

# SamVann – Samfunnsøkonomisk verdi av flomdemping fra vannkraftregulering

## DEL 1: Innovasjonen

### 1. Overordnet idé

Flom skaper omfattende skader på bygninger, infrastruktur og landarealer, og dette er forventet å øke i en fremtid der klimaendringer fører til økt hyppighet og størrelse av flom, særlig i form av regnflommer [1]. I 2019 var forsikringsutbetalingene for flomskader på private bygninger 104 millioner kroner [2], og naturskadeerstatning for privat infrastruktur utgjorde 67 millioner kroner [3]. I tillegg kommer direkte kostnader på kommunal, fylkeskommunal og statlig eiendom og infrastruktur, indirekte skader som avbruddskostnader og økonomiske ringvirkninger av disse, samt kostnader for administrasjon og opprydning, som øker de totale samfunnsøkonomiske skadekostnadene betraktelig. Vannkraftprodusenter kan operere innenfor sitt handlingsrom for å bidra til å begrense flomskader, og dermed kan samfunnet som helhet bli spart for store kostnader. For å kunne veie samfunnsøkonomiske kostnader ved forebyggende tiltak som nedtapping av magasiner i forkant av en flom opp mot samfunnsøkonomisk nytteverdi av unngåtte skadekostnader, trengs det oppdatert kunnskap om kostnadsfunksjoner og -drivere ved flom. I tillegg vil klimaendringene gi mindre forutsigbare flomforløp, slik at man trenger mer kunnskap om hvordan de ulike kostnadskomponentene påvirkes av nye hydrologiske forhold og ulike flomparametere, som flomtopp og hastighet og varighet på vannføringen.

Prosjektet "SamVann – Den samfunnsøkonomiske verdien av flomdemping fra vannkraftregulering" har som hovedformål å etablere en metode for å anslå samfunnsøkonomisk nytteverdi av flomdemping fra vannkraftregulering. Dette skal gjøres ved å utvikle kostnadsfunksjoner for flomskader på bygninger, infrastruktur og annen arealbruk. Kostnadsfunksjonene skal kobles til hydraulisk simulering av flommer, basert på historiske data og simulering av fremtidige vannføringer. Forholdet mellom klima, flomparametere og flomskadekostnader vil være blant hovedfunnene i prosjektet. Dette vil brukes til å etablere en metodikk for beregning og analyse av samfunnsøkonomiske flomkostnader og kostnadsbesparelser man kan oppnå gjennom regulering av vannkraftsystemer.

### 2. Innovasjonsinnhold

Regulanter av vannkraftsystemer har et begrenset handlingsrom som er gitt av konsesjoner og andre hensyn (miljøpåvirkning, minstevannføring o.l.), men bidrar aktivt til flomdemping innenfor dette. Det finnes likevel lite kvantitativ forskning på vannkraftregulerings bidrag til samfunnsøkonomiske kostnadsbesparelser gjennom reduserte og unngåtte flommer [4]. Det er derfor behov for mer kunnskap på dette området, særlig når det gjelder kostnadsfunksjoner og sammenhengen med ulike flomparametere (størrelse, varighet, hastighet, osv.) utover bare vannstand [5]. I norsk sammenheng gjorde Multiconsult en studie på temaet i 2018 [4] der de blant annet benyttet NVEs verktøy for nytte-kostnadsanalyser [6] for beregning av unngåtte flomkostnader. Resultatene indikerer en stor variasjon i nytteverdier, avhengig av bebyggelsen i det flomutsatte området og grad av regulering. Internasjonalt er det gjort mye arbeid på å estimere flomkostnader, men skadene som inkluderes er ofte begrenset til direkte skader, det vil si skader som kommer av direkte kontakt med flomvannet [7]. På grunn av forskjeller i topografi, flomkarakteristika, byggetradisjoner og grad av urbanisering, kan kostnadsfunksjoner som er utviklet for andre land og regioner vanskelig overføres og anvendes direkte på norske forhold (jfr. [8-10]). Videre er de indirekte kostnadene, som er kostnader knyttet til forstyrrelser og avbrudd i produksjon av varer og tjenester og ringvirkninger av disse i økonomien, i mindre grad dekket i litteraturen og eksisterende nytte/kostnads-analyseverktøy [11-14]. Det finnes også få analyser på betydningen av fremtidige klimaendringer for vannkraftens potensiale til å dempe flomfare. **Innovasjonen i SamVann er å fremskaffe ny, helhetlig kunnskap om direkte og indirekte kostnader og ringvirkninger av flomskader, samt koblingen til flere flomparametere og nye klimaforhold.** Dette vil gi viktig underlag for eventuelle nye konsesjonsvilkår og arealplanlegging rundt vassdragene.

SamVann vil bygge på arbeid som er påbegynt i HydroCen 3.5, der fremgangsmåten er å velge vannføringer som gir flom i et vassdrag og finne tilhørende flomdekt areal. Dette kobles deretter til kostnader for skader på ulike bygningstyper, infrastruktur og arealbruk. I HydroCen har man så langt bare brukt eksempeltall for kostnader, og derfor er det nødvendig at SamVann bidrar til å finne mer begrunnede kostnadsfunksjoner. Kostnadsfunksjoner kan være basert på empiri (for eksempel erfaringstall og forsikringsdata), syntetisk

metode (hva hvis-analyser) eller en kombinasjon av disse [6, 15, 16]. Det er imidlertid stor spredning i kostnadsestimatene, som tyder på at det er et behov for en forbedret metodikk [5].

For direkte kostnader vil SamVann blant annet bruke data på flomskadeutbetalinger gjennom naturskadeforsikringsordningen og Norsk Naturskadepool. Forsikringsdata har vært mindre tilgjengelig for denne typen analyser hittil, men nå som forsikringsselskapene har samlet seg om å dele sine skadedata i Kunnskapsbanken, og det er åpnet opp for piloter for testing av disse dataene, kan dette gi grunnlag for å i større grad basere kostnadsestimatene på nasjonal empiri. Disse dataene er i dag tilgjengelige for pilotkommuner for å jobbe med blant annet klimarisiko og -tilpasning, og er ventet å bli allment tilgjengelig om to år. Innovasjonen i estimering av direkte kostnader vil derfor være å benytte foreløpige forsikringsdata, og forberede metodikken for bruk av forsikringsdata til de blir tilgjengelige og datagrunnlaget blir bedre. For statlig og fylkeskommunal infrastruktur vil det ikke foreligge forsikringsdata, og prosjektet vil skaffe opplysninger om direkte kostnader fra infrastruktureiere, som for eksempel Statens Vegvesen.

For indirekte skader skal prosjektet se på ringvirkninger, som er en betegnelse for de summerte effektene de direkte konsekvensene har i verdikjedene i økonomien. Dette gjelder særlig aktiviteter av kommersiell karakter som produksjon av varer og tjenester, men også offentlige tjenester og forvaltning. Disse ringvirkningene vil beregnes ved hjelp av en tilbudsrevet kryssløpsmodell (beskrevet i del 7). De totale økonomiske ringvirkningskonsekvensene av flom er ikke blitt estimert i norsk sammenheng tidligere og vil derfor være en viktig innovasjonskomponent i prosjektet. Prosjektet skal også ivareta indirekte kostnader for husholdninger knyttet til økt reisetid på grunn av stengte veier og behov for midlertidig bolig

Også koblingen til flomparametere utover vannstand er mangelfull i tidligere arbeid. Selv om vannstand er en viktig parameter, kan varighet og hastighet på flommen også spille inn. Disse sammenhengene kan estimeres ved bruk av hydrauliske simuleringer og historiske data og dette kan gi informasjon om driverne bak skader fra flom [5, 9, 17]. Også dette representerer en innovasjon i forhold til standardmetoder og verktøy, eksempelvis NVE-modellen hvor to flomsituasjoner brukes til å anslå mellomliggende flommer ved lineær interpolasjon.

### 3. Verdiskapingspotensial

Ulike vassdrag har ulik flomdempingsevne, blant annet på grunn av magasin størrelse, tilsig og produksjons- og forbitappingskapasitet. Et verktøy for å klassifisere flomdempingsevner for enkeltmagasiner og vassdrag har blitt utviklet i HydroCen 4.3 [18]. I stor grad handler flomdempning om å lagre vann i magasiner for å dempe effekter nedstrøms, eller å lede vannet via flomveier/flomtuneller til et område der flommen gir mindre skade. For å kunne dempe flom er man avhengig av å ha nok ledig kapasitet i magasinet eller muligheter til å føre vannet bort, og dette avhenger av nåværende fylling og reguleringer, samt andre forpliktelser til å ivareta biologisk mangfold, rekreasjonsaspekter eller for eksempel krav til minstevannføring som gir implisitte magasinrestriksjoner. **En sentral verdiskaping i SamVann er at kraftprodusenter, forvaltning og arealplanleggere får bedre kunnskap om potensialet for og verdien av flomdempning fra vannkraftregulering. Synliggjøring av samfunnsmessige kostnadsbesparelser av flomdempning fra vannkraftregulering vil bidra til å bedre omdømmet til kraftaktører.**

Resultater fra prosjektet vil videre kunne gi innspill til fremtidige konsesjonsvilkår, fordi man kan identifisere at man ved tidligere/senere eller høyere/lavere fylling får bedre flomdempingsevne fra magasinene og lettere kan overholde terskelverdier som det er spesielt nyttig å holde flommen innenfor. Eventuelle endringer til mer fleksible konsesjonsvilkår kan gi økte inntekter for regulantene. Bedre kostnadsfunksjoner bidrar til å forbedre nytteberegninger av magasiner, men også av andre tradisjonelle flomforebyggende tiltak, som for eksempel å gi grunnlag for hvor i vassdraget det blir spesielt viktig å innrette flomsikringstiltak. **Kunnskap fra prosjektet vil bidra til bedre analyser og dermed til riktigere prioriteringer og mer treffsikre tiltak.**

## 4. Prosjektdeltagere og samarbeidskonstellasjon

### 4.1 Prosjektpartnere som utfører og/eller finansierer FoU-aktiviteter

#### a) Bedrifter i Norge som skal utnytte prosjektets FoU-resultater i sin verdiskaping

**B1: Energi Norge:** vil være prosjekteier og bidra til ledelse av prosjektet, verifisering av resultatet samt formidling.

**B2: Statkraft, B3: Hydro, B4: BKK, B5: Sira-Kvina, B6: Østfold Energi, B7: Skagerak Energi:** vil bidra med kunnskap og erfaring fra operativ drift av vannkraftsystemer, og innsikt i en rekke aspekter som påvirker muligheter og handlingsrom for flomdemping. Kraftprodusentene vil bidra med data og verifisering av analyser av case-vassdrag. Kvantifiserbare kostnader og nytte for flom og flomdemping vil gi informasjon som er relevant for operativ drift, herunder innspill om når kraftverkene må stanses for å hindre ytterlig skade, og motsatt.

**B8: NVE:** vil delta med erfaring fra sitt eget NKA-verktøy og kompetanse på hydrologi, flomsikring og regulering av vassdrag.

**B9: Statens Vegvesen:** vil benytte en nyutviklet modul i NKA-verktøyet EFFEKT til å beregne de ulempene trafikanter og transportutøvere vil oppleve når veger stenges på grunn av flom eller flomfare.

**B10: Tryg Forsikring:** vil delta med data, kunnskap og erfaring om skader og kostnader.

**B11: Multiconsult:** vil delta med kunnskap fra tidligere analyser av vannkraftregulering og samfunnsøkonomisk verdi av dette.

**B12: COWI:** vil delta med kunnskap om kostnader, flomsonekartlegging og klimatilpasning.

**B13: Mycoteam:** vil delta med data og kunnskap om skadetaksering av flom- og vannskader i ulike typer av bygninger og materialer.

#### b) FoU-leverandører

**F1: SINTEF Energi:** har kompetanse på fysiske forhold i vann og vassdrag, hydrologi, hydraulisk modellering, hydromorfologi, miljøforhold knyttet til vannkraft og vassdrag, flomforhold, økohydraulikk og virkninger av klimaendringer, samt produksjonsplanlegging for vannkraft, deriblant flomhåndtering og effekter av regulering. Vannkraft er et av SINTEF Energis 10 prioriterte forskningsområder, og vi er forskningspartner i HydroCen.

**F2: SINTEF Community (SINTEF AS):** har kompetanse på statistisk analyse, kryssløpsanalyse, nytte/kostnads-analyser og miljøanalyser, samt ekspertise på bygningsskader og insentiver, kriterier og indikatorer for klimatilpasning. Klimatilpasning er et av SINTEF Communitys prioriterte forskningsområder, og vi er senterledere for SFI Klima 2050.

**F3: Meteorologisk Institutt:** har kompetanse på nedskalering av modellsimuleringer av fremtidig klima og scenarier basert på disse, samt analyser for historiske værdata for å identifisere koblinger til skadedata. Resultatene vil være med å styrke Norsk Klimaservicesenter (KSS) som ledes av Meteorologisk Institutt.

#### c) Andre prosjektpartnere

**O1: Lærdal Kommune, O2: Trondheim Kommune:** Kommuner har hovedansvaret for klimatilpasning og arealdisponering, og har dermed viktig kunnskap om klimatilpasningsplaner og risiko- og sårbarhetsanalyser knyttet til vassdragene og tilhørende arealer. De vil dermed være viktige diskusjonspartnere i prosjektet, og finansierer sin egen tid til dette i prosjektet. Trondheim og Lærdal er i tillegg pilotkommuner for Kunnskapsbanken. Vi ønsker også å invitere andre kommuner knyttet til de andre vassdragene vi skal analysere, men dette er ikke klart på nåværende tidspunkt.

**O3: Statsforvalteren i Vestland:** jobber også med sårbarhet og klimaplaner tilsvarende kommunene, og vil dermed også være en viktig diskusjonspartner i prosjektet, spesielt for case-studie i Lærdal. De finansierer sine egne timer brukt i prosjektet.

**O4: Huseiernes Landsforbund:** er en interesseorganisasjon som jobber for at vi skal bo tryggest mulig. De ønsker å dele resultater med sine medlemmer og i media.

**O5: Norske Boligbyggelags Landsforbund:** jobber for at myndighetene skal føre en aktiv og bærekraftig bolig- og bygningspolitikk som skal sikre rett til en god bolig og et godt og trygt bomiljø. De ønsker å dele resultater med sine medlemmer og i media.

#### 4.2 Annet samarbeid

**FME HydroCen (NFR - 257588):** har som mål at norsk vannkraft skal møte komplekse utfordringer og muligheter i fremtidens fornybare energisystem. En av disse mulighetene er flomdempingstjenester og det er allerede påbegynt arbeid i HydroCen for å analysere dette potensialet. SamVann vil samarbeide tett med forskningsgruppene som utfører dette arbeidet i HydroCen, og det vil være gjensidig utveksling av ideer og resultat mellom prosjektene.

**SFI Klima 2050 (NFR - 237859):** har som mål å styrke Norges innovasjonsevne og konkurransevne innen klimatilpasning, samt å redusere samfunnsrisikoen forbundet med klimaendringer. I Klima 2050 jobbes det

SamVann Februar 2020

blant annet med nytte/kostnadsanalyse-verktøy for klimatilpasning, insentiver, kriterier og indikatorer for klimatilpasning, tilrettelegging for bruk av forsikringsdata til å vurdere risiko, samt modellutvikling for å beregne kostnader ved naturskader.

**ClimDesign (NFR- 302457):** ledes av NVE, med MET og Norsk Regnesentral og brukere som partnere.

Prosjektet jobber mot å levere klimajusterte dimensjonerende verdier for ekstremnedbør og flom.

**KlimaDigital (NFR- 281059):** ledes av SINTEF Community med Meteorologisk institutt som en av partnerne. Målsetningen med prosjektet er å redusere samfunnsrisikoen av geofarer, som jordskred, flomskred og snøskred og som utløses av ekstreme nedbørmengder.

## DEL 2: FoU-aktivitetene

### 5. Forskningsbehovet

En vanlig tilnærming har vært at flomkostnader beregnes ved hjelp av syntetiske modeller, og ikke ut fra faktiske skader som kan hentes fra forsikringsdata, data på erstatningsutbetalinger og andre erfaringstall på gjenopprettingskostnader [7, 19] og valideringen av modellene er gjerne mangelfull eller fraværende [8, 20]. Dette gjelder også for tapsberegningene i NVE-verktøyet for bygninger, som blant annet er basert på nasjonal statistikk for byggekostnader. [5] viser at estimater for direkte skader på boliger og kommersielle bygninger som er basert på lokale empiriske data er betydelig mer nøyaktige selv for enkle univariable skadefunksjoner enn ulike "standard"-modeller i litteraturen. I tråd med dette vil SamVann søke å utnytte empiriske datakilder for å lage bedre begrunnede kostnadsestimat og også benytte datakildene til validering. Dette er nå i større grad mulig på grunn av arbeidet med Kunnskapsbanken, men det er fremdeles et behov for forskning på hvordan mikro-data, dvs. data om hvert enkelt skadetilfelle, skal systematiseres og kombineres med norske og internasjonale erfaringstall for å bidra til bedre kostnadsberegninger. Prosjektpartnerne Mycoteam, Tryg Forsikring, Statens Vegvesen og NVE vil også bidra til verifiseringen av kostnadsberegningene.

Videre er det et forskningsbehov å finne ut hvordan man gjennom hydrauliske simuleringer kan koble informasjon om vanddybde, varighet og vannhastighet av flommen med empiriske mikro-kostnadsdata. I tråd med resultatene i Carisi, Schröter [5] forventer vi at multivariate kostnadsfunksjoner, og spesielt at modeller som inkluderer vannhastighet og varighet, treffer mye bedre enn modeller med kun vanddybde som flomskade-forklaringsvariabel. Utgangspunktet er parametrisert regresjonsanalyse og avhengig av tilgangen på data vil vi gå videre med regresjonstrær/trebaserte metoder [21] som er bedre egnet til bl.a. å fange opp terskelverdier. Ved å analysere ulike flomscenarier og skadedata fra ulike vassdrag forventer vi å kunne gå fra slutninger på bakgrunn av eksempel-vassdragene til å kunne si noe mer generelt om klimaendringers effekt på fremtidige flommer og flomskader.

Ringvirkningene av flom og flomdemping blir sjeldent estimert i internasjonal sammenheng [11-13] og enda sjeldnere i norsk sammenheng [14]. Dette gjelder til tross for at indirekte kostnader ofte utgjør en stor komponent av totale kostnader ved en flomhendelse [13]. I norsk sammenheng er man klar over at utelatelse av indirekte kostnader som strømbrydd og avbrytelser eller forsinkelser i transportsystemer fører til undervurdering av totale kostnader, spesielt i byer der konsentrasjon av infrastruktur og økonomiske verdier er høy [14]. Direkte og indirekte kostnader har blitt estimert ved spesifikke flomhendelser i Norge tidligere, som ved Gudbrandsdalsflommen i 2013 [22], men også her er kostnader lenger bak i verdikjedene som følger av tapt produksjon for verdiskapende bedrifter utelatt. Kryssløpsanalyse og generell likevektsmodellering (CGE) er de to mest brukte metodene i forskningslitteraturen for estimering av totale ringvirkninger av naturhendelser, der CGE vanligvis gir et nedre estimat på indirekte kostnader, mens kryssløpsanalyse gir et øvre estimat [23]. I SamVann vil de direkte kostnadene fra kostnadsfunksjonene knyttes opp mot næringer i økonomien ved bruk av kryssløpsanalyse for å analysere ringvirkningene i økonomien. Her vil forskningskomponenten innebære videreutvikling av en tilbudsrevet kryssløpsanalysemodell utviklet av SINTEF.

Det er også betydelig usikkerhet knyttet til fremtidens klima og konsekvenser. Ved å bruke ulike fremgangsmåter for nedskalering [24] [25] på store flermodell-ensembler, kan vi få et anslag på fremtidig utfallsrom som utgangspunkt for å definere plausible flomscenarier. I tillegg til tradisjonell tilnærming til regional klimamodellering vil vi utføre stresstester basert på velkjente historiske analogier fra områder med litt varmere klima enn i Norge [26], og eventuelt bruke stokastiske metoder for å utforske hvilke faktorer som er viktigst med hensyn til konsekvenser.

## 6. Mål

**Hovedmål for SamVann er å etablere en metodikk for verdsetting av den samfunnsøkonomiske verdien vannkraftregulering bidrar til med flomdempning.** Dette skal oppnås gjennom følgende delmål:

- Gjennomføre en litteraturstudie som gir en oversikt over state-of-the-art for kostnadsestimering og metoder for kostnadsberegning knyttet til flom
- Opprette en database med prosesserte kostnadsdata for test-vassdrag og tilhørende områder
- Utarbeide hydrauliske modeller for et utvalg test-vassdrag hvor det foreligger kostnadsdata
- Bygge generiske kostnadsfunksjoner for flomskader basert på sammenhengen mellom flomparametere og observerte kostnader
- Gjennomføre scenarionalyser for test-vassdrag som vurderer den samfunnsøkonomiske verdien av flomdemping fra vannkraftregulering, samt økte flomkostnader i fremtiden (klimarisiko)

## 7. FoU-utfordringer og FoU-metode

Forskningsarbeidet i prosjektet vil basere seg på hydrauliske simuleringer av ulike flomscenarier for et utvalg test-vassdrag. De hydrauliske simuleringene vil bruke historiske data og fremtidige klimaframskrivninger for å hensynta vannføring, vannstand, vannhastighet, flomvarighet, årstid og eventuelle andre flomparametere som blir identifisert i prosjektet, samt ulik regulering og vilkår, og generere flomsonekart der påvirkede bygninger, infrastruktur og arealbruk blir identifisert. Allerede identifiserte test-case er gitt i tabellen under. Noen caser vil analyseres mer detaljert enn andre, blant annet basert på tilgjengelig datagrunnlag og hvilke muligheter og utfordringer det er for flomhåndtering.

Case	Operatør/Eier	Pilotkommune
Nea-Nidelv	Statkraft (B2)*	Ja, Trondheim
Eidsfjordvassdraget	Statkraft (B2)*	Nei
Telemarksvassdraget	Hydro (B3)	Nei
Bergsdalsvassdraget	BKK (B4)	Nei
Kvinavassdraget	Sira-Kvina (B5)	Nei
Lærdalsvassdraget	Østfold Energi (B6)	Ja, Lærdal
*	Skagerak (B7)	Nei

\*Endelig case bestemmes ved prosjektoppstart, basert på datatilgang og andre hensyn fra kraftprodusentene.

De hydrauliske simuleringene skal settes sammen med kostnadsfunksjoner. Kostnadsfunksjonene skal bygges på bakgrunn av en litteraturgjennomgang og oversikt over estimater og fremgangsmåter (og evt. etterprøving/validering av disse for norske forhold), samt empirisk data. Estimert effekt av de ulike flomparametere vil være avhengig av tilgang til kostnadsdata i form av forsikringsdata for historiske flomhendelser. Selv om vi benytter data som er tilgjengelig for pilotkommuner i Kunnskapsbanken, kan størrelsen på datasettene begrense hvilke skadekategorier som kan analyseres med formelle statistiske metoder. Likevel, selv for kategorier med få skader, forventer vi at økt tilfang og systematisering av norske og internasjonale erfaringstall kan bidra til bedre kostnadsberegninger. Forsikringsdata omfatter i all hovedsak skader og følgekostnader knyttet til bygninger. Av den grunn vil vi også å benytte andre nasjonale kilder, som data fra Landbruksdirektoratet om naturskadeerstatning på privat infrastruktur og erstatningsordninger for landbruk, som avlingsskadeerstatning for å estimere flomskader på landbruksareal. Vi ønsker også å hente inn erfaringstall fra kommuner, NVE og Statens Vegvesen, som kan si noe om betydningen av kritisk infrastruktur og gjenopprettingskostnader etter skader.

Der datamaterialet er tilstrekkelig, skal det gjøres parametrisk regresjonsanalyse for å fastslå hvilken effekt flomparametere har på ulike typer infrastruktur og bygninger. Vi vil også utforske ulike muligheter for regresjonstrær/ mer avanserte metoder. Trebaserte metoder har en økende anvendelse i hydrologi og for utvikling av kostnadssammenhenger for flom, jfr. analysen og diskusjonen hos Cammerer, Thielen [8] og Merz, Kreibich [21] omkring muligheter og begrensinger og spesielt betydningen av tilstrekkelige data – som her kan representere en utfordring. Slike metoder kan avdekke sammenhenger som ikke fanges opp med en ordinær regresjonstilnærming, slik som for eksempel terskelverdier. Dog, en komparativ analyse [20] av ni modeller for flomkostnader indikerer at overførbarheten er best for de modellene som er utviklet på basis av informasjon fra områder som likner på flomområdene, hvilket samsvarer med resultatene hos Cammerer, Thielen [8] og Marvi [19]. Dvs. modellene basert på et slikt datagrunnlag, gir de beste prediksjonene, mens modellenes kompleksitet tilsynelatende ikke er så avgjørende. Den internasjonale litteraturen gir dermed et rimelig entydig bilde av at det er avgjørende å benytte norske data for flommer i Norge, at forholdsvis enkle

SamVann Februar 2020

regresjonsmodeller gir en bra tilnærming, gitt relevante norske data, og at bruk av mer avanserte modeller/analyseteknikker bidrar ytterligere til mer treffsikre modeller.

For skadetyper hvor det er svakt datagrunnlag nasjonalt vil arbeidet gå ut på å samle, systematisere og inkorporere erfaringstall primært fra case og nasjonale kilder og verktøy (eksempelvis Rambøll [16] og Norges vassdrags- og energidirektorat [6]) men også overføre verdier fra kilder internasjonalt. De ulike casene forventes hver for seg å gi datasett av begrenset størrelse. Ikke desto mindre kan de ulike casene gi mulighet for å teste modellenes overførbarhet og prediksjonskraft. Tilnærmingen vil bero på tilgjengelige data [5].

For verdiskapende funksjoner inngår en full ringvirkningsanalyse. Her vil vi bruke kryssløpsanalyse som metodikk. Kryssløpsanalyse er basert på nasjonalregnskap (System of National Accounting) og beskriver flyt av varer og tjenester mellom industrier og konsumenter, samt innsatsfaktorer som sysselsetting og verdiskaping (lønninger, skatt på produksjon og driftsoverskudd). Kryssløpsanalyse er vanligvis konsumdrevet, men i dette prosjektet bruker vi heller en tilbudsrevet modell (metoden er forklart i kapittel 12 av Miller and Blair [27]), der endringer i produksjon påvirker konsumet siden flomsonkartet gir informasjon om produserende bedrifter, men ikke hvordan dette slår ut på konsum. Lignende tilbudsrevet modell er også brukt i Hazus-modellen [28] til å estimere samfunnsøkonomiske kostnader ved naturskader i USA. Den økte økonomiske aktiviteten på grunn av gjenoppbygging av skadet infrastruktur og bygninger kan være med på å utligne noe av kostnadene flommen forårsaker [28]. Estimering av slike utlignende effekter er ikke innenfor prosjektavgrensingene, annet enn som grunnlag til diskusjon.

## 8. Prosjektplan

### 8 a) Hovedaktiviteter/arbeidspakker i prosjektet

	H1 Prosjektledelse	H2 Samfunnsøkonomiske kostnader og ringvirkninger	H3 Flommodellering	H4 Uttesting og demonstrasjon av verdi	H5 Formidling
<b>Mål</b>	Sikre god gjennomføring av prosjektet.	Beregne den samfunnsøkonomiske kostnaden ved flom	Definere scenarier og etablere metode for simuleringer	Teste metode for utvalgte vassdrag, sammenfatte konklusjoner	Formidling av resultater fra prosjektet
<b>Innhold/Metodikk</b>	1) Oppfølging av de andre arbeidspakkene og koordinering mot relaterte prosjekter. Målsetninger, metode og teknologivalg i prosjektet vil følges opp løpende og ved behov oppdateres og tilpasses til forutsetningene hos partene 2) Gjennomføring av prosjektmøter, arbeidsverksteder og (web)seminarer 3) Rapportering til forskningsrådet	1) Sammenstille estimater og litteratur om kostnadsfunksjoner og metoder for å beregne kostnader ved flom 2) Statistisk analyse og kobling mellom flomparametere og kostnader 3) Ringvirkningsanalyse	1) Undersøke og sammenstille metoder for hydraulisk modellering av flom, inkludert metoder for nye klimaforhold 2) Sette opp hydrauliske modeller av test-vassdrag 3) Bestemme flomdekt areal for ulike vannføringer 4) Sammenheng mellom flomparametere og kostnader	1) Definere og hente inn data fra testvassdrag 2) Definere scenarier for regulering (uregulert til regulert, ulike konsesjonsvilkår) 3) Gjøre analyser for å bestemme verdi av flomdemping i de ulike scenario 4) Aggregere og sammenstille resultater fra case til det generelle	Vitenskapelig og populærvitenskapelig publisering
<b>FoU-kategori</b>	Industriell forskning	Industriell forskning	Industriell forskning	Industriell forskning	Industriell forskning
<b>Leder</b>	SINTEF Energi (Ellen Krohn Aasgård)	SINTEF Community (Eivind Lekve Bjelle)	SINTEF Energi (Håkon Sundt)	SINTEF Community (Eli Sandberg)	SINTEF Energi (Ellen Krohn Aasgård)
<b>Deltakere</b>	SINTEF Energi, SINTEF Community, Meteorologisk Institutt	SINTEF Energi, SINTEF Community, Meteorologisk Institutt	SINTEF Energi, SINTEF Community, Meteorologisk Institutt	SINTEF Energi, SINTEF Community, Meteorologisk Institutt	SINTEF Energi, SINTEF Community, Meteorologisk Institutt
<b>Varighet</b>	2021-4 - 2023-4	2021-4 - 2023-4	2021-4 - 2023-2	2022-1 - 2023-4	2022-2 - 2023-4
<b>Leveranser</b>	Gjennomførte prosjekt- og styringsgruppemøter, arbeidsverksteder og (web)seminarer Rapportering til Forskningsrådet	Litteraturstudie av tilnærminger og estimater Metodikk for konstruksjon av kostnadsfunksjoner	Litteraturstudie hydraulisk modellering for flom Hydraulisk modellering av flom i dag og i fremtiden (for case)	Workshop for å definere/konkretisere testvassdrag og scenario for flom og regulering Samfunnsøkonomisk verdi av flomdemping i vannkraftmagasin i dag og i fremtiden (case)	Oppdaterte nettsider og annet informasjonsmaterieell om prosjektet Vitenskapelig og populærvitenskapelig kommunikasjon (Se leveranser i tabell under og pkt. 12)

SamVann Februar 2020

Hovedaktiviteter, milepæler og leveranser	Ansvarlig	Deltakere	2021				2022				2023								
			1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4					
<b>H1 Prosjektledelse</b>	SINTEF Energi	Alle																	
H1.1 Prosjektmøter						X				X				X					
H1.2 Sluttkonferanse i samarbeid med Energi Norge																			X
<b>H2 Direkte og indirekte kostnader</b>	SINTEF Community	Alle																	
H2.1 Kostnadsestimater og litteraturstudie									X										
H2.2 Statistisk analyse																			X
H2.3 Ringvirkninger																			X
<b>H3 Flommodellering</b>	SINTEF Energi	Alle																	
H3.1 Litteraturstudie			X																
H3.2 Hydraulisk modellering av test-vassdrag									X										
H3.3 Modellering av flomsituasjoner																			X
<b>H4 Uttesting og demonstrasjon av verktøyet</b>	SINTEF Community	Alle																	
H4.1 Velge ut case-vassdrag			X																
H4.2 Definiere flomsenario									X										
H4.3 Demonstrasjon av verdi																			X
<b>H5 Formidling</b>	SINTEF Energi	Alle																	
L5.1 Litteraturstudie av tilnærminger og estimater (R)	SINTEF Community																		
L5.2 Bygging av kostnadsfunksjoner (J)	SINTEF Community	SINTEF Energi																	X
L5.3 Samfunnsøkonomiske kostnader ved flom (J + P)	SINTEF Community																		X
L5.4 Litteraturstudie av hydraulisk modellering (R)	SINTEF Energi																		X
L5.5 Hydraulisk modellering av flom i dag og i fremtiden (J)	SINTEF Energi																		X
L5.6 Samfunnsøkonomisk verdi av flomdemping (J + P)	SINTEF Energi	SINTEF Community																	X

\*R-rapport, J-journalartikkel, P-populærvitenskapelig

## 8 b) Prosjektets kostnadsbudsjett fordelt på hovedaktiviteter

Tabell 8 b)

Nr.	Tittel på hovedaktivitet/arbeidspakke	Kostnadsbudsjett (1000 kr)	Kostnad: Industriell FoU	Kostnad: Eksperimentell utvikling
H1	Prosjektledelse	388	388	
H2	Kostnader og ringvirkninger	2410	2410	
H3	Flommodellering	1835	1835	
H4	Demonstrasjon av verdi	2748	2748	
H5	Formidling	725	725	
<b>Sum</b>	<b>Hele prosjektet</b>	<b>8106</b>	<b>8106</b>	

## 8 c) Kritiske milepæler for FoU-aktiviteten

Milepæler er indikert med kryss i Gantt-diagrammet i del 8a), og er knyttet opp mot prosjektmøtene. Prosjektmøtene legges opp som seminarer hvor vi presenterer resultater så langt og har faglige diskusjoner.

M1: Oppstartsmøte med definisjon/konkretisering av test-vassdrag og metodikk (Q4-2021)

M2: Prosjektmøte og workshop. Sammenstilling av relevant litteratur om kostnadsestimater og metodikk, samt hydraulisk modellering og definisjon av flom og reguleringsscenario (Q3-2022)

M3: Prosjektmøte og workshop. Kobling mellom flomparametere og skadefunksjoner (Q2-2023)

M4: Avslutningsseminar, ferdigstilling av artikler om samfunnsøkonomisk kostnader (L4.3) og verdi av flomdemping i vannkraftmagasin (L4.6) (Q4-2024).

## 8 d) Organisering og styring av prosjektet

Energi Norge er etter enighet blant partnerne valgt som prosjekteier overfor Norges Forskningsråd. Det blir etablert et konsortium bestående av alle partnere med rettigheter og forpliktelser i henhold til en inngått samarbeidsavtale, og et styre med en representant fra hver partner. Energi Norge vil lede styret, som vil møtes minst én gang i året i forbindelse med prosjektmøtene. SINTEF Energi vil ha en faglig utførende rolle og Ellen Krohn Aasgård er valgt som FoU-leder pga. hennes erfaring som forskningsleder og bakgrunn innen vannkraft.

Tabell 8 d) Fordeling av oppgaver og ansvar i prosjektet

Partner	Navn på partner	Ansvarlig for hovedaktivitet:	Deltar også i hovedaktivitet:
---------	-----------------	-------------------------------	-------------------------------

B1	Energi Norge		H1, H2, H3, H4, H5
B2	Statkraft		H3, H4
B3	Hydro		H3, H4
B4	BKK		H3, H4
B5	Sira-Kvina		H3, H4
B6	Østfold Energi		H3, H4
B7	Skagerak		H3, H4
B8	NVE		H2, H3, H4
B9	Statens Vegvesen		H2, H4
B10	Tryg		H2, H4
B11	Multiconsult		H3, H4
B12	COWI		H2, H3, H4
B13	Mycoteam		H2, H4
F1	SINTEF Energi	H1, H3, H5	H2, H4
F2	SINTEF Community	H2, H4	H1, H3, H5
F3	Meteorologisk Institutt		H1, H2, H3, H4, H5
O1	Trondheim kommune		H2, H4
O2	Lærdal kommune		H2, H4
O3	Statsforvalteren i Vestland		H2, H4
O4	Huseiernes Landsforbund		H2
O5	Norske Boligbyggelags Landsforbund		H2

## 9. Finansiering

Ingen kommentarer til finansieringstabellene.

## DEL 3: Plan for implementering og utnyttelse av FoU-resultater

### 10. Realisering av verdiskaping hos prosjektansvarlig og samarbeidspartnerne

SamVann vil bidra til å knytte kunnskapsmiljø for energi, økonomi og klimatologi samt interessenter tettere sammen om et felles, helhetlig prosjekt. Bedre kostnadsfunksjoner bidrar generelt til å forbedre nytteberegninger av vannkraftreguleringer, men også av andre flomforebyggende tiltak. Arbeidet er en basis for forbedret beslutningstøtte med hensyn til regulering i flomsituasjoner og legger således grunnlaget for videre utvikling av modeller med slikt formål. Kostnadsparametere for flom har også overføringsverdi til andre naturskader, som skader ved stormflo, eller andre vannskader, som ved overvann. Den generelle metodikken for å beregne samfunnsøkonomiske kostnader ved flom har overføringsverdi til effektstudier av andre typer naturhendelser, som skred og erosjon, som også er særdeles aktuelt og relevant i et klima i endring. Inkludering av helhetlig økonomisk ringvirkningsanalyser i prosjektet bidrar til å gi et bedre vurderingsgrunnlag for flomsikring. Oppsummert bidrar dette arbeidet til bedre analyser og dermed til riktigere prioriteringer og mer treffsikre tiltak, både for flomdemping i regulerte vassdrag, men også på et overordnet nivå.

**B1: Energi Norge:** Som interesseorganisasjon for energiaktører vil Energi Norge bruke resultater fra prosjektet til opplysningsarbeid som fremmer vannkraftens viktige rolle både for kraftproduksjon og flomdempning.

**B2: Statkraft, B3: Hydro, B4: BKK, B5: Sira-Kvina, B6: Østfold Energi, B7. Skagerak Energi:**

Synliggjøring av samfunnsmessige kostnadsbesparelser av flomdempning fra vannkraftregulering vil være et viktig resultat for disse aktørene. Arbeidet vil gi aktørene økt kunnskap om flomskader og flomkostnader og mulighetene til å kvantifisere kostnadsbesparelser særlig i case-vassdragene, men også ved å utnytte resultatene til analyser av andre vassdrag. Arbeidet vil generelt bidra til økt forståelse for verdien av regulering av vassdrag til energiformål samt styrke vannkraftprodusentenes kommunikasjon med fagmyndigheter og offentligheten.

**B8: NVE:** resultater fra prosjektet vil brukes til å forbedre NVEs eget NKA-verktøy.

**B9: Statens Vegvesen:** Det er aktuelt å innarbeide prosjektresultatene deres eget NKA-verktøy.

**B10: Tryg Forsikring:** resultatene fra prosjektet vil kunne bidra til analyser også for andre naturfarer og klimatilpasningstiltak.



SamVann Februar 2020

**B11: Multiconsult:** vil benytte resultatene til å styrke sitt kunnskapsgrunnlag og øke kvaliteten for fremtidige oppdrag for kraftselskaper og andre aktører, som flomsonekartlegging og risiko- og sårbarhetsanalyser.

**B12: COWI:** vil benytte resultatene til å styrke sitt kunnskapsgrunnlag og øke kvaliteten for fremtidige oppdrag for kraftselskaper og andre aktører, som flomsonekartlegging og risiko- og sårbarhetsanalyser.

**B13: Mycoteam:** vil bruke resultatene til å øke sitt kunnskapsgrunnlag, både til rådgivning, fremtidige oppdrag, kursvirksomhet og prioritering av skadehåndtering.

### 11. Samfunnsøkonomisk nytteverdi og bidrag til bærekraftig samfunnsutvikling

MultiConsult har estimert at dagens regulering av Telemarksvassdraget sparer Notodden for flomskader for opp mot 46 millioner kroner årlig [4]. Tar man med unngåtte skader i Skien, Ulefoss, Åmot, Dalen og Rjukan, som også er berørt av vassdraget, vil samlede tall for unngåtte flomskader trolig overstige 100 millioner kroner årlig. Siden såpass mange områder i Norge er berørt av regulerte vassdrag, vil de totale kostnadsbesparelsene som kommer frem av god og kunnskapsbasert håndtering av flom være meget betydelige.

Prosjektet bygger opp under flere av FNs bærekraftsmål. Prosjektet bidrar til mål 7 (Ren energi for alle) gjennom tilrettelegging for en bærekraftig utnyttelse av vannressursene. Til mål 9 (Innovasjon og infrastruktur) bidrar prosjektet til bygging av en robust infrastruktur. Til mål 11 (Bærekraftige byer og lokalsamfunn) bidrar prosjektet med tilpasning til klimaendringene slik at vi kan bo og ferdes trygt, at vi har planer for kriseberedskap, og at vi skal verne om kultur- og naturarven vår. Til mål 13 (Stoppe klimaendringene) bidrar prosjektet til reduksjon av konsekvenser av klimaendringer. Til mål 15 (Livet på land) bidrar prosjektet til hindring av landforringelse fra flom. Til mål 17 (Samarbeid for å nå målene) bidrar prosjektet ved å tilrettelegge at det private, det offentlige og det sivile samfunn samarbeider om å nå bærekraftmålene.

### 12. Formidling og kommunikasjon

Målet med prosjektet er å fremskaffe kunnskap og synliggjøre den samfunnsøkonomiske verdien som vannkraftregulering bidrar med for flomdemping. Prosjektet vil derfor jobbe med å spre resultater på ulike nivå, gjennom

- Kronikker i relevante media, blogginnlegg (på for eksempel SINTEF Blogg), deltakelse/innlegg i fagforum og konferanser, samt eventuelt korte videosnutter eller infografikker som kan deles i sosiale media.
- Underliggende informasjon vil bli dokumentert i egne rapporter. Disse rapportene vil være åpne såfremt anleggsmessige opplysninger ikke er til hinder for dette.
- Det tas sikte på å publisere to fagfelleverderte journalartikler.
- Publisering av populærvitenskapelige artikler i fagblad (Energiteknikk, Samfunnsøkonomen og Byggeindustrien).
- Resultater relevant for klimatilpasning vil kommuniseres gjennom KSS sin nettside.
- Arbeidet og resultatene vil presenteres på internasjonale konferanser, som for eksempel European Meteorological Society sitt årlige møte eller Workshop on Hydropower scheduling.

## DEL 4: Øvrige opplysninger

### 13. Etikk og samfunnsansvar

Det er ingen etiske problemstillinger knyttet til prosjektet. Prosjektet vil bidra til å sette flom og flomsikring på agendaen for samfunnsdebatt og konsesjon- og politikktutforming. Prosjektet vil bli gjennomført med åpenhet mellom prosjektpartnerne og følge SINTEFs og Forskningsrådets etiske retningslinjer.

### 14. Rekruttering av kvinner, kjønnsbalanse og kjønnsperspektiv

Prosjektet har en kvinnelig prosjektleder og vektlegger kjønnsbalanse blant prosjektdeltakere, både som representanter fra industripartnere og utførende forskere. Kjønnsperspektivet er ikke relevant for forskningen.

### 15. Utlysningsspesifikke tilleggsopplysninger

Det er ikke søkt på tilsvarende prosjekt tidligere.

#### Referanser

1. Hanssen-Bauer, I., et al., *Klima i Norge 2100*. Bakgrunnsmateriale til NOU Klimatilpassing., Norsk klimasenter, Oslo, Norway, 2009.

SamVann Februar 2020

2. Finans Norge. *Naturskader*. 2021 [12.4.2021]; Available from: <https://www.finansnorge.no/statistikk/skedeforsikring/nokkeltall/naturskade/>.
3. Landbruksdirektoratet. *Naturskadeerstatning*. 2021 [12.4.2021]; Available from: <https://www.landbruksdirektoratet.no/nb/statistikk-og-utviklingstrekk/naturskadeerstatning?resultId=6.0&searchQuery=statistikk>.
4. Glover, B., N. Sælthun, and K. Lilleeng Walløe, *Verdien av vassdragsreguleringer for reduksjon av flomskader*. Multiconsult: Oslo, Norway, 2018: p. 50.
5. Carisi, F., et al., *Development and assessment of uni- and multivariable flood loss models for Emilia-Romagna (Italy)*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2018. **18**(7): p. 2057-2079.
6. Norges vassdrags- og energidirektorat. *Modul G1.002: Nytte/kost-analyse*. 2021 [19.03.2021]; Available from: <https://www.nve.no/moduler/modul-g1-002-nytte-kost-analyse/#nve>.
7. Gerl, T., et al., *A review of flood loss models as basis for harmonization and benchmarking*. PloS one, 2016. **11**(7): p. e0159791.
8. Cammerer, H., A.H. Thieken, and J. Lamm, *Adaptability and transferability of flood loss functions in residential areas*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2013. **13**(11): p. 3063-3081.
9. Schröter, K., et al., *How useful are complex flood damage models?* Water Resources Research, 2014. **50**(4): p. 3378-3395.
10. Wagenaar, D., et al., *Regional and temporal transferability of multivariable flood damage models*. Water Resources Research, 2018. **54**(5): p. 3688-3703.
11. Avelino, A.F.T. and S. Dall'erba, *Comparing the Economic Impact of Natural Disasters Generated by Different Input–Output Models: An Application to the 2007 Chehalis River Flood (WA)*. Risk Analysis, 2019. **39**(1): p. 85-104.
12. Van Der Veen, A. and C. Logtmeijer, *Economic hotspots: visualizing vulnerability to flooding*. Natural hazards, 2005. **36**(1-2): p. 65-80.
13. Carrera, L., et al., *Assessing direct and indirect economic impacts of a flood event through the integration of spatial and computable general equilibrium modelling*. Environmental Modelling & Software, 2015. **63**: p. 109-122.
14. Alnes, K., et al., *Flomrisiko i Norge: Hvem betaler for framtidens våtere klima?* CICERO Report, 2018.
15. Pistrika, A., G. Tsakiris, and I. Nalbantis, *Flood depth-damage functions for built environment*. Environmental Processes, 2014. **1**(4): p. 553-572.
16. Rambøll, *Ekstremnedbør Oslo - Skadeomfang og kostnader*. 2019.
17. Kreibich, H., et al., *Probabilistic, multivariable flood loss modeling on the mesoscale with BT-FLEMO*. Risk analysis, 2017. **37**(4): p. 774-787.
18. Hansen, B. and A. Harby, *Flomdempingstjenester i utvidet miljødesign-Beskrivelse og uttesting av system for klassifisering av flomdempingspotensial i regulerte vassdrag*. 2020.
19. Marvi, M.T., *A review of flood damage analysis for a building structure and contents*. Natural Hazards, 2020. **102**(3): p. 967-995.
20. Arrighi, C., et al. *A comparative analysis of flood damage models: lessons learnt and future challenges*. in *FLOODrisk 2020-4th European Conference on Flood Risk Management*. 2021. Budapest University of Technology and Economics.
21. Merz, B., H. Kreibich, and U. Lall, *Multi-variate flood damage assessment: a tree-based data-mining approach*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 2013. **13**(1): p. 53-64.
22. Siedler, C.E., *Samfunnsøkonomiske kostnader av Gudbrandsdalsflommen 2013*. 2015.
23. Okuyama, Y., *Economic Modeling for Disaster Impact Analysis: Past, Present, and Future*. Economic Systems Research, 2007. **19**(2): p. 115-124.
24. Giorgi, F., *Simulation of regional climate using a limited area model nested in a general circulation model*. Journal of Climate, 1990. **3**(9): p. 941-963.
25. Benestad, R.E., D. Chen, and I. Hanssen-Bauer, *Empirical-statistical downscaling*. 2008: World Scientific Publishing Company.
26. Benestad, R.E., et al. *Stress testing for climate impacts with “synthetic storms”*. 2019 [12.4.2021]; Available from: <https://eos.org/opinions/stress-testing-for-climate-impacts-with-synthetic-storms>.
27. Miller, R.E. and P.D. Blair, *Input-output analysis: foundations and extensions*. 2009: Cambridge university press.
28. Federal Emergency Management Agency Mitigation Division, *Hazus-MH Flood Technical Manual*. 2006, Department of Homeland Security.