambrudd er berørte områder strekningen mellom Hafstadvatnet og Hanemsvatnet, områdene rundt Hanemsvatnet og strekningen mellom Hanemsvatnet og Meisingsetfjorden.

Dam Hafstad er i dag klassifisert til konsekvensklasse 2. Dammen var tidligere i klasse 3, men ble omklassifisert til klasse 2 i 2013 (Sweco, 2016).

Figur 6-1 Oversiktskart Hafstadvatnet og berørte områder (dam markert med rødt)



Kilde: Sweco (2013)

6.1 Dambruddsbølgeberegning

Dambruddsbølgeberegninger (DBBB) ble utført av Sweco i juni 2013.

I DBBB forutsettes det et momentant brudd når magasinet når høydepunktet på flommen på 169,29 moh., som medfører et bruddvolum på ca. 17 mill. m³.

Ut fra dammen er den maksimale vannføringen 3359 m³/s, maksimal bølgetopphastighet 16,8 m/s, og maksimal vannstigning 8,74 m. På strekningen før Hanemsvatnet blir en rekke bygninger berørt. I tillegg berører bølgen Skar kraftstasjon, lokale kraftlinjer, en bro direkte nedstrøms for dammen og en bro på Fv. 305.

Når bølgen når Hanemsvatnet etter ca. fire minutter blir den betydelig dempet. Vannstanden i Hanemsvatnet stiger med 2,5-3 m, og oversvømmer som konsekvens en del bebyggelse på Meisingset. Her blir også en bru over Rv. 70 og en bru over Fv. 305 berørt.

I DBBB er det antatt at samtlige fire bruer blir ødelagt som følge av høy vannhastighet og erosjon.

Det beskrives også at det er antatt noe ødeleggelse som følge av erosjon, spesielt i umiddelbart nærhet av elveleiene ved Skar (Hafstadvatnet-Hanemsvatnet) og Meisingset (Hanemsvatnet-Meisingsetfjorden).

6.2 Kostnader ved sikringstiltak

Dam Hafstad ble fornyet i perioden 2011-2013. NVE oppgir at de totale kostnadene ved oppgraderingen var 15,2 mill. kr, hvorav 14,1 mill. kr var tilknyttet fornyingsarbeidet og 1,1 mill. kr var indirekte kostnader som følge av tapte kraftinntekter.⁸

Kontaktperson i Nordmøre Energiverk AS (heretter «dameier»), forklarte at tiltaket ble iverksatt som konsekvens av nye krav etter den oppdaterte damsikkerhetsforskriften. Blant annet innebar de nye kravene at dammens krumning ikke lenger kunne medregnes i styrken av dammen, slik at dammens tyngde var for lav i henhold til den nye forskriften. Fornyingsarbeidet innebar at det ble påstøpt én meter tykk betongvegg på vannsiden av den eksisterende murdammen for styrke dammen.

I følge dameier har Dam Hafstadvatn årlige vedlikeholdskostnader på ca. 20 000 kr. Disse kostnadene er primært knyttet til tilsyn og kontroll av rørrelser i dammen, lekkasjer, o.l. Videre opplyses det at fornyingen av dammen har redusert omfanget av vedlikehold siden betongpåstøpningen på vannsiden reduserer behovet for blant annet kontroll og rens av fuger og eventuelt fylle fuger med ekspanderende masse ved oppsprekninger. Imidlertid innebærer de gjennomførte forsterkningsarbeidet en ekstra kostnad hvert 15. år med oppmeisling og kontroll av de etablerte strekkstagene. Alt i alt anser dameier årlige gjennomsnittlige vedlikeholdskostnader som uendret etter at dammen ble forsterket.

Totale kostnader ved sikringstiltaket, prisjustert til 2016-kroner, er oppsummert i Tabell 6-2.

Tabell 6-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	15,0
Tapt produksjon i tiltaksperioden	1,2
Endrede drift- og vedlikeholdskostnader	0
Sum	16,2

6.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på opplysninger fra dameier og gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på dam Hafstad.

⁸ Disse kostnadene er ikke realprisjustert

6.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Et dambrudd medfører tapte kraftinntekter over en lengre periode. Skar kraftverk har en årlig produksjon på om lag 11,4 GWh. Med tidligere beskrevne antakelser på kraftpris og kostnader innebærer dette en årlig profitt på ca. 2,34 mill. kr.

Dameier oppgir gjenoppbyggingskostnader til ca. 50 mill. kr som et grovt anslag. Arbeidene knyttet til gjenoppbyggingen av dammen utgjør, ifølge dameier, 22 måneder, hvorav 10 måneder vil være planlegging og forberedende arbeider. I tillegg må det tas hensyn til behandlingstid hos NVE for godkjenning av planene.

Samlet gjør vi et grovt anslag på at det tar tre år før kraftproduksjonen er tilbake til fullt nivå, hvorav to år på konstruksjon og ett år til behandling hos NVE. Vi antar at kraftproduksjonen bortfaller helt under gjenoppbyggingsperioden, og at produksjonen er tilbake ved full kapasitet etter ferdigstillelse av ny dam.

Med tre års tapt produksjon og en diskonteringsrente på 4 prosent får vi en tapt produksjonsverdi på ca. 6,46 mill. kr.

Beregnete kostnader for dameier ved et dambrudd er oppsummert i Tabell 6-3.

Tabell 6-3 Kostnader ved dambrudd, dameier

	Kostnad (MNOK)
Gjenoppbygging	50
Tapt kraftproduksjon	6,5
Sum	56,5

Kostnader nedstrøms

I klassifiseringsrapporten av Dam Hafstad er det oppgitt at tolv boenheter og fire hytter blir berørt av en dambruddsbølge. Videre fremkommer det i DBBB at 73 bygninger blir berørt av en dambruddsbølge ved middelflom som initialsituasjon. Basert på denne informasjonen forutsetter vi at 57 av de 73 bygningene ikke er boenheter.

Det er hovedsakelig to distinkte områder med bebyggelse som blir berørt ved av en dambruddsbølge: Hafstadvatnet-Hanemsvatnet og Hanemsvatnet-Meisingsetfjorden. Hanemsvatnet demper

dambruddsbølgen betydelig. Derfor antas skader på strekningen Hanemsvatnet-Meisingsetfjorden å være utelukkende flomrelaterede, mens det i området Hafstadvatnet-Hanemsvatnet i tillegg vil forekomme skader som følge av vannhastigheten, som også inkluderer fare for menneskeliv.

Vassdragsteknisk ansvarlig (VTA) i NEAS, har gitt grove skjønsmessige anslag på skadet infrastruktur og skadegrad av disse. Det anslås at ved dambrudd vil 5-6 boliger nær Skarselva bli totalskadet, og seks boliger nær riksveien på Meisingset og to hytter ved Hanemsvatnet får vannskader pga. høy vannstand. Utover boliger og hytter, vil en bensinstasjon med bilverksted, et overnattingssted, en dagligvareforretning og en industribedrift med ca. fem ansatte bli berørt pga. høy vannstand.

Som tidligere nevnt anslås fire broer å bli skadet. I tillegg gjør VTA et grovt anslag på at 200 meter kommunal vei, 200 meter fylkesvei og 400 meter riksvei blir skadet.

Videre opplyser VTA at de berørte områdene ikke er spesielt attraktive for fiske, friluft eller annen rekreasjon. Ut fra disse opplysningene er vår vurdering at det er liten risiko for tap av menneskeliv som ikke er knyttet til berørte boenheter.

Vi anvender SV-verktøyets verdier for *flomskred* for strekningen Hafstadvatnet-Hanemsvatnet og verdier for *flom* Hanemsvatnet-Meisingsetfjorden. Fordeling av skadegrad og bygningstyper i verktøyet blir gjort basert på ovennevnte informasjon samt egne skjønsmessige vurderinger. I tillegg til verdier fra verktøyet anslår vi avbrudd i næring tilsvarende 15 arbeidsplasser i 20 dager.

Tabell 6-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrømsviser prissatte kostnader som følge av skader nedstrøms ved et dambrudd:

Tabell 6-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger	60,5
Infrastruktur	3,0
Andre kostnader	3,8
Personer	15,4
Avbrudd i næring	0,7
Sum	83,3

6.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

I dambruddsbølgeberegningene utført av Sweco (2013) oppgis det at Bekkedalen mellom Hafstadvatnet og Hanemsvatnet har to strekninger med viktige eller svært viktige naturtyper. Disse antas å være berørt av vannstandstigningen, men ikke skadet. Området er også oppholdssted for svarhalespove. Vannstandstigninger kan ha betydning for rugetiden, men er beskrevet å ha en begrenset påvirkning på fuglebestanden. Videre har vi fått opplyst av VTA i NEAS at et etablert uteområde på Meisingset vil bli satt under vann i en kort periode.

Basert på ovennevnte beskrivelse ansees miljøpåvirkninger å være innenfor hva naturen evner å absorbere, slik at eventuelle forringelser av miljøverdier vil være kortsiktige.

Med bruk av pluss-minus-metoden anser vi skadeomfanget totalt sett for disse temaene som liten negativ og med liten betydning for samfunnet.

Selve dammen ble bygget i 1920 og kan anses som et kulturminne av verdi. I hvilken grad dammen anses som et verdifullt kulturminne, og i hvilken grad dammens verdi som kulturminne blir bevart ved en gjenoppbygging etter et brudd, er usikkert. Det vil sannsynligvis være mulig å gjenreise dammen i tilnærmet original stand om det er ønskelig. Vi vurderer likevel at et dambrudd til en viss grad vil forringe dammens verdi som kulturminne. Vi vurderer at virkningen vil være litt negativ med liten betydning for samfunnet.

Vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner som følge av et dambrudd er oppsummert i Tabell 6-5.

Tabell 6-5 : Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	(-)
Kulturminner	(-)

Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

I dambruddsbølgeberegningene utført av Sweco (2013) beskrives også konsekvensene for samfunnsfunksjoner ved et dambrudd. Som konsekvens av ødeleggelse av Fv. 305 nedstrøms for Hafstadvatnet blir anslagsvis 24 boenheter med fast bosetting og 18-20 hytter avskåret. Ved ødeleggelse av Fv. 70 ved Meisingset finnes ingen lokale omkjøringsmuligheter. En del trafikanter vil dermed få flere mil med omkjøring for å komme forbi bruddstedet.

Med hensyn til befolkningsgrunnlaget i området, og at Rv. 70 ikke er en hovedvei mellom de store

befolkningssentrene i regionen, anser vi de midlertidige nedsatte samfunnsfunksjonene som en begrenset samfunnsøkonomisk kostnad sett i forhold til andre berørte verdier. Totalt vurderer vi skadeomfanget som «lite negativt» og med liten betydning for samfunnet.

Vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner ved et dambrudd er oppsummert i Tabell 6-6.

Tabell 6-6 : Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Redusert framkommelighet	(-)

6.4 Oppsummering

Tabell 6-7 oppsummerer kostnader ved sikringstiltaket og prissatte kostnader ved dambrudd.

Tabell 6-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Hafstad	MNOK
<i>Kostnader ved sikringstiltak</i>	16,2
Konstruksjon	15,1
Tapt produksjon	1,1
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	139,8
For dameier	56,5
Nedstrøms	83,3

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 6-7, finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten i dammen reduseres med 1/239 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd en gang innenfor en periode på 239 år, og bruddsannsynligheten er helt fjernet etter at tiltaket er gjennomført. Med andre ord vil tiltaket være samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten reduseres med 4,18 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene fra break-even analysen må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-prissatte verdiene nedstrøms er gjengitt i Tabell 6-8

Tabell 6-8 Ikke-prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Miljø, kulturlandskap	(-)
Redusert framkommelighet	(-)

7. Dam Votna II

Votna, eller Votnavatn, er en innsjø i Odda kommune i Hordaland. Innsjøen ligger rett øst for Røldal og vest for Haukelifjell på ca. 1000 meters høyde. Votnavatn er regulert som magasin for Novle kraftverk og er demmet opp av dammene Votna I og Votna II. Det er i tillegg to overløpsdammer i Votnavatn. (NVE, 2016)

Figur 7-1 Oversikt over vassdrag og anlegg



Kilde: NVE (2016)

Anlegget ved Votnavatn er del av den omfattende Røldal-Suldal-utbyggingen utført av staten og Norsk Hydro i perioden 1963-68. Røldal-Suldal-utbyggingen består av syv kraftverk, 22 magasiner, 39 dammer og 15 vannveier, og er av de største vannkraftutbygginger i Norge. Hele utbyggingen var opprinnelig igangsatt for å forsyne Norsk Hydros aluminiumsindustri på Karmøy med kraft (NVE, 2016).

Votna II ble ferdigstilt i 1966, som en betong platedam opplagt på 40 pilarer (NVE, 2016). Dammen er en av de store betongplatedammer i Norge. Dammens lengde er 245 meter og største høyde er 24 meter.

Votnavatn er magasinet for Novle kraftverk i Røldal som ble satt i drift i 1967. Kraftverket har en installert effekt på 48 MW og en midlere årsproduksjon på 209 GWh (Norsk Hydro, 2016). Norsk Hydro ASA er operatør og ansvarlig for daglig drift av kraftverket. Norsk Hydro er også største eier, med Statkraft som minoritetseier (Statkraft, 2016).

Etter produksjon i Novle kraftverk føres vannet videre i tunnel til Røldal kraftverk, der det igjen utnyttes i ny kraftproduksjon (Statkraft, 2016). Det største magasinet til Røldal kraftverk er imidlertid ikke Votnavatn, men Valdalsvatnet som reguleres fra 745 til 645 moh (Norsk Hydro, 2016).

Tabell 7-1 viser nøkkelinformasjon om dammen.

Tabell 7-1 Nøkkelinformasjon om dammen

Dam Votna II	
Damtype	Betong platedam
Konsekvensklasse	3
Damhøyde	24
Damlengde	245
Damkrone/damtopphøyde	1021,3 moh.
Magasinareal ved HRV	4,7 km ²
HRV	1020 moh.
LRV	975 moh.
Magasinert volum ved HRV	119 mill. m ³
Oppdem volum	78 mill. m ³
Vassdrag	Suldalsvassdraget
Eier	Røldal-Suldal Kraft AS

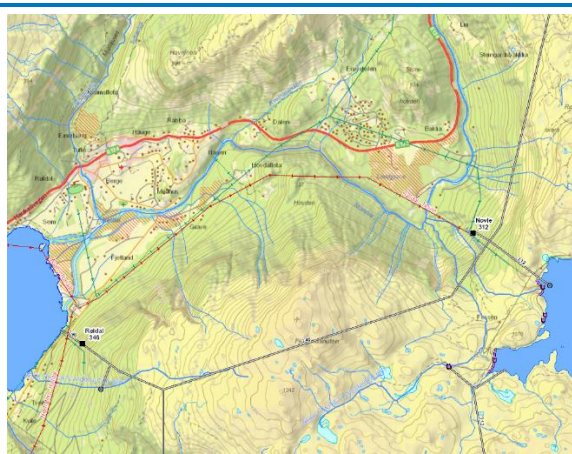
Kilde: Norconsult (2008) og NVE (2016)

7.1 Dambruddsbølgeberegning

På oppdrag fra Hydro Olje & Energi utførte Norconsult i 2008 dambruddsbølgeberegninger for Røldal-Suldal Kraftverk, herunder for Votna II.

I henhold til NVEs veileder er det antatt brudd på de tre sammenhengende støpeseksjonene av platedammen som gir størst dambrudd, inkludert 2 pilarer. Ved et slikt brudd beregner Norconsult at bruddbølgen fra Votna II vil gi en vannstandstigning på mellom 1 og 10 meter nedover vassdraget. Bruddbølgen vil følge gamle Novlefoss ned til samløp med Storelva. Ved et momentant dambrudd med middelflom som initialsituasjon vil bruddvannføringen være ca. 2 800 m³/s. Bølgen fra bruddet vil nå Røldal etter ca. 6 minutter og gi en vannstandstigning på ca. 4,4 m etter 30 minutter.

Figur 7-2 Berørte områder ved dambrudd



Kilde: NVE (2016)

Bygninger og infrastruktur som ligger inntil vassdraget vil bli berørt. I en middelflomsituasjon vil til sammen om lag 15 bolighus, 50 øvrige bygninger, broer og annen infrastruktur, bli berørt av dambruddsbølgen fra Votna. De største ødeleggelsene vil oppstå i Røldal der det er beregnet at dambruddsbølgen vil treffe 13 boliger, 40 øvrige bygg, samt to bruer. Videre nedover i vassdraget, i området Botn-Hønsebærhaugen, vil ytterligere én bolig, ti andre bygg og én bro bli berørt.

7.2 Kostnader ved sikringstiltak

I 2003 ble det under Hydros egen kontroll av anlegget konstatert at betongen i platene på Votna II var skadet.

Kontaktpersonen i Hydro og ansvarlig for utbedrings-tiltaket på Votna II, opplyser at platedammen har to knekkpunkter og en massivdam i begge ender. Ved kontrollen ble det avdekket at betongen hadde lettet fra pilarene ved det ene knekkpunktet.

Tiltak ble gjennomført i to omganger, i perioden 2005-6. Sommeren 2005 ble det som et midlertidig utbedringstiltak støpt ny damplate over det aktuelle knekkpunktet, før magasinet ble fylt opp i løpet av høsten. I løpet av vinteren/våren 2006 ble magasinet igjen tappet ned for å gjennomføre det permanente utbedringstiltaket sommeren 2006. Dette innebar å støpe ny damplate over hele dammen.

Ifølge opplysninger fra NVE og dameier var investeringskostnadene omlag 27 millioner kroner. Omregnet til 2016-kroner tilsvarer det 38,6 millioner kroner.

I tillegg kommer kostnader som følge av tapte kraftinntekter i de to byggeperiodene. Kontaktperson i Hydro opplyser at gjennomføringen av tiltakene ikke innebar direkte tap av vann, da begge utbedringene

var planlagt og skjedde i sommerhalvåret. Imidlertid innebar tiltakene større begrensninger på vann-disponeringen i de aktuelle årene og dermed sannsynligvis tapte inntekter som følge av mindre gunstige priser på kraftproduksjonen.

Kontaktperson i Hydro kan ikke anslå hvor mye dette tapet beløper seg til. Som et forsiktig anslag antar vi et inntektstap på 20 prosent av normal produksjons-inntekt fra Novle kraftverk. Vi antar at den endrede disponeringen i Votnavatn ikke har konsekvenser for produksjonen i Røldal kraftverk, der det største inntaksmagasinet er Volldalsvannet. Totalt beløper tapte kraftinntekter seg til kr 8,6 mill kr.

Ifølge kontaktperson i Hydro innebar utbedrings-tiltakene ingen endring i drift- og vedlikeholds-kostnader.

Tabell 7-2 oppsummerer kostnader knyttet til gjennomføring av tiltakene, oppgitt i 2016-kroner:

Tabell 7-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	38,6
Tapt produksjon i tiltaksperioden	8,6
Endrede drifts- og vedlikeholdskostnader	0
Sum	47,2

7.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på dam Votna II.

7.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Dameier hadde begrensede opplysninger vedrørende kostnader ved å gjenbygge en ny dam som følge av dambrudd.

Ifølge kontaktperson hos Hydro ville det ikke være tillatt å bygge en ny betong platedam, og dammen ville sannsynligvis måtte bygges som en massivdam. Dameier antok at kostnadene per kvadratmeter ny dam kunne sammenliknes med kostnadene for å bygge tilsvarende dammer andre steder. I analysen legger vi til grunn at kostnader for gjenoppbygging av dammen vil ligge på nivå med kostnader for å bygge opp den gamle Skarsfoss-dammen, som også

var en betong platedam. Justert for størrelse tilsvarer det en kostnad på 175 mill. kroner.

Kontaktperson i Hydro anslo at bygging av en ny dam kunne ta om lag 2 år, selv om dette avhenger av type skade og hvordan dammen skal gjenoppbygges. Vi antar at det også tilkommer ett år i behandlingstid hos NVE, slik at total gjenoppbyggingstid vil være tre år.

Kontaktperson hos Hydro kunne ikke gi noe anslag for tap kraftproduksjon i byggeperioden. Ettersom oppdemmet magasinivolum utgjør en stor del av magasinert volum i Votnavatn, vil imidlertid mye av vannet gå tapt så lenge dammen ikke er i funksjon. Samtidig vil det være mulig å produsere noe i Novle kraftverk. Vanntapet vil også kunne påvirke kraftproduksjonen i Røldal kraftverk. Vi antar som en forenkling at hele kraftproduksjonen i Novle kraftverk vil falle bort, mens kraftproduksjonen i Røldal kraftverk ikke berøres.

Tabell 7-3 oppsummerer beregnede kostnader som påføres dameier som følge av et dambrudd:

Tabell 7-3 Kostnader ved dambrudd, for dameier

	Kostnad (MNOK)
Gjenoppbygging	175
Tapte kraftproduksjon	118,5
Sum	293,5

Kostnader nedstrøms

Kostnader nedstrøms ved et brudd på Votna II anslås utelukkende basert på opplysninger i gjennomførte dambruddsbølgeberegninger og opplysninger fra NVE. Vi har ikke lyktes med å komme i kontakt med personer i Hydro med kjennskap til konsekvensene nedstrøms ved dambrudd. Det er dermed stor usikkerhet knyttet til antakelsene som ligger til grunn for beregningene.

I dambruddsbølgeberegningene opplyses det at 13 boliger og «ca. 40 øvrige bygg» blir berørt av dambruddsbølgen. I tillegg blir 1 bolig og «ca. 10 øvrige bygg» berørt på Botn-Hønsbærhaugen ved Sørspissen av Røldalsvatnet.

Skadegrad av berørte bygninger er ikke beskrevet nærmere i dokumentasjonen. På bakgrunn av relativt høy vannhastighet og at bruddbølgen forløper over lang tid, legger vi til grunn at samtlige berørte bygg i Røldal blir totalskadet. Her antar vi også at det er risiko for at liv går tapt. Dødsrisikoen underbygges med at vannet når Røldal svært kort tid etter bruddet, slik at man i praksis ikke har tid til å evakuere uten forvarsel. Siden bruddbølgen etter Røldal blir dempet av Røldalsvatnet legger vi til grunn at det ikke er

risiko for drepte på strekningen Botn-Hønsbærhaugen.

Av berørt infrastruktur er det oppgitt tre broer i dokumentasjonen. Ved studie av kart av det aktuelle elveløpet identifiserer vi imidlertid ti broer, som vi legger til grunn i analysen. Annen veiskade er det ikke opplyst om. Vi legger likevel til grunn skade på vei som følge av vannhastighet og erosjon.

Vi har heller ingen dokumentasjon om berørt næringsvirksomhet. Imidlertid antas det som rimelig at en viss andel av de 40 byggene som er klassifisert som «andre bygg» er knyttet til næringsvirksomhet. I beregningene antar vi at næringsvirksomhet som tilsvarer 30 arbeidsplasser vil få avbrudd i en måned (20 arbeidsdager).

Tabell 7-4 oppsummerer prissatte kostnader som følge av skader nedstrøms ved et dambrudd:

Tabell 7-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger	134,6
Infrastruktur	7,3
Andre kostnader	8,4
Personer	75,6
Avbrudd i næring	1,3
Sum	227,3

7.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Dambruddsbølgeberegningene for Votna II er overordnet og det er lite informasjon om hvordan et dambrudd vil påvirke natur og kulturlandskap i området.

Bruddbølgen vil imidlertid komme i høy fart nedover fjellsiden og ha en lang varighet da magasinet er stort. Det tilsier at det kan bli varige ødeleggelser på natur og landskap som treffes av bruddbølgen, for eksempel som følge av erosjon. Vi har ikke opplysninger om at det er spesielt verdifulle naturområder eller -typer som berøres.

Ved metoden for ikke-prissatte virkninger beskrevet i kapittel 3 vurderer vi skadeomfanget på berørte arealer som middels negativt men med små konsekvenser for samfunnet.

Tabell 7-5 oppsummer vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner ved dambrudd.

Tabell 7-5 Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	(--)
Kulturminner	(0)

Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Basert på kartdata synes det som bruddbølgen kan ødelegge en bru på Rv. 134. Dette vil gi redusert fremkommelighet for reisende over Haukelifjell, den raskeste og mest trafikkerte øst-vest forbindelsen, eksempelvis mellom Oslo og Bergen. For de som reiser langt finnes det flere omkjøringsmuligheter, men disse vil ta lenger tid. For de som reiser kortere vil det være begrenset med reelle omkjøringsmuligheter. Ettersom veien er viktig legger vi til grunn at tiltak her vil prioriteres høyt, og at en intakt veiforbindelse kan være på plass i løpet av relativt kort tid.

Utover Rv. 134 vil bruddbølgen sannsynligvis ikke treffe veier eller strømnnett som er viktige for opprettholdelse av samfunnsfunksjoner. Bruddbølgen vil imidlertid treffe mindre veier og ødelegge bruer i Røldal, noe som vil gi redusert fremkommelighet lokalt.

Ved pluss-minus-metoden vurderer vi at virkningene på fremkommelighet vil være middels negativt og at dette har middels betydning for samfunnet.

Tabell 7-6 oppsummerer vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner av dambrudd.

Tabell 7-6 Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Redusert fremkommelighet	(---)

7.4 Oppsummering

Tabell 7-7 oppsummerer kostnader ved sikringstiltaket og prissatte kostnader ved dambrudd.

Tabell 7-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Votna II	MNOK
<i>Kostnad sikringstiltak</i>	47,2
Konstruksjon	38,6
Tapt produksjon	8,6
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	471,5
For dameier	293,5
Nedstrøms	227,3

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 7-7, finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten i dammen reduseres med 1/306 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd en gang i løpet av 306 år, og bruddsannsynligheten er helt fjernet etter at tiltak er gjennomført. Med andre ord er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten reduseres med 3,26 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-prissatte verdier ikke er medtatt. De ikke prissatte virkningene nedstrøms er gjengitt i Tabell 7-8.

Tabell 7-8 Ikke prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Natur og miljø	(--)
Redusert fremkommelighet	(---)

8. Dam Askjeldalsvatn

Dam Askjeldalsvatnet, byggeår 1975, er en fyllingsdam i Vaksdal kommune i Hordaland. Dammen demmer opp Askjeldalsvatn, som er magasinet til Evanger kraftverk, eid av Bergenshalvøens kommunale kraftselskap (BKK), med en produksjon på ca. 1300 GWh/år (BKK, 2016). Tabell 8-1 oppsummerer nøkkelinformasjon om dammen.

Tabell 8-1 Nøkkelinformasjon om dammen

Dam Askjeldalsvatn	
Damtype	Fyllingsdam
Konsekvensklasse	3
Damhøyde	35 m
Damlengde	370 m
Magasinareal ved HRV	2,86 km ²
HRV	805 moh.
LRV	750 moh.
Magasinvolum	86,7 mill. m ³
Oppdemt volum	64,4 mill. m ³
Vassdrag	Eksingedalsvassdraget
Eier	BKK Produksjon AS

Kilde: NVE Atlas (2016), NVE (2011)

Figur 8-1 viser et oversiktskart over det aktuelle området. Dammen befinner seg på den sørlige delen av Askjeldalsvatn. Vet et eventuelt dambrudd er berørte områder elveleiet gjennom Eksingedalen fra dammen og ut i Eidsfjorden.

Askjeldalsvatnet er i dag klassifisert i konsekvensklasse 3. Etter at nytt regelverk ble gjort gjeldende i januar 2010 gjorde NVE vedtak om at dammen skulle plasseres i klasse 4. Vedtaket ble klaget inn av dameier BKK, og de fikk i juni 2012 medhold i klagen, slik at dammen i dag er plassert i konsekvensklasse 3 (OED, 2012).

Figur 8-1 Askjeldalsvatn med områder nedstrøms



Kilde: NVE Atlas

8.1 Dambruddsbølgeberegninger

Dambruddsbølgeberegninger for Dam Askjeldalsvatn ble utført i 2003 (revidert i 2004) av BKK rådgivning (2004). Videre fremkommer beskrivelser av dambruddbølgen i NVEs vedtaksbrev (NVE, 2011) og oversendelse av klage på klassifisering (NVE, 2011). For fyllingsdammer antas det i beregningene for middelflom at bruddet skjer som følge av indre erosjon. Bruddet skjer gradvis, og fullstendig utviklet brudd er beregnet til å ta 1 time og 34 minutter. Tid for maksimal bruddføring fra bruddets start er beregnet til 55 minutter.

Selve bruddforløpet fra dammen til Eidsfjorden er 45,5 km langt. Total fallhøyde fra HRV til fjorden er 805 m. Fra dambruddbølgeberegningene og studie av kart fremkommer det at bølgen treffer flere områder med bebyggelse. Disse inkluderer Norddalen, Trefall, Brakkestad, Nesheim, Bergo, Binningabø, Lavik, Osen, Flatkvål, Nese, Vetlejord, Poyla, Eikemo, Mysterøyra og Eidslandet. Av disse synes Lavik (22,5 km fra dammen) og Mysterøya/Eidslandet (45,5 km fra dammen) å være områdene med mest bebyggelse.

Bølgefronten når Lavik ca. 50 minutter etter brudd, og bølgetoppen ankommer etter 1 time og 53 minutter. Maksimal vannstiging er her 20,2 m. Bølgetoppen når Myster/Eidslandet etter 2 timer og 22 minutter. Her er maksimal vannstiging 9,4 m.⁹ Maksimal vannstiging over hele bruddforløpet forekommer 1,26 km nedstrøms fra dammen, og er beregnet til 23,7 m.

Over bruddforløpet varierer middelhastighet på bølgetoppen fra 12,3 m/s, 1,3 km fra dammen til 6 m/s ved utløp i fjorden (hhv. 44 og 21 km/t).

er 37 minutter. Dette er ikke konsistent med at den når Lavik, som er oppstrøms for Eidslandet, etter 50 minutter.

⁹ I beregningene utført av BKK rådgivning (2004) er det oppgitt at ankomsttid for bølgefront ved Myster/Eidslandet

Maksimal vannføring varierer fra 15 581 m³/s ved dammen til 9 618 m³/s ved utløp til fjorden.

8.2 Kostnader ved sikringstiltak

Sikringstiltak ble utført på Dam Askjeldalsvatn i perioden 2012-2014. NVE oppgir at kostnadene ved tiltak var 53,5 mil. kr. Kontaktperson i BKK oppgir at tappt produksjon ble vurdert til 2,5 mill. kr i forkant av arbeidene.

Tiltakene ble utløst ved revurdering av dammen, da den ikke ble ansett å være i forskriftsmessig stand. Dette medførte at dammen ble plastret på luftsiden, damkrona ble hevet, samt at tetningskjernen ble hevet. I tillegg ble kapasiteten på flomløpet hevet. BKK opplyser at flomløpet på dammen ble utvidet mer enn kravene i forskriften. Derfor var den faktiske kostnaden ved å få dammen i forskriftsmessig stand noe lavere enn tallet som NVE har oppgitt. Kontaktperson i BKK vurderte kostnadene knyttet til utvidelse av flomløp til 2 mill. kr.

Da tiltakene gjorde dammen mer robust, gjorde kontaktperson et grovt overslag på at vedlikeholdskostnadene av dammen ble redusert med 1-2 millioner kroner over av en 30 års periode.

Totale kostnader ved sikringstiltaket er oppgitt i Tabell 8-2. Kostnadsanslagene er omregnet til 2016-kroner.

Tabell 8-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	54,5
Tappt produksjon i tiltaksperioden	2,5
Endrede drifts- og vedlikeholdskostnader	-1,5
Sum	55,5

8.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på opplysninger fra dameier og gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på Dam Askjeldalsvatn.

8.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Et dambrudd i Askjeldalsvatn vil medføre tapte kraftinntekter over en lengre periode.

All produksjon vil ikke gå tapt, da det fortsatt er vesentlig vannvolum under dammen, og fallhøyden til Evanger kraftverk vil fortsatt være betydelig. BKK anslår at kraftproduksjon ved Evanger kraftverk vil reduseres med om lag 20-30 % uten dammen. Det kommer også frem i NVEs vedtak at Myster kraftverk, et elvekraftverk eid av BKK, vil få full stopp i 6 mnd. Myster har en årlig produksjon på ca. 307 GwH/år.

Kontaktperson i BKK opplyste at damrester må ryddes bort, og at en ny dam må bygges opp igjen fra bunnen av etter et eventuelt dambrudd. Videre gjorde dameier et grovt overslag på at en ny dam vil koste om lag 250 mill kr. Myster kraftverk, som ligger nedstrøms, vil bli skadet. Dameier gjorde et grovt anslag på at reparasjoner og rengjøring av Myster vil ha en kostnad på ca 50 mill. kr.

Kontaktperson i BKK anslår videre at det vil ta 2-3 år å gjenoppbygge dammen etter et brudd. Beregnede kostnader for dameier ved et dambrudd oppsummeres i Tabell 8-3:

Tabell 8-3 Kostnader ved dambrudd, dameier

	Kostnad (MNOK)
Gjenoppbygging dam	250,0
Rengjøring Myster kraftverk	50,0
Tappt kraftproduksjon	215,3
Sum	515,3

Kostnader nedstrøms

I saken mellom BKK og NVE om klassifisering av dam Askjeldalsvatn fremkommer det at det var vesentlige forskjeller i partenes beregninger av antall berørte boenheter.

I følge NVEs klagebrev har BKK anslått henholdsvis 84, 89 og 94 boenheter (NVE, 2011). I OEDs behandling fremkommer det at BKK har beregnet at 82 boenheter blir berørt. I motsetning har NVE anslått 120 berørte boenheter i sine beregninger (OED, 2012). I OED sin behandling ble ikke kvaliteten på partenes beregningsmetoder vurdert. Imidlertid fant OED at BKKs beregningsmåte er i tråd med bestemmelsen slik den fortolkes i damsikkerhetsforskriften.

På den bakgrunn legger vi til grunn BKKs anslag på 82 boenheter i våre beregninger. Imidlertid må det presiseres at det er vesentlig usikkerhet knyttet til dette anslaget.

Vår forståelse av den ovennevnte dokumentasjonen er at BKKs tall inkluderer hytter omregnet til bolig-ekvivalenter basert på oppholdstid relativt til en bolig. Det fremkommer i NVEs vedtak om klassifisering (NVE, 2011) at BKK har beregnet at 75 hytter blir berørt. Dersom BKK har benyttet NVEs omregning til bolig-ekvivalenter basert på oppholdstid, tilsvarer 75 hytter 6 boligekvivalenter (NVE, 2014). I våre beregninger legger vi derfor til grunn at 76 boliger og 75 hytter blir berørt. Med åtte prosents oppholdstid i hytte relativt til bolig, blir dette i sum 82 bolig-ekvivalenter.¹⁰

I NVEs vedtaksbrev fremkommer det at berørte boliger med få unntak vil bli totalskadet. Denne vurderingen er underbygget av svært store vannmengder, en vannstandsstigning på 15-20 meter og gjennomsnittsfart i underkant av 40 km/t gjennom Eksingedalen. I tillegg vil bygg som ikke blir umiddelbart totalskadet få vesentlige skader som følge av erosjon. I våre beregninger legger vi til grunn at samtlige boliger og hytter blir totalskadet, inkludert risiko for drepte for de som befinner seg i boligene. Fordi vi benytter laveste estimat på berørte boenheter, finner vi det også rimelig at samtlige inkluderte boliger antas å bli totalskadet.

Andre typer bygg som berøres er beskrevet i både dambruddsbølgeberegningene fra BKK Rådgivning og i NVEs vedtaksbrev. Disse inkluderer en barne- og ungdomsskole, en barnehage, tre kirker, en liten butikk på Lavik og Eksingedalen Billag sitt kontor (et verksted med garasje). Videre er det beregnet at 16 gårdsbruk blir rammet av dambruddbølgen.

I bruddforløpet går Fv. 344, som senere flettes inn i Rv. 569, fra Nordal bru til Eidslandet i en strekning på 40 km, det vil si langs nesten hele bruddforløpet. Med hensyn til vannstigningen antas at hele veistrekningen, med få unntak, å bli oversvømt. Ved hjelp av kart fra Statens Vegvesen, finner vi også at 10 broer blir berørt på strekningen. I tillegg til direkte skade fra bruddet, er bruddbølgen er også antatt å medføre vesentlige erosjonsskader. På bakgrunn av dette legger vi i analysen til grunn at hele veistrekningen og samtlige broer blir totalskadet og må bygges opp fra grunnen. Det antas videre at samtlige parkerte biler som blir truffet blir totalskadet.

Det er også vesentlig risiko for tap av liv utenfor de berørte boenheterne. I NVEs vedtaksbrev antas at det i snitt er 10 kjøretøy på den aktuelle veistrekningen (basert på opplysningen fra Statens Vegvesen). Imidlertid vurderer BKK at trafikk som kjører i samme retning som bruddbølgen ikke blir direkte rammet da de kan kjøre fortere enn dambruddbølgen. Vi ligger

derfor til grunn at 5 biler blir truffet av dambruddbølgen. I følge estimater fra Transportøkonomisk institutt var det i 2013/14 i snitt 1,55 personer i hver bil (Transportøkonomisk institutt, 2015). Sammenfalt betyr dette at det er i forventning er 7,75 personer i bil som befinner seg i umiddelbar livsfare ved et dambrudd. Disse er antatt å bli drept med sikkerhet betinget på et dambrudd på Askjelldalsvatn.

På sommeren er også Eksingedalen et friluftsområde som bl.a. benyttes til fiske. Ved et dambrudd vil dermed personer som befinner seg i friluft være i umiddelbar livsfare. Det er imidlertid vanskelig å kunne gi gode estimater på antall mennesker som i forventning blir berørt. Som et konservativt anslag er det ikke lagt til grunn at det går tapt menneskelig utover de som oppholder seg i berørte boliger, hytter og biler.

Dersom en vesentlig andel av de berørte hyttene er utleiehytter, er reell oppholdstid i hyttene trolig betydelig høyere enn det som er antatt i NVEs verktøy. Dette innebærer i så fall at risiko for drepte i hytter er høyere enn det vi har lagt til grunn i analysen. Dette virker i retning av at våre beregnede kostnader i form av tapte liv er konservative.

Et eventuelt dambrudd vil etter all sannsynlighet medføre stans i næringsvirksomhet. Dette er både på grunn av at næringsbygg blir ødelagt og som følge av redusert fremkommelighet ved ødelagte veier. Av næringer som blir rammet identifiserer NVE (2011) 16 gårdsbruk, en barne- og ungdomsskole, en barnehage, tre kirker, et verksted og en nærbutikk. Ut fra dette anslår vi at dette er snakk om ca. 45 arbeidsplasser. Som følge av at nevnte bygg sannsynligvis vil bli totalskadd, og at det synes vanskelig å kunne overføre næringsvirksomhet til nærliggende områder på kort sikt, legger vi til grunn en nedetid på 6 måneder på nevnte virksomhet i beregningene. Tabell 8-4 oppsummerer beregninger på kostnadene nedstrøms ved et dambrudd.

Tabell 8-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger	472,1
Infrastruktur	42,2
Andre kostnader	33,3
Personer	504,8
Avbrudd i næring	12,0
Sum	1064,2

¹⁰ Standardverdi for oppholdstid i hytte relativt til bolig har blitt oppjustert til 15 prosent i NVEs nytte/kost-verktøy.

8.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

I NVEs vedtaksbrev fremkommer det at dambrudd-bølgen sannsynligvis vil medføre at jordsmonn og løsmasser blir erodert og ført bort med vannmassene. Dette er skader som må regnes som uopprettelige. Videre beskrives det at store mengder erodert materiale blir ført ut i sjøen og i fjorden. Dette kan forurense og skade økosystemet i fjorden. Naturreservatet ved Nesheimsvatnet er også forventet å bli ødelagt ved et dambrudd.

Samlet sett vurderer vi konsekvenser for natur og miljø til «middels negativt» med liten betydning for samfunnet.

Av kulturminner er det blant annet sannsynlig at Eksingedalen kirke, bygget i 1881, blir ødelagt. Utover dette, har vi lite informasjon om berørte kulturminner. Vi vurderer konsekvenser for kulturminner som «middels negativt» med liten betydning for samfunnet.

Vi bemerker at det er vesentlig usikkerhet knyttet til disse vurderingene.

Tabell 8-5 oppsummerer vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner som følge av et dambrudd

Tabell 8-5 Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	(--)
Kulturminner	(--)

Konsekvenser for andre samfunnsfunksjoner

Rundt 40 km fylkesvei gjennom Eksingedalen er forventet å bli totalskadd ved et eventuelt dambrudd. Til vanlig er det ikke mye trafikk på veien, og det finnes omkjøringsmuligheter.

Imidlertid er det sannsynlig at de som bor i Eksingedalen blir isolert over en lengre tidsperiode frem til en provisorisk vei har blitt bygget. Mobilisering og beredskapsarbeidet som følge av et dambrudd vil trolig også vanskeliggjøres som følge veiskade.

Ved metoden for ikke-prissatte virkninger beskrevet i kapittel 3 vurderer vi virkningen på fremkommelighet som middels negativt, men med små konsekvenser for samfunnet.

Det er også sannsynlig at lokal strømforsyning forsvinner for en periode. Vår forståelse er at brudd i strømforsyningen hovedsakelig vil ramme de berørte områdene. Konsekvensene ved et langvarig strømbrydd er vanligvis store. Imidlertid er store deler av Eksingedalen trolig ubeboelige over en lengre periode, som i praksis begrenser behovet for strømforsyning.

Samlet sett vurderer vi virkningen av lokale strømbrydd som «lite negativt», men med liten betydning for samfunnet.

Tabell 8-6 oppsummerer vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner ved dambrudd.

Tabell 8-6 Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Fremkommelighet	(- -)
Strømforsyning	(-)

8.4 Oppsummering av konsekvenser

Tabell 8-7 oppsummerer kostnader ved sikringstiltak og prissatte og ikke-prissatte verdier som beskyttes.

Tabell 8-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Askjeldalsvatn	MNOK
<i>Kostnad sikringstiltak</i>	55,5
Konstruksjon	54,5
Tapt produksjon	2,5
Endrede vedlikeholdskostnader	-1,5
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	1579,5
For dameier	515,3
Nedstrøms	1064,2

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 8-7, finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige brudds sannsynligheten i dammen reduseres med 1/789 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd en gang i løpet av 789 år, og brudds sannsynligheten er helt fjernet etter at tiltak er gjennomført. Med andre ord er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt

dersom den årlige brudds sannsynligheten reduseres med 1,26 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-

prissatte verdier ikke er medtatt. De ikke prissatte virkningene nedstrøms er gjengitt i Tabell 8-8.

Tabell 8-8 Ikke prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Miljø, kulturlandskap	(- -)
Samfunnsfunksjoner	(-)

9. Dam Skarsfoss

Skarsfossmagasinet ligger i Måna, som er en elv i Tinn kommune i Telemark. Magasinet ligger ca. 7 km nedstrøms for Møsvassdammen. Møsvatnet er Telemarks største innsjø, og ligger der Måna har sitt utspring. Fra Skarsfossdammen renner Måna videre gjennom Vestfjorddalen og Rjukan, før den muner ut i Vestfjorden i Tinnsjø (NVE, 2016).

Skarsfossmagasinet er inntaksmagasinet til Vemork kraftstasjon. Skarsfossdammen ble første gang bygget i perioden 1908-1911. Siden den gang er det utført flere større ombygginger og utskiftninger ved anlegget, og det er bygget ny dam i sin helhet to ganger – i 1960 og i 2012-14 (Norconsult, 2011).

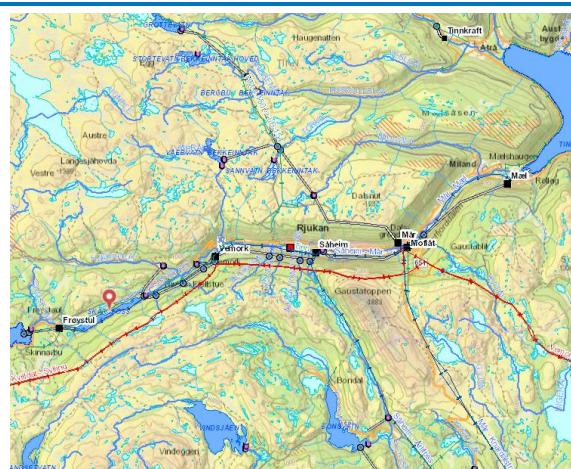
Tabell 9-1 oppsummerer nøkkelinformasjon om dammen, og Figur 9-1 viser et oversiktskart over vassdraget og områdene som blir berørt ved et eventuelt dambrudd.

Tabell 9-1 Nøkkelinformasjon om dammen

Dam Skarsfoss (ny dam)	
Damtype	Betong gravitasjonsdam
Konsekvensklasse	4
Damhøyde	16 (18)
Damlengde	224 (168)
Damkrone/damtopphøyde	859,65 moh.
Magasinareal ved HRV	1,06 km ²
HRV	857,1 moh.
LRV	855,6 moh.
Magasinert volum ved HRV	4 mill. m ³
Oppdemt volum	4 mill. m ³
Vassdrag	Skienvassdraget
Eier	Hydro Energi

Kilde: Norconsult (2006), Skanska (2014) og NVE Atlas (2016)

Figur 9-1 Oversiktskart Skienvassdraget



Kilde: (NVE, 2016)

9.1 Dambruddsbølgeberegning

Norconsult ble i 2006 engasjert av Øst-Telemarkens brukseierforening/Hydro Energi for å gjennomføre dambruddsbølgeberegninger ved dam Møsvatn og dam Skarsfoss (Norconsult, 2006). Bølgeberegningene er dermed utført for dammen fra 1960. Vanstanden i den gamle og den nye dammen er imidlertid lik, slik at et dambrudd vil forløpe på liknende måte.

Dam Skarsfoss har et lite magasin, men er en relativt høy dam. Ved brudd vil dambruddsbølgen følge elva Måna ned Vestfjorddalen til Tinnsjøen. Ved et momentant brudd med middelflom som initialsituasjon vil bølgen nå Rjukan sentrum og overtoppe dam Møeland (11 km nedstrøms) etter om lag en halv time. Bølgetoppen vil komme ca. 10-15 minutter etterpå. Nedstrøms Rjukan vil bølgen passere dam Dale (16 km. nedstrøms) etter ca. 40-45 minutter og renne ut i Tinnsjøen etter om lag 1 time og 20 minutter. (Norconsult, 2006)

Maksimal vannstandstigning som følge av brudd i Skarsfossdammen ved middelflom er på det største 7,2 meter i juvet ved Vemork. Ved Vemork kraftstasjon vil vannstandstigningen være 5,4 meter. Bruddbølgen vil fylle elveløpet og føre til vannstandstigning på 4,4 meter ved Rjukan fabrikk og 4,6 meter ved fabrikkbrua (Rjukan videregående skole). Videre nedover varierer vannstandstigningen fra 4,2 meter til 2,2 meter ved brudd ved middelflom.

Dambruddsbølgen vil gi skader på bosetning og næring langs elva. Av viktige offentlige bygg og næringsbygg vil Såheim kraftstasjon, Dale Bakhus barnehage, Rjukan videregående skole og Svådde industriområde være berørt av bølgen. Ifølge

Norconsult må også alle bruer på veien regnes som skadde eller ødelagte. Basert på kartdata synes det å være om lag 16 større og mindre bruer som krysser vassdraget på strekningen mellom Skarsfossmagasinet og Tinnsjøen (NVE, 2016).

Norconsult har i rapporten telt opp hvor mange boliger og andre bygg som vil være berørt av et brudd ved 1000-årsflom, og beregnet hva dette tilsvarer i boligekvivalenter i henhold til NVEs retningslinjer. Av dambruddsbølgeberegningen ser vi at det er liten forskjell på maksimal vannstand (bølgetopp) ved dambrudd i de to flomsituasjonene. Vi legger derfor til grunn at antall berørte bygninger og boligekvivalenter vil være det samme i en middelflomsituasjon.

Av bygg som kan omgjøres til boligekvivalenter er det beregnet at bølgen vil berøre fem bygg på en campingplass, Rjukan videregående skole der det går 270 elever, 144 boliger og 29 næringsbygg. Til sammen utgjør det 169 boligekvivalenter.

9.2 Kostnader ved sikringstiltak

I perioden 2012-14 ble det utført store arbeider i flere av Hydros anlegg i Skienvassdraget. Noen av tiltakene var for å oppfylle myndighetskrav, mens andre tiltak ville øke lønnsomheten i anleggene.

Det største tiltaket var bygging av ny dam på Skarsfoss. Arbeidene ved Skarsfoss ble utført av Skanska og omfattet blant annet bygging av ny inntakslukekonstruksjon, bygging av ny dam, tømning av magasin mellom eksisterende og gammel dam (16 uker i 2012 og 16 uker i 2014) og riving av gammel dam (Norsk Hydro, 2011) (Norconsult, 2011).

Den nye Skarsfossdammen er en gravitasjonsdam i massiv betong, fundamentert på fjell. Dammen er totalt 168 meter lang og har største høyde cirka 18 meter. Over hele dammen går en kjørebri med 4 meters bredde (Skanska, 2014).

Dammen fra 1960, som ble revet ved bygging av ny dam, var en betongplatedam med massivdam i tilslutningene til terrenget på begge ender. Den nye dammen ble plassert nedstrøms for dammen fra 1960. Den opprinnelige dammen fra 1911 er bevart og ligger inne i det nye magasinet.

NVE har opplyst kostnaden ved tiltakene var 127 millioner. I tillegg medførte konstruksjonen et produksjonstap på 90 mill. kr.

Kontaktperson i Hydro informerte om at tiltakene ble utført som konsekvens av forskriftsendring. Videre fikk vi opplyst at det trolig ville blitt gjort tiltak med en kostnadsramme på 10-20 mill. kr i fravær av endret forskrift. Et slikt tiltak ville også ha medført stans i

kraftproduksjonen i en kort periode. Videre mente kontaktperson i Hydro at vedlikeholdskostnadene ved dammen ikke har endret seg som følge av tiltaket.

På grunnlag av at noen tiltak hadde blitt gjennomført i fravær av forskriftsendringer, trekker vi 15 mill. kr fra tiltakskostnadene.

Tabell 9-2 oppsummerer kostnader knyttet til gjennomføring av sikringstiltakene, i 2016-kroner.

Tabell 9-2 Kostnader ved sikringstiltak

	Kostnad (MNOK)
Tiltakskostnad	118,7
Tapt produksjon i tiltaksperioden	90,0
Endrede drifts- og vedlikeholdskostnader	0,0
Sum	208,7

9.3 Kostnader ved dambrudd

Basert på opplysninger fra dameier og gjennomførte dambruddsbølgeberegninger beskriver vi i det følgende hvilke kostnader som vil oppstå ved et eventuelt brudd på dam Skarsfoss.

9.3.1 Prissatte virkninger

Prissatte konsekvenser ved dambrudd inkluderer kostnader som følge av skade på dam og magasin, og mennesker og materiell nedstrøms for dammen.

Kostnader for dameier

Et dambrudd på Skarsfoss vil medføre tappt kraftproduksjon. Skarsfoss er inntaksmagasin til Vemork kraftstasjon, eid av Norsk Hydro. Kraftverket har en midlere årsproduksjon på 1233 GWh/år (Norsk Hydro, 2016). Kontaktperson i Hydro anslår at det tar 2-3 år å bygge en ny dam etter et brudd. I analysen legger vi til grunn bortfall i kraftproduksjon på tre år. Utover tappt produksjon på Vemork, vil et eventuelt dambrudd også påvirke kraftproduksjonen nedover Rjukan-strengen. I korrespondanse med Hydro ble det anslått at kraftstasjonene Såheim (117 GWh/år), Moflåt (175 GWh/år) og Mæl (235 GWh/år) ville ha nedetid på ca. et halvt år.

Vi fikk opplyst at gjenoppbygging av dam til gammel standard (før tiltak), kunne koste ca. 100 mill. kr. Hovedårsaken til at en dam til gammel standard ville koste noe mindre enn nåværende dam er at det vil brukes noe mindre betong i konstruksjonen.

Tabell 9-3 oppsummerer beregnede kostnader som påføres dameier som følge av et dambrudd.

Tabell 9-3 Kostnader ved dambrudd, dameier

	Kostnad (MNOK)
Gjenoppbygging	100,0
Tapt kraftproduksjon	306,7
Sum	406,7

Kostnader nedstrøms

Det er oppgitt i dambølgeberegningene at en dambruddbølge vil berøre 144 boliger, 29 næringsbygg, fem bygg på en campingplass samt Rjukan videregående skole.

Skadegrad er ikke nærmere beskrevet i dambruddsbølgeberegningene. Imidlertid fremkommer det av dambruddskartene at berørte områder begrenser seg til områdene som ligger rett ved elveleiet. Kontaktperson i Hydro anslo at omtrent halvparten av de berørte byggene kunne bli totalødelagt. Ut fra denne informasjonen, antar vi i våre beregninger at halvparten av boligene og næringsbyggene blir totalskadet, mens resten får flomlignende vannskader. I henhold til verdier i flom- og skredverktøyet til NVE antas det i analysen at det kun er i totalskadede boliger at det er risiko for tap av menneskeliv. Fra dambruddsbølgekartene fremkommer det videre at Rjukan videregående skole kun vil bli delvis berørt av en dambruddsbølge. Denne antas derfor å kun bli delvis skadet uten livsfare for personer som befinner seg inne i skolebygget.

Av vei legger vi til grunn at 16 broer over elva blir totalskadet. Videre anslår kontaktperson i Hydro at ca. 5 km vei på begge sider kan bli totalskadet.

Det er også fare for drepte som befinner seg utenfor bygg. Imidlertid er områdene direkte berørt av bruddbølgen relativt smalt, slik at man har muligheter til å komme seg på sikker grunn på relativt kort tid. Kontaktperson i Hydro opplyser at det er turveier direkte nedstrøms, samt at det foregår iskltring i Rjukanfossen på vintertid. Personer som befinner seg i disse områdene vil trolig være i umiddelbar livsfare ved et dambrudd. Disse inkluderes imidlertid ikke med i våre beregninger, og behandles som usikkerhet.

Av næringsvirksomhet er det oppgitt at 29 næringsbygg er berørt. I tillegg er en videregående skole med 40 ansatte rammet. Utover undervisningssektoren, har vi ingen informasjon om hva slags næringer som blir berørt. Vi legger til grunn at næring som tilsvarende 160 arbeidsplasser får full stopp i 20 arbeidsdager (en måned). Her må det imidlertid presiseres at det er

vesentlig usikkerhet med hensyn til både omfang og nedetid.

Tabell 9-4 viser prissatte kostnader som følge av skader nedstrøms ved et dambrudd.

Tabell 9-4 Kostnader ved dambrudd, nedstrøms

	Kostnad (MNOK)
Bygninger	492,4
Infrastruktur	29,4
Andre kostnader	33,8
Personer	210,5
Avbrudd i næring	7,1
Sum	773,3

9.3.2 Ikke prissatte virkninger

Konsekvenser av dambrudd for natur, miljø og kulturminner, og for viktige samfunnsfunksjoner, er vanskelige å prissette og vurderes derfor kvalitativt.

Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Av naturverdier vil en dambruddsbølge ved brudd på Skarsfoss hovedsakelig berøre områdene nær elveleiet fra dammen og ut i Tinnsjø. Det er sannsynlig at selve bølgen og påfølgende erosjon kan gjøre skade på naturverdier direkte nedstrøms fra dammen, samt kulturlandskap på strekningen mellom Rjukan og Tinnsjø. Basert på informasjonen vi har, regnes det imidlertid som lite trolig at uopprettelige naturskader vil forekomme.

Med pluss-minus-metoden anser vi skadeomfanget på natur og miljø som «lite negativt» og med liten betydning for samfunnet.

Rjukan ble sammen med Notodden oppført på UNESCOs Verdensarvsliste i 2015 («Rjukan-Notodden Industrial Heritage Site»)¹¹ Bakgrunnen for at området har blitt definert som et område av spesiell kulturell verdi er hovedsakelig knyttet til Rjukan sin industrielle historie. Ødeleggelse av fredete bygg må derfor regnes å gjøre uopprettelig skade på verdens kulturarv.

Ut fra dokumentasjonen vi har fått tilgang til, finner vi ikke at fredete bygg og andre viktige kulturminner blir direkte berørt av en dambruddsbølge ved brudd på Dam Skarsfoss. Eksempelvis fremkommer det av dambruddsbølgekartene at Rjukan fabrikk ligger for høyt over elveleiet til å bli direkte rammet. Imidlertid finnes det andre viktige kulturminner andre steder på strekningen som kan bli berørt.

¹¹ <http://whc.unesco.org/en/list/1486>

Samlet vurderer vi skadeomfanget på kulturminner som «middels negativt» og med stor betydning for samfunnet.

Det presiseres at informasjonsgrunnlaget til å vurdere om kulturarv kan gå tapt er begrenset. Dermed er det stor usikkerhet knyttet til denne vurderingen.

Tabell 9-5 oppsummer vurderingen av konsekvenser for natur, miljø og kulturminner ved dambrudd.

Tabell 9-5 Konsekvenser for natur, miljø og kulturminner

Tema	Virkning
Natur og miljø	(-)
Kulturminner	(----)

Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Dambruddsbølge og påfølgende erosjon vil etter all sannsynlighet gjøre skader på vei. Blant annet vil flere broer over Måna trolig bli ødelagt slik at det i en periode vil være vanskelig å forflytte seg på tvers av Rjukan. Imidlertid er det sannsynlig at midlertidige broer vil kunne bli satt opp på relativt kort tid, slik at reduksjon i fremkommelighet innad på Rjukan blir begrenset.

Rv. 37 er hovedveien gjennom Rjukan. Den største delen av veistrekningen ligger for høyt til å bli direkte rammet av bruddbølgen. Imidlertid er det ikke usannsynlig at det kan forekomme veibrudd på deler av strekningen. Dette vil medføre en omkjøring på ca. 2 timer (100 km) mellom Rjukan og Kongsberg. Det er imidlertid sannsynlig at perioden med omkjøring vil være kort. Samlet vurderes konsekvenser knyttet til redusert fremkommelighet som lite negativt med liten betydning for samfunnet.

Vi har ikke identifisert risiko for bortfall av strømmett eller andre viktige samfunnsfunksjoner.

Tabell 9-6 oppsummerer vurderingen av konsekvenser for samfunnsfunksjoner ved dambrudd.

Tabell 9-6 Konsekvenser for samfunnsfunksjoner

Tema	Virkning
Redusert fremkommelighet	(-)

9.4 Oppsummering

Tabell 9-7 oppsummerer kostnader ved sikringstiltaket og prissatte kostnader ved dambrudd.

Tabell 9-7 Oppsummering prissatte virkninger

Dam Skarsfoss	MNOK
<i>Kostnad sikringstiltak</i>	208,7
Konstruksjon	118,7
Tapt produksjon	90,0
<i>Prissatte virkninger ved dambrudd</i>	1180,0
For dameier	406,7
Nedstrøms	773,3

Basert på de prissatte virkningene i Tabell 9-7, finner vi at sikringstiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten i dammen reduseres med 1/157 eller mer.

Det vil si at tiltaket er samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom dammen uten tiltak er forventet å gå i brudd en gang i løpet av 157 år, og bruddsannsynligheten er helt fjernet etter at tiltak er gjennomført. Med andre ord er tiltaket samfunnsøkonomisk lønnsomt dersom den årlige bruddsannsynligheten reduseres med 6,36 promille.

Vi understreker imidlertid at det er vesentlig usikkerhet knyttet til både skadegrad og til de utførte dambruddsbølgeberegningene. Resultatene må derfor tolkes med varsomhet.

I tillegg undervurderer break-even beregningen den samfunnsøkonomiske lønnsomheten ettersom ikke-prissatte verdier ikke er medtatt. De ikke prissatte virkningene nedstrøms er gjengitt i Tabell 9-8.

Tabell 9-8 Ikke prissatte virkninger ved dambrudd

Tema	Virkning
Natur og miljø	(-)
Kulturminner	(----)
Redusert fremkommelighet	(-)

10. Konklusjoner og anbefalinger

Formålet med utredningen har vært å gjøre en samfunnsøkonomisk analyse av tiltak som er iverksatt for å oppfylle krav i damsikkerhetsforskriften. Tiltakene i denne sammenheng er utbedringstiltak for å sikre at selve damkonstruksjonen er i forskriftsmessig stand.

En oppsummering av resultatene fra analysen er gitt i Tabell 10-1 under. Vi presiserer at tallene er beheftet med usikkerhet. Særlig gjelder det anslagene på kostnader som vil oppstå nedstrøms ved et eventuelt dambrudd. Bakgrunnen er betydelig usikkerhet knyttet til skadeomfang og skadegrad på berørte verdier nedstrøms og sannsynligheten for tap av menneskeliv. I beregningene har vi lagt til grunn konservative anslag. Det er dermed mer sannsynlig at kostnadene ved et dambrudd blir større enn det som fremkommer i analysen av den enkelte dam, enn at de blir mindre.

Som det kan leses i tabellen er det variasjon i både kostnadene ved å gjennomføre sikringstiltak og de samfunnsøkonomiske kostnadene ved dambrudd. Til en viss grad øker kostnadene ved sikringstiltak med de estimerte samfunnsøkonomiske kostnadene ved

dambrudd. Dette knytter seg blant annet til at større tiltak har blitt gjennomført på dammer i høyere konsekvensklasser der kravene med hensyn til bl.a. stabilitet og flomløp i henhold til damsikkerhetsforskriften er strengere. Videre korrelerer samfunnsøkonomiske kostnader ved dambrudd positivt med konsekvensklasse.

Imidlertid er det variasjon i beregningene som ikke alene kan forklares av konsekvensklasser. Et interessant funn er at det ved et brudd ved Askjeldalsvatn, som er en dam i konsekvensklasse 3, er de estimerte prissatte samfunnsøkonomiske kostnadene vesentlig større enn ved Skarsfoss, som tilhører konsekvensklasse 4. Bakgrunnen for forskjellige klasser er at et brudd på Skarsfoss berører flere boenheter sammenlignet med Askjeldalsvatn. Imidlertid synes skadepotensiale, herunder risiko for drepte, å være større ved et brudd på Askjeldalsvatn. Dette resulterer i at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et dambrudd blir større.

Tabell 10-1 Sammen drag kostnader ved sikringstiltak og samfunnsøkonomiske kostnader ved dambrudd, tall i MNOK

	Skidvann	Kleiveland	Hafstad	Votna II	Askjeldalsvatn	Skarsfoss
Konsekvensklasse	2	2	2	3	3	4
Kostnad sikringstiltak	8,4	4,5	16,2	47,2	55,5	208,7
Samf.øk kostnader ved dambrudd	72,5	59,9	139,8	471,5	1579,5	1180,0
Kostnader dameier	55,0	30,0	56,5	293,5	515,3	406,7
Kostnader nedstrøms	17,5	29,9	83,3	227,3	1064,2	773,3
Break-even nivå for lønnsomhet (reduksjon i årlig brudds sannsynlighet)	1/239	1/369	1/239	1/306	1/789	1/157
Natur og miljø	(-)	(0)	(-)	(--)	(--)	(-)
Kulturminner	(-)	(0)	(-)	(0)	(--)	(---)
Fremkommelighet	(-)	(-)	(-)	(---)	(- -)	(-)
Drikkevannsforsyning	(---)	(---)	0	0	0	0

Strømforsyning	0	0	0	0	(-)	0
----------------	---	---	---	---	-----	---

Ser vi nærmere på tabellen er et gjennomgående funn at kostnader for dameiere ved et eventuelt dambrudd i er forholdsvis store, og det er kostnader knyttet til både gjenoppbygging av dammen og tapt kraftproduksjon. Dette innebærer at insentivene dameiere har til å sikre damanleggene i stor grad er ivaretatt. Imidlertid viser analysene at dambrudd også medfører vesentlige kostnader i form av skade på mennesker, miljø og eiendom nedstrøms. Da det ikke er åpenbart at dameiere tar hensyn til alle disse kostnadene i sine vurderinger, bygger analysen opp om gjeldende regler og forskrifter regulering som stiller krav til sikkerhet utover dameiernes vurderinger.

Det er også storvariasjon i de samfunnsøkonomiske kostnadene som påløper dersom et dambrudd skulle forekomme. Til en viss grad er de prissatte samfunnsøkonomiske kostnadene større for høyere konsekvensklasser. Imidlertid finner vi at de samfunnsøkonomiske kostnadene ved et dambrudd på Dam Askjeldalsvatn (klasse 3) er høyere enn Dam Skarsfoss (klasse 4). Bakgrunnen for dette er blant annet at skadegraden på berørte boenheter er større

ved et brudd ved Askjeldalsvatn sammenlignet med Skarsfoss, til tross for at flere boenheter berøres nedstrøms Skarsfoss.

Det er behov for å vurdere om klassifiseringskriteriene i damsikkerhetsforskriften i større grad burde hensynta skadegrad. I forskriftens §4-2 om klassifiseringskriterier med hensyn til berørte boenheter heter det blant annet at «(D)et skal vurderes om bruddvannføring, vannstandsending eller vannstråle kan berøre boliger eller andre bygninger, og steder der mennesker oppholder seg over noe tid». Betydningen av eksempelvis «(berørte boenheter)» spenner vidt, og kan bety alt fra vannskade på sokkel, til totalødeleggelse med vesentlig risiko for liv og helse.

Dersom klassifiseringen av dammer skal ta hensyn til skadegrad på berørte verdier vil det være behov for at dambruddsbølgeberegninger i større grad beskriver forventede ødeleggelser. En slik analyse vil sannsynligvis være lite ressurskrevende å gjennomføre, og den vil samtidig gi et bedre grunnlag til å vurdere konsekvensene nedstrøms av et eventuelt dambrudd

11. Referanser

- BKK Rådgivning, 2004. *Dambrodsbølgeutrekning - Eksingedalsvassdraget*, s.l.: s.n.
- BKK, 2016. *Vannkraft Evanger*. [Internett]
Available at: <https://www.bkk.no/vannkraft/evanger>
[Funnet 2 12 2016].
- Farrow, S. & Shapiro, S., 2009. The Benefit-Cost Analysis of Security Focused Regulations. *Journal of Homeland Security and Emergency Management*, Volum 6.
- Farsund kommune, 2015. *Rehabilitering Dam Kleiveland*. [Internett]
Available at: <https://doffin.no/Notice/Details/2015-041561>
[Funnet 4 11 2016].
- Finansdepartementet, 2014. *Prinsipper og krav ved utarbeidelse av samfunnsøkonomiske analyser mv.*, R-109/14. s.l.:s.n.
- Lista bygg, 2016. *Utbedring dam Kleiveland*. [Internett]
Available at: http://lista-bygg.no/project_item/utbedring-dam-kleiveland/
[Funnet 4 11 2016].
- Norconsult, 2006. *Dambrotsbølgerkning: strenkninga Møsvatn - utløp Tinnsjøen, strekninga Skarsfoss - utløp Tinnsjøen*, s.l.: Norconsult.
- Norconsult, 2008. *Hydro Røldal-Suldal Energi - Dambruddsbølgeberegning*, s.l.: Norconsult.
- Norconsult, 2011. *Arealbruksplan Skarsfoss*. [Internett]
Available at:
<http://www.skarsfoss.no/doc/admin/Arealbruksplan-Skarsfoss-utkast-18-04-11.pdf>
[Funnet 7 11 2016].
- Norconsult, 2012. *Dam Kleiveland - Revurderingsrapport*, s.l.: Norconsult.
- Norconsult, 2012. *Farsund kommune - Dambruddsbølgeberegning Dam Kleiveland*, s.l.: Norconsult.
- Norconsult, 2013. *Forenklet dambruddsbølgeberegninger Dam Skidvann*, s.l.: Norconsult.
- Norconsult, 2013. *Forenklet dambruddsbølgeberegninger: Dam Skidvann*.
- Norconsult, 2014. *NVEs virksomhet for tilsyn med dammer - Evaluering av tilsynet*, Oslo: Olje- og energidepartementet.
- Norsk Hydro, 2016. *Kraftverkene våre - Novle*. [Internett]
Available at: <http://www.hydro.com/no/Hydro-i-Norge/Var-virksomhet/Vannkraft/Kraftverkene-vare/Novle/>
[Funnet 4 11 2016].
- Norsk Hydro, 2011. *Skarsfoss*. [Internett]
Available at: <http://skarfoss.no/doc/admin/2011-2014-Skarsfoss-Hytteforening.pdf>
[Funnet 7 11 2016].
- Norsk Hydro, 2016. *Kraftverkene våre - Røldal*. [Internett]
Available at: <http://www.hydro.com/no/Hydro-i-Norge/Var-virksomhet/Vannkraft/Kraftverkene-vare/Roldal/>
[Funnet 4 11 2016].
- Norsk Hydro, 2016. *Kraftverkene våre - Telemark*. [Internett]
Available at: <http://www.hydro.com/no/hydro-i-norge/var-virksomhet/Vannkraft/kraftverkene-vare/telemark>
[Funnet 5 11 2016].
- Norsk Vannforening, 2007. *Portal Tekna*. [Internett]
Available at:
<https://portal.tekna.no/ikbViewer/Content/407725/Anders%20Grimnes.pdf>
[Funnet 8 11 2016].
- NOU 2012:16, 2016. *Samfunnsøkonomiske analyser*, s.l.: s.n.
- NVE, 2005. *Retningslinjer for betongdammer*, Oslo: NVE.
- NVE, 2009. *Retningslinjer for dambruddsbølgeberegninger*, Oslo: NVE.
- NVE, 2011. *Dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget, Vaksdal kommune - ny vurdering av klassifisering- Vedtak. Juni*.
- NVE, 2011. *Oversendelse av klage på klassifisering av dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget*, s.l.: s.n.
- NVE, 2012. *Veileder 4/2012, Veileder for fyllingsdammer*, Oslo: NVE.
- NVE, 2013. *Dammer som kulturminner*, Oslo: NVE.
- NVE, 2014. *Veileder 3/2014, Veileder til damsikkerhetsforskriften. Klassifisering av vassdragsanlegg*, Oslo: NVE.

NVE, 2015. *Rapport 94/2015 Klimaendringer og damsikkerhet: Analyse av dammers sårbarhet for økte flommer*, Oslo: NVE.

NVE, 2016. *NVE Atlas*. [Internett]

Available at:

<https://atlas.nve.no/html5Viewer/?viewer=nveatlas>
[Funnet 4 11 2016].

NVE, 2016. *Rapport 2/2016, Kostnader i energisektoren*, s.l.: s.n.

NVE, 2016. *Statens vegvesen*. [Internett]

Available at:

http://www.vegvesen.no/attachment/703665/binar_y/988950?fast_title=200+%C3%A5rs+flom+%E2%80%93+oppklaring+om+begrepsforvirring.pdf
[Funnet 17 11 2016].

NVE, 2016. *Votna II, Odda, Hordaland*. [Internett]

Available at: <https://www.nve.no/vann-vassdrag-og-miljo/kulturminner/dammer/votna-ii-odda-hordaland/>
[Funnet 3 11 2016].

NVE, 2017. *NVEs database for dammer og andre vassdragsanlegg (SIV)*. Oslo: NVE.

OED, 2012. *BKK Produksjon AS. Klage på NVEs vedtak om klassifisering av dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget*, s.l.: s.n.

Skanska, 2014. *Skanska - prosjekter*. [Internett]

Available at:

<http://www.skanska.no/no/prosjekter/prosjekt/?pid=>

263

[Funnet 7 11 2016].

SSB, 2016. *Byggekostindeks for veganlegg, 4. kvartal 2016*. [Internett]

Available at: <https://www.ssb.no/priser-og-prisindekser/statistikker/bkianl>

[Funnet 7 11 2016].

Statkraft, 2016. *Våre kraftverk og kontorer - Norge - Novle*. [Internett]

Available at:

<http://www.statkraft.no/Energikilder/vaare-kraftverk/norge/Novle/>

[Funnet 4 11 2016].

Store norske leksikon, 2015. *SNL - Vemork kraftverk*. [Internett]

Available at: https://snl.no/Vemork_kraftverk

[Funnet 7 11 2016].

Sweco, 2013. *Dambruddsberegninger for dam Hafstad*, s.l.: Sweco.

Sweco, 2016. *Damsikkerhet i et helhetlig perspektiv - fremtidige oppgraderingsbehov av dammer*, s.l.: Energi Norge.

Transportøkonomisk institutt, 2015.

Reisevaneundersøkelsen 2013/14, s.l.: s.n.

Vedlegg 1: Anvendelse av NVEs nytte-/kostnadsverktøy til flom- og skredsikringstiltak

I dette vedlegget gis en kortfattet beskrivelse av nytte-/kostverktøyet til flom- og skredsikringstiltak som blir benyttet i Skred- og vassdragsavdelingen i NVE («SV-verktøyet»). Videre gis en forklaring på hvordan verktøyet har blitt anvendt i utredningen. En kortfattet beskrivelse av hvordan verktøyet benyttes er også gitt i kapittel 3.2. En uttømmende beskrivelse av verktøyet er gitt i dokumentet «Nytte/kost-verktøy NKA v1.07 – Brukerveiledning».

Verktøyet benyttes internt i NVE, og brukes til å gi et bedre beslutningsgrunnlag av prioritering av fysiske tiltak mot ulike typer flom og skred. På bakgrunn av at det er vanskelig å vurdere risiko for dambrudd, og videre hvor mye sikringstiltak reduserer risikoen, har det ikke vært mulig å benytte SV-verktøyet til å gjennomføre en full nytte-/kostnadsanalyse i den aktuelle utredningen.¹²

I den aktuelle analysen har vi benyttet verktøyet til å beregne noen av de prissatte konsekvensene nedstrøms ved et eventuelt dambrudd. Disse er:

- Skade på bygninger
- Sannsynlighet for tap av liv
- Skade på veier
- Omkjøringer ved veistenging
- Skade på biler
- Mobilisering og skaderedusering
- Rydding av totalskadet bygning
- Husleie i renoverings- og nybyggingsperiode

Kostnader knyttet til mobilisering og skaderedusering er beregnet til 5 prosent av materielle skader. Rydding av totalskadet bygning er satt til 175 000 kr per totalskadde hus. Konsekvenser tilknyttet de tre siste kulepunktene er klassifisert som «andre kostnader» i rapporten. Samtlige prissatte verdier i verktøyet er realprisjustert til 2016-kroner.

Skadegrad av de nevnte verdiene avhenger av hendelsestype. I utredningen har vi benyttet verdiene for «flomskred» i tilfeller der vi anser at det er risiko for drepte og «flom» i tilfeller der det kun er materielle skader.

For å beregne risiko for tap av liv benytter verktøyet såkalte personekvivalenter per bygningstype basert på hvor mange som i gjennomsnitt befinner seg i et gitt bygg på et tilfeldig valgt tidspunkt. Verktøyets personekvivalenter for bolighus og hytte er gjengitt i Tabell 0-1.

Tabell 0-1 Personekvivalenter for bolig og hytte

Bygningstype	Personekv.
Bolighus	1,58
Hytte	0,23

Kilde: NVE, «Nytte/kost-verktøy NKA-2016 v1.07, brukerveiledning»

¹² Se for øvrig kapittel 3 for diskusjon av ukjente sannsynligheter

Tabell 0-2 Utvalg av byggekostnader, skadegrad og sårbarhet for liv

Profil bygninger	2016	Flom			Flomskred/sørpeskred			
		Bygge- kost	Under- etasje	0-1 m over sokkel	>1 m	Under- etasje	0-1 m over sokkel	>1 m
	kr/m ²	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1	0-1
Skur, garasje	5190	0,01	0,1	0,5	0,01	0,1	0,8	0
Hytte	10 380	0,02	0,4	0,8	0,02	0,4	0,8	0,1
Bolig, tre	19 895	0,05	0,4	0,8	0,05	0,4	0,8	0,05
Driftsbygninger o.l	10 380	0,01	0,1	0,3	0,01	0,1	0,6	0
Næringsbygg, tre	17 300	0,05	0,4	0,6	0,05	0,4	0,7	0
Skoler, aldersbolig, m.m.	25 950	0,05	0,4	0,6	0,05	0,4	0,7	0,01

Kilde: NVE, «Nytte/kost-verktøy NKA-2016 v1.07, brukerveiledning

Materielle skader på bygg er definert som kostnaden ved gjenoppbygging eller renovering. Verktøyets verdier for kvadratmeterpris for et utvalg av bygningstyper gjengitt i Tabell 0-2. Videre angir den skadegrad som en verdi mellom 0 og 1. Videre avhenger skadegraden av hvorvidt bygget får vann i kjeller, vandndyp mellom 0 og 1 meter over sokkel, eller vandndyp over 1 meter over sokkel.

I verktøyet kan man selv tilpasse kvadratmeterstørrelsen på de forskjellige bygningstypene. I denne utredningen har vi benyttet de standardverdiene i verktøyet.

Tabellen angir også sannsynlighet for drepte i kolonnen «Sårbarhet for liv». Verktøyet antar at det ikke er risiko for drepte ved flom, og at personer i bygningene befinner seg i livsfare ved flomskred. Eksempelvis fremkommer det i tabellen at dersom en bolig blir utsatt for over 1 m vann over sokkel ved et flomskred, så blir vedkommende i boligen drept med sannsynlighet 0,05. Med 1,58 personekvivalenter innebærer dette at det i forventning går 0,079 liv tapt per totalskadde bolig, alternativt at det i forventning går ett liv tapt per ~13. totalskadde bolig. Beregning av verdi av statistisk liv blir så kalkulert i verktøyet.

Av skader på infrastruktur inkluderer verktøyet skader på biler (102 978 kr per bil), og meterkostnad ved forskjellige veityper. Tabell 0-3 gjengir verktøyets meterpriser på et utvalg veier.

Tabell 0-3 Pris per meter vei

Infrastruktur	Kr/m
Kommunal vei, asfalt	20 576
Fylkesvei	61 727
Riksvei, 2 kj. baner	82 302
Riksvei, 4 kj.baner	144 029

Kilde: NVE, «Nytte/kost-verktøy NKA-2016 v1.07, brukerveiledning»

I dambruddsbølgeberegningene for flere av dammene som er inkludert i denne utredningen er det beskrevet at flere broer blir berørt. Kostnad for broer er ikke benyttet i SV-verktøyet. Her har vi gjort en antakelse på kostnadene ved en bro tilsvarende 250 m firefeltsvei.

Vedlegg 2: Primærkilder

I de gjennomførte analysene av de seks dammene har vi basert oss på dokumentasjon på utførte dambruddsbølgeberegninger, intervjuer med dameiere og vassdragsteknisk ansvarlig og kontakt med NVE. I det følgende gis en oppstilling av primærkilder som har blitt brukt som grunnlagsdata til de gjennomførte analysene.

Dam Hafstadvatnet

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- Nordmøre Energiverk AS, DBBB – «Klassifisering av dam Hafstadvatnet», 2013
- Sweco, «Dambruddsbølgeberegning for dam Hafstad», 2013

Dameier er Nordmøre Energiverk AS (NEAS). Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende representater i NEAS:

- Leif Hafstad, Nordmøre Energiverk AS
- Edvin Bakken (VTA), Nordmøre Energiverk AS

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

Dam Skidvann

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- Norconsult, «Forenklet dambruddsbølgeberegninger – dam Skidvann», 2013

Dameier er Farsund kommune Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende i Farsund kommune:

- Ole André Tollisen, vassdragsteknisk ansvarlig, Farsund kommune

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

Dam Kleiveland

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- Norconsult, «Dambruddsbølgeberegninger – dam Kleiveland», 2012

Dameier er Farsund kommune Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende i Farsund kommune:

- Ole André Tollisen, vassdragsteknisk ansvarlig, Farsund kommune

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

Dam Skarsfoss

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- Norconsult, «Dambrotsbølgeberegning, Strekinga Møsvatn – Utløp Tinnsjøen, Strekinga Skarsfoss – Utløp Tinnsjøen»

Dameier er Hydro Energi AS. Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende i Hydro:

- Stein Gunleiksrud, Hydro Energi AS

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

Dam Votna II

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- Norconsult, «Dambruddsbølgeberegning strekingene Valldalen – Sand, Middyrvatna – Røldalsvatn, Kaldevatn nord – Sand, Kaldevatn sør – Suldalsvan, Kvandalsfoss – Suldalsvatn, Holmavatn – Suldalsvatn», 2008

Dameier er Hydro Energi AS. Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende i Hydro:

- Tor Inge Havrevoll, Hydro Energi AS

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

Dam Askjeldalsvatn

Skriftlig dokumentasjon som gir beskrivelse av konsekvensene ved dambrudd, samt teknisk informasjon vedrørende damkonstruksjonen.

- BKK Rådgivning, «Dambrotsbølgeutrekning, Eksingedalsvassdraget», 2004

- NVE, «Dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget, Vaksdal kommunr – ny vurdering av klassifisering – Vedtak», 2011
- NVE, «Oversendelse av klage på klassifisering av dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget», 2011
- Olje- og energidepartementet, «BKK Produksjon AS. Klage på NVEs vedtak om klassifisering av dam Askjelldalsvatn i Eksingedalsvassdraget», 2012

Dameier er BKK. Vi har gjennomført telefonintervjuer og mottatt komplementerende informasjon over e-post fra følgende i BKK:

- Knut Kinne, BKK

Videre har vi mottatt informasjon vedrørende tiltakskostnader fra Seksjon for damsikkerhet i NVE.

oslo**economics**

www.osloeconomics.no

post@osloeconomics.no
Tel: +47 21 99 28 00
Fax: +47 96 63 00 90

Besøksadresse:
Dronning Mauds Gate 10
0250 Oslo

Postadresse:
Postboks 1540 Vika
0117 Oslo



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95
Internett: www.nve.no

