



Typeeksempler på ombygging av dammer i små nedbørfelt for flomdemping

FoU-prosjekt 80186

Multiconsult

38
2018



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 38-2018

Typeeksempler på ombygging av dammer i små nedbørfelt for flomdemping

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Multiconsult

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag: 20

Forsidefoto: Hallvard Berg, NVE

ISBN 978-82-410-1691-2

ISSN 1501-2832

Sammendrag:

Emneord: flom, flomsikring, flomdemping, dam, ombygging

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

Telefon: 22 95 95 95
Telefaks: 22 95 90 00
Internett: www.nve.no

april 2018

Forord

Multiconsult har på oppdrag for NVE levert rapporten, som ser på mulighetene for å bygge om eksisterende dammer i små vassdrag for økt flomdemping. Vurderingene som er gjort i rapporten, står for konsulentens regning.

Utgangspunktet for dette FoU-prosjektet var om en slik ombygging kan fungere som alternativ eller supplement til tradisjonelt flomvern. Dette kunne potensielt være kostnadseffektivt og hindre inngrep i vassdraget nedstrøms.

Rapporten gir et grunnlag som NVE vil vurdere å benytte i en tidlig fase av flomsikringsprosjekter i små vassdrag med eksisterende dammer.

Oslo, april 2018



Anne Britt Leifseth
avdelingsdirektør



Hallvard Berg
prosjektleder

RAPPORT

Typeeksempler på ombygging av dammer i små nedbørfelt for flomdemping

OPPDRA GSGIVER

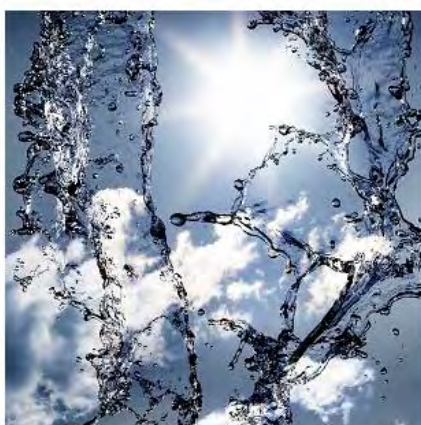
Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)

EMNE

Flomdemping

DATO / REVISJON: 10. februar 2018 / 02

DOKUMENTKODE: 418743-TVF-RAP-01



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

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

RAPPORT

OPPDRAAG	Typeeksempler på ombygging av dammer i små nedbørfelt for flomdemping	DOKUMENTKODE	418743-TVF-RAP-01
EMNE		TILGJENGELIGHET	Åpen
OPPDRAAGSGIVER	Norges vassdrags- og energidirektorat (NVE)	OPPDRAAGSLEDER	Geir Helge Kiplesund
KONTAKTPERSON	Hallvard Jostein Berg, Dag Trygve Norum	UTARBEIDET AV	Stig Arne Strokkenes, Geir Helge Kiplesund, Hilde B. Johnsberg, Randi Osen og Gaute Thomassen
		ANSVARLIG ENHET	3087 Midt Hydrologi

SAMMENDRAG

Foreliggende rapport er et FoU-prosjekt for NVE om muligheter for ombygging av eksisterende dammer i små vassdrag for flomdemping. Hensikten er å se nærmere på hypotesen om at dammer etter ombygging, og primært med selvregulering, kan være et alternativ til eller supplere tradisjonelt flomvern noe som igjen vil gi en bedre arealutnyttelse og uendret økologisk status i vassdraget.

Rapporten tar for seg hva som kan oppnås av flomdemping i ulike situasjoner, hvilke skader kan en forvente å få redusert og tilknyttede kostnader. Det sees videre på hvilke andre hensyn som må tas og hvilke rammer et ombyggingstiltak bør gjennomføres innenfor. Vi har gjort en vurdering av de vanligste damtypene i små vassdrag og gitt noen eksempler på tiltak. Blant tiltakene finnes både tradisjonelle og mer utradisjonelle løsninger, som f.eks. bruk av gabioner som vil «tilbakeholde» mindre flommer, men som likevel tåler overtopping ved ekstremflommer. Vi har sett på i hvilke situasjoner det kan være aktuelt å bruke eksisterende dammer til flomdemping. Viktige faktorer her er hydrologien og avstanden mellom dammen og skadeområdet. Dersom restfeltet mellom dam og skadeområde blir for stort, vil selv en stor demping i magasinet få liten virkning på skadeflommen.

Vi har i forbindelse med denne studien utarbeidet et verktøy for grovsortering av kandidater av eksisterende magasiner som kan ha tilstrekkelig flomdempingspotensial. Demping kan oppnås både ved heving og senkning i forhold til den etablerte praksisen. Hva som foretrekkes vil avhenge av damtype og magasinforhold, samt hvordan de fysiske tiltakene og endringer i magasin vannstand og vannføring nedstrøms vil påvirke miljø og samfunn.

Ved tilstrekkelig kunnskap om vassdraget og tilgrensende områder, samt god planlegging, kan tiltaket i mange tilfeller planlegges slik at det ikke påvirker allmenne interesser i en grad som ikke kan aksepteres. Dette inkluderer f.eks. estetisk utforming, tilrettelegging for friluftsliv, bevaring av kulturminner og verdifullt naturmangfold. Videre kan tiltaket ofte gjennomføres uten at det medfører endret økologisk tilstand i vassdraget siden vi her snakker om allerede eksisterende dammer. Det mest følsomme kvalitetselementet for denne type tiltak vil ofte være fisk.

Rapporten er skrevet som et grunnlag for å vurdere om denne type tiltak er gjennomførbare og har en hensikt. Det er etter vår vurdering sannsynligvis et betydelig antall dammer der de fysiske tiltakene som må gjennomføres er overkommelige og sannsynligvis rimelige i forhold til nytteverdien sammenlignet med tradisjonelle flomsikringstiltak.

Det må før iverksetting av tiltak undersøkes om tiltaket er konsesjonspliktig eller krever tillatelse etter annen lovgivning.

REV.	DATO	BESKRIVELSE	UTARBEIDET AV	KONTROLLERT AV	GODKJENT AV
02	10.02.2018	Revisjon etter kommentarer fra NVE	GHK	GHK	GHK
01	23.01.2018	Revisjon etter kommentarer fra NVE	SAS, RO, HBJ, GT, GHK	GHK	GHK
00	08.11.2017	Utkast til kommentar	SAS, RO, HBJ, GT, GHK	RO, GHK	GHK

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	Innledning	6
2	Gjeldende lovgivning	6
2.1	Damsikkerhetsforskriften	6
2.2	Konsesjonspliktvrdering.....	7
2.3	Forskrift om konsekvensutredning	7
2.4	Naturmangfoldloven.....	8
2.5	Forskrift om fysiske tiltak i vassdrag	8
2.6	Vannforskriften	8
2.7	Kulturminneloven	9
2.8	Forurensningsloven og -forskriften.....	9
3	Hydrologiske forutsetninger	10
3.1	Generelt.....	10
3.2	Foreslått metodikk for enkle vurderinger.....	10
4	Hydrauliske løsninger	11
4.1	Aktiv eller passiv løsning?	11
4.2	Innsnevring av overløp.....	11
4.3	Bruk av bunnluke/tapperør	13
4.4	Andre hydrauliske utforminger.....	15
5	Tekniske løsninger	16
5.1	Damtyper i Norge	16
5.2	Demping ved hevingsmagasin (økt flomvannstand)	16
5.3	Demping ved senket utgangsvannstand	19
6	Allmenne interesser.....	20
6.1	Innledning	20
6.2	Naturmangfold.....	21
6.3	Naturressurser	24
6.4	Kulturminner og kulturmiljø	24
6.5	Landskap	24
6.6	Friluftsliv	25
7	Kost-nytte.....	27
7.1	Heving kontra senking av utgangsvannstand.....	27
7.2	Kvalitativ vurdering av egnethet og kostnader for forskjellige typer ombygging	27
7.3	Nytte-kostnadsberegninger	28
8	Forslag til framgangsmåte.....	30
9	Konklusjon.....	30
10	Referanser	31

1 Innledning

Det har over de seneste årene og månedene skjedd en rekke ødeleggende flomhendelser rundt om i Norge, og det oppstår i denne sammenhengen debatt om hvorvidt små dammer oppstrøms i nedbørfeltet kunne ha bidratt til å dempe flomtoppen og dermed redusere skadene.

Foreliggende rapport er et FoU-prosjekt for NVE om muligheter for ombygging av eksisterende dammer i små vassdrag for flomdemping. Hypotesen vi har tatt utgangspunkt i er at eksisterende, ikke-aktivt-regulerte dammer i små nedbørfelt kan etter ombygging/påbygning fungere som flomregulering. Flomregulerende dammer kan fungere som et alternativ eller et supplement til tradisjonelt flomvern. Utnyttelsen av eksisterende dammer som flomvern vil kunne hindre inngrep nedstrøms i vassdraget, som igjen vil gi bedre arealutnyttelse og uendret/lik økologisk status i vassdraget.

Hensikten er å se nærmere på denne hypotesen om at dammer etter ombygging, og primært med selvregulering, kan være et alternativ til eller supplere tradisjonelt flomvern. Hensikten er å finne tiltak som kan redusere faren for oversvømmelse og omfattende og plutselig erosjon, samt innovasjon i utformingen av dammen slik at den kan være selvregulerende ved flom. Det skal også utarbeides typeeksempler på hvordan dette kan gjøres.

Rapporten er skrevet som et grunnlag for å vurdere om denne type tiltak er gjennomførbare og har en hensikt. Den tar for seg hva som kan oppnås av flomdemping i ulike situasjoner, hvilke skader kan en forvente å få redusert og hvilke kostnader vil det være knyttet til denne type prosjekter. Det sees videre på hvilke andre hensyn som må tas og hvilke rammer et ombyggingstiltak bør gjennomføres innenfor.

2 Gjeldende lovgivning

2.1 Damsikkerhetsforskriften

Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) gir bestemmelser om teknisk utforming av bl.a. damanlegg med bruddkonsekvenser uavhengig av om dammene er anlagt med konsesjon eller ikke. Anlegg uten bruddkonsekvenser faller inn under plan- og bygningsloven. Forskriften angir krav som må oppfylles, men avvik som ikke har sikkerhetsmessige konsekvenser kan få dispensasjon.

NVE har registrert flere tusen dammer i Norge, og antallet registrerte dammer fortsetter å øke. En gjennomgang av materiale tidligere mottatt fra NVE viser en økning på omtrent hundre "nye" dammer pr. år over de siste knappe 15 år, og det er ingen tegn til at økningen stopper i nærmeste fremtid. Hvor mange anlegg som finnes er usikkert, men de "nye" dammer som jevnlig "dukker opp" er typisk eldre anlegg med beskjeden fysisk størrelse. De "nye" eldre dammene er i de aller fleste tilfellene etablert uten hjemmel i konsesjon, de er såkalte konsesjonsfrie dammer. En del av disse dammene har på grunn av samfunnsutviklingen etter hvert fått et bruddkonsekvenspotensial i konsekvensklasse 1-4.

De tekniske kravene i damsikkerhetsforskriften gjelder vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4. Kravene skal sørge for at vassdragsanlegg til enhver tid har tilstrekkelig høyt sikkerhetsnivå, slik at det ikke inntreffer brudd, svikt eller feilfunksjon. Damsikkerhetsforskriften gir ikke hjemmel til å kreve ombygging/fornyelse av eksisterende dam som kun omfatter flomdempende tiltak. Dammer i konsekvensklasse 1-4 skal ha et flomløp med tilstrekkelig kapasitet til å avlede dimensjonerende avløpsflom ved dimensjonerende flomvannstand. Kravet til flomavledning er også at flomforholdene nedstrøms ikke skal forverres i forhold til naturlig tilstand, med mindre dette tillates i konsesjon. Hensynet til allmenne interesser vil i praksis kunne tilsi at en ombygging av dam ikke bør forverre langvarig etablert praksis (vannføring, vannstand) selv om «naturlig» tilstand før dammen ble etablert i enkelte tilfeller viser seg å være betydelig verre enn etter ombygging. Endring av langvarig etablert praksis vil normalt gjøre det nødvendig med vurdering av konsesjonsplikt, jf. kapittel 2.2.

Det er viktig å skille mellom dammens bruddpotensial og flomdempingspotensial. Eksempelvis kan en "ubetydelig" inntaksdam for en gammel industribedrift ha et betydelig skadepotensial ved brudd hvis den

befinner seg rett oppstrøms et boligfelt, mens selv en relativt stor reguleringsdam lenger oppstrøms kan ha et ubetydelig bruddpotensial, men et betydelig bidrag til flomdemping.

Dam som faller inn under damsikkerhetsforskriften vil ha krav til hvilke løsninger (materialvalg, metoder) som kan brukes og hvilke ekstremlaster som dammen må dimensjoneres for. Dammer i konsekvensklasse 0 kan utformes på helt andre måter om ønskelig da det ikke foreligger bruddkonsekvenser. Det er likevel viktig å være oppmerksom på at forvalteransvar, aktsomhetsplikt, vedlikeholdsplikt og erstatningsansvar etter vannressursloven §§ 5, 37 og 47 gjelder for alle vassdragsanlegg uavhengig av konsekvensklasse.

2.2 Konesjonspliktavurdering

For ombygging/gjenoppbygging av damanlegg til flomdemping, må forholdet til gjeldende lovverk, herunder konesjonslovgivningen avklares. Eksisterende anlegg kan være bygd lovlig både med og uten konesjon.

Et vassdragstiltak er i hovedsak konesjonspliktig iht. vannressursloven § 8 dersom det kan være til nevneverdig skade eller ulempe. Konesjon kan bare gis dersom fordelene ved tiltaket overstiger skader og ulemper for allmenne og private interesser som blir berørt i vassdraget eller nedbørfeltet (§ 25). I konesjonen kan det settes vilkår for å motvirke skader eller ulemper for allmenne eller private interesser (§ 26).

Vannressurslovens bestemmelser gjelder også for tiltak som var iverksatt før lovens ikrafttreden (2001). Tiltak med konesjon etter den gamle vassdragsloven 1(1940) §§ 104 og 105, har konesjon også etter vannressursloven § 8. Eldre, pågående vassdragstiltak som ikke trengte konesjon etter tidligere vassdragslovgivning, kan fortsette i *samme omfang* uten konesjon. Vassdragsmyndigheten kan imidlertid i særlige tilfeller ved enkeltvedtak fastsette at tiltaket er konesjonspliktig. Vassdragsmyndigheten kan også fastsette nye vilkår av hensyn til allmenne eller private interesser.

Etter vannressursloven § 21 kan vassdragsanlegg med konesjon gjenoppbygges uten ny konesjon dersom arbeidet tar til innen fem år etter at det ble funksjonsudyktig og det fullføres med rimelig hurtighet. Vassdragsmyndigheten kan forlenge fristen én gang. Dersom disse fristene overskrides må behovet for ny konesjon avklares med vassdragsmyndigheten. Det samme gjelder dersom formålet med dammen skal endres, for eksempel fra drikkevannsformål til flomdemping.

Vassdragsreguleringsloven gjelder reguleringer og overføringer for produksjon av elektrisk energi som øker vannkraften, jf. lovens § 3:

- a) med minst 500 naturhestekrefter i et enkelt vannfall som kan utnyttes under ett,
- b) med minst 3 000 naturhestekrefter i hele vassdraget eller
- c) som alene eller sammen med tidligere reguleringer eller overføringer påvirker naturforholdene eller andre allmenne interesser vesentlig.

Dammer bygd før 1940 kan være etablert med hjemmel i kongelig resolusjon etter vassdragslovgivningen. Dette kan også gjelde dammer i mindre vassdrag. Dersom disse dammene ønskes tatt i bruk til annet formål må saksbehandlingen avklares med vassdragsmyndigheten.

Det må ved ombygging/gjenoppbygging avklares om de endringer tiltaket medfører for vannstand og vannføring er innenfor gjeldende konesjonsvilkår, eller om de utløser krav om ny konesjonsbehandling. For dammer uten konesjon må man antakeligvis også ta i betraktning om endringene ligger utenfor det som har vært «vanlig praksis», og om det er grunn til å fastsette vilkår av hensyn til allmenne eller private interesser. Vanlig framgangsmåte for å avgjøre dette vil være å be vassdragsmyndigheten om en konesjonspliktavurdering etter vannressursloven § 18. En slik vurdering skal ta for seg om tiltaket vil kunne medføre skade eller ulempe for allmenne interesser.

For tiltak i vassdrag som ikke er konesjonspliktige iht. vassdragslovgivningen, skal tiltaket likevel behandles etter plan- og bygningsloven eller annet aktuelt lovverk (se påfølgende kapitler).

2.3 Forskrift om konsekvensutredning

Forskrift om konsekvensutredning §§ 6-8 angir nærmere hvilke tiltak som skal konsekvensutredes. Behov for konsekvensutredning skal vurderes for demninger og anlegg for oppdemming eller varig lagring av vann, samt

kanalisering og flomsikring. Behovet skal vurderes ut ifra virkninger tiltaket kan få for miljø og samfunn jfr. forskriftens kap. 3. Utvidelser og endringer av anleggene skal også vurderes konsekvensutredet dersom de kan få vesentlige virkninger. I mange tilfeller vil det trolig være tilstrekkelig med en enklere utredning av den type ombyggingstiltak som vurderes i denne rapporten.

2.4 Naturmangfoldloven

Lov om naturmangfold (naturmangfoldloven) gir regler om bærekraftig bruk og vern av naturen. Alle prosjekter som berører naturmangfold skal vurderes etter naturmangfoldloven uavhengig av prosjektene skal iverksettes i medhold av andre lover og regler.

Aktsomhetsplikten (§ 6) og lovens bestemmelser om miljørettslige prinsipper (§§ 8-12), prioriterte arter (§ 23), områdevern (§§ 35-39, 48 og 49), utvalgte naturtyper (§§ 52-53) er særlig relevante.

2.5 Forskrift om fysiske tiltak i vassdrag

I de tilfeller hvor tiltaket kan endre forholdene for fisk eller andre ferskvannsorganismer, må det også undersøkes om det kan kreves tillatelse etter forskrift om fysiske tiltak i vassdrag. Forskriften har hjemmel i lov om laksefisk og innlandsfisk mv. Dette kreves normalt ikke for tiltak med konsesjon etter vannressursloven.

2.6 Vannforskriften

Implementering av EUs vanndirektiv i norsk lov gjennom «Forskrift om rammer for vannforvaltningen» har medført endringer for måten vannforvaltningen skal gjennomføres i Norge.

Et viktig premiss er at vassdragene skal håndteres som egne forvaltningsenheter, de skal altså forvaltes helhetlig og forvaltningspraksis skal være lik for hele vassdraget uavhengig av konstruerte, administrative grenser. Et annet viktig premiss er at tilstanden til et vassdrag skal vurderes helhetlig og alle påvirkninger skal vurderes samlet før man iverksetter de antatt mest effektive tiltakene.

Med basis i disse forvaltningsplaner skal det utarbeides tiltaksprogram, og vedtatte tiltak for å bedre vannmiljøet skal gjennomføres. Første fullstendige planleggingsfase ble sluttført i 2015. 2016 til 2021 er første periode i gjennomføringsfase for alle Norges vannregioner og mange nye tiltak for å bedre tilstanden i våre vassdrag settes i verk i disse dager.

Det sentrale målet er å nå fastsatte miljømål i alle vannforekomster. Det generelle miljømålet for alle er at man skal oppnå minst «god økologisk tilstand» og «god kjemisk tilstand». Den kjemiske tilstanden i vassdraget relaterer seg til grenseverdier for utvalgte, forurensende stoffer. Den økologiske tilstanden i et vassdrag fastsettes ved å undersøke tilstanden til biologiske kvalitetselementer som er følsomme for relevante påvirkninger i det aktuelle vassdraget. Grenseverdiene er fastsatt for ulike vann typer.

Der tilstanden vurderes med hensyn til flere biologiske kvalitetselementer er tilstanden til det kvalitetselementet som angir den dårligste klassen styrende. Når det gjelder den type inngrep dammer representerer, vil fisk ofte være det mest følsomme kvalitetselementet, men i spesielle tilfeller kan andre organismegrupper berøres sterkere. Disse kan være f.eks. elvemusling og edelkreps.

I forbindelse med eventuelle ombygginger av dammer med flomforebygging for øye er vannforskriftens § 12 relevant. Denne paragrafen omhandler hvordan man skal forholde seg til vannforskriftens bestemmelser når man vurderer nye inngrep i vassdragene. I denne sammenheng har også Klima- og Miljødepartementet utarbeidet en veiledning til bruk av bestemmelsen datert februar 2015. Paragrafen skiller på inngrep som utelukkende medfører endringer i vannforekomstens fysiske beskaffenhet og inngrep som også medfører andre former for miljøforringelse. I førstnevnte tilfelle kan man, dersom en konkret vurdering tilsier at det er riktig, tillate at miljøtilstanden i en vannforekomst forringes til en slik grad at målet om god økologisk status ikke nås. Dette vil normalt bare være aktuelt dersom inngrepet har klare, samfunnsmessig positive effekter. For inngrep som også medfører andre former for miljøforringelse enn rent fysiske, åpnes det kun for å tillate forringelse av økologisk tilstand fra klassen «svært god» til klassen «god».

Paragraf 12 i forskriften relaterer til miljømålene, og har derfor ikke kommet til anvendelse før de første vannforvaltningsplanene var ferdig behandlet og godkjent sommeren 2016. Det finnes derfor begrenset rettspraksis knyttet til anvendelse av bestemmelsen.

Vannforskriften har en egen kategori av vannforekomster som kalles sterkt modifiserte vannforekomster (SMVF). Dette er vannforekomster som har blitt betydelig fysisk endret pga. samfunnsnyttige formål som kraftproduksjon, drikkevann, annet vannuttak, flomvern m.m.

Det er ikke ansett som hensiktsmessig å oppnå god økologisk tilstand i alle disse forekomstene dersom de fysiske inngrepene skal opprettholdes pga. samfunnsnyttien. For SMVF settes miljømålet gjerne til «godt økologisk potensial» i stedet for «god økologisk tilstand». Dette innebærer at målet er definert på en nokså annerledes måte. Målet om «godt økologisk potensial» defineres ved tilstanden etter at alle realistiske avbøtende tiltak er gjennomført. Miljømålet er altså fastsatt spesifikt for vannforekomsten; dette pga. at den økologiske tilstanden kan variere mye mellom hver SMVF. Selv om miljømålet i SMVfer defineres ut fra realistiske avbøtende tiltak finnes det allikevel minimumskrav. Miljømålet «godt økologisk potensial» skal sikre et fungerende akvatisk økosystem. Normale fysiske prosesser skal opprettholdes og økologiske funksjonsområder skal sikres. Allikevel kan «godt økologisk potensiale» oppnås selv om inngrepet gir endringer i produksjon og biomasse samt endringer i dominansforhold mellom arter. Statusen for hver SMVF revurderes for hver forvaltningsplan, og klassifisering som SMVF forutsetter at økologisk tilstand er kjent. Dette betyr at oversikten over SMVF kan endre seg over tid.

Ombygging av eksisterende dammer vil trolig sjelden medføre endring av påvirkning som medfører behov for helt andre eller helt nye avbøtende tiltak og som dermed påvirker miljøtilstanden i disse vassdragene. Per i dag er kun ca. 12 % av alle forekomster av innsjøer, elver- og bekkefelt klassifisert som SMVF ifølge databasen Vann-Nett, og det er en rimelig antakelse at de fleste aktuelle flomsikringsprosjekter av den type som omtales i denne rapporten er lokalisert til vassdrag som ikke er sterkt modifiserte.

2.7 Kulturminneloven

Lov om kulturminner regulerer vern og forvaltning av kulturminner. Loven er relevant både i forbindelse med planlegging og gjennomføring av tiltak.

En rekke kulturminner fra før 1536 er automatisk fredet jfr. kulturminnelovens § 4, og det er forbud mot inngrep i disse jfr. kulturminnelovens § 4 uten tillatelse etter § 8. Ved planlegging av offentlige og større private tiltak må det jf. § 9 undersøkes om tiltaket vil virke inn på automatisk fredete kulturminner.

Yngre kulturminner kan være vedtaksfredet jf. § 15, og inngrep i disse kan kun gjøres etter tillatelse i medhold av § 15a.

Ingen må skade løse kulturminner, og finner av slike samt skip/fartøy plikter jfr. § 13-14 snarest mulig å melde funnet til vedkommende politimyndighet på stedet eller kulturminnemyndigheter.

2.8 Forurensningsloven og -forskriften

Lov om vern mot forurensninger og om avfall (forurensningsloven) har som formål bl.a. å verne det ytre miljø mot forurensning.

Jf. § 7 må ingen gjøre eller sette i verk noe som kan medføre fare for forurensning uten at det er lovlig etter §§ 8 eller 9 eller tillatt etter vedtak i medhold av § 11. § 8 omfatter vanlig forurensning slik som fra midlertidig anleggsvirksomhet, mens § 11 omfatter særskilt tillatelse til forurensende tiltak. Sistnevnte er aktuelt f.eks. i forbindelse med utslipp av vesentlig forurenset anleggsvann til vassdrag eller deponering av masser i sjø/vann.

Forskrift om begrensnig av forurensning (forurensningsforskriften) gjelder ved terrenginngrep i områder hvor det har vært virksomhet som kan ha forurenset grunnen, det finnes tilkjørte forurensete masser eller det av andre årsaker er grunn til å tro at det er forurenset grunn.

Tiltakshaver skal jfr. forskriftens § 2-4 ved terrenginngrep vurdere om grunnen i tiltaksområdet kan være forurenset. Ev. forurenset grunn eller sedimenter må håndteres i tråd med forskriftens videre føringer.

3 Hydrologiske forutsetninger

3.1 Generelt

Utgangspunktet for vurderingene her er at det er identifisert et flomproblem i et område og at det derfor er et behov for å se på tiltak for å redusere flommene eller å begrense flomskadene. Flommens størrelse og form i det aktuelle skadeområdet er da helt sentral for hvilke muligheter som finnes for å redusere flomstørrelsene. Vi har her sett kun på enkle felt hvor det er kun ett magasin og dermed to delfelter som vurderes, ett regulert felt oppstrøms det aktuelle magasinet og ett uregulert restfelt mellom dammen og det aktuelle skadeområdet.

Flomfordelingen (størrelse, varighetsprofil, sannsynlighet) over året i feltet må bestemmes og sammenliknes med sannsynlig startvannstand i magasinet på samme tidspunkter dersom det er et magasin som fremdeles brukes i en aktiv regulering. Dersom magasinet ikke lenger reguleres vil initialvannstanden i dagens situasjon normalt kun være bestemt av overløpskarakteristikken og tilsiget.

Tilsiget sammen med overløpskarakteristikken og magasinkurven vil bestemme hvor mye ulike flomstørrelser dempes og dermed hvor stor reduksjon i flomskader en kan forvente for ulike gjentaksintervaller. Flomskader kan knyttes til vannføringer på ulike vis, flomsonekart vil være godt egnet til dette formålet, dersom dette ikke er tilgjengelig kan det også gjøres enklere vurderinger basert på historiske observasjoner av oversvømmelser. Dette kan da benyttes inn i en nytte-kostnadsmodell for å gjøre en samfunnsøkonomisk vurdering av dempingspotensialet.

3.2 Foreslått metodikk for enkle vurderinger

For å gjøre en ordentlig vurdering av flomdemping i et magasin må det utarbeides en flomberegning, dette kan ofte være en relativt tidkrevende prosess og i en tidlig fase hvor det kun ønskes en vurdering av hvilke muligheter som foreligger kan dette gjøres på en forenklet måte. NVE har utviklet en regresjonsformel for flomstørrelser i mindre nedbørfelt (NVE, 2015), dette er en enkel formel som bruker kun nedbørfeltareal, normalavrenning og effektiv sjøprosent men som synes å treffe godt i mange tilfeller. Formelen gir kulminasjonsvannføring slik at det må konstrueres et flomforløp rundt denne toppverdien, vi har i vår analyse brukt et standardisert forløp hvor kulminasjon er 2 x døgnmiddel, dette er erfaringsmessig en typisk verdi for mindre felt men dette vil selvsagt i realiteten variere mye ut fra lokale forhold. Nødvendige feltparametere kan finnes ved hjelp av GIS verktøy, NVE har også laget et eget verktøy for slike analyser som heter NEVINA (nevina.nve.no). Merk dog at effektiv sjøprosent funnet i NEVINA må korrigeres ettersom den vil inneholde det aktuelle magasinet også og dermed vil gi en dempet avløpsflom mens det vi trenger for denne vurderingen er en uregulert tilløpsflom. Ofte vil det ikke være andre vann eller tjern oppstrøms, og i så fall blir effektiv sjøprosent ganske enkelt 0. Når uregulert tilløpsflom er funnet for magasinet og restfeltet ned til skadeutsatt område kan et flomforløp konstrueres.

Videre må det etableres kapasitetskurver for dammens flomløp for dagens situasjon og for en aktuell ombygging samt en magasinkurve for magasinet. Magasinkurven kan gjerne forenklet settes lik magasinarealet ganger høyde dersom magasinet ikke varierer veldig. Disse, sammen med den hydrologiske informasjonen brukes så for å sette opp og kjøre en enkel magasinrutingsmodell som vil si hvor mye flommen ved skadestedet vil dempes for ulike ombyggingsalternativer og for ulike gjentaksintervaller. Denne informasjonen kan benyttes for å estimere en omtrentlig samfunnsøkonomisk verdi av reduserte flomskader som igjen kan sees opp mot tiltakets kostnader, dette er nærmere beskrevet i kapittel 7 som omhandler nytte-kostnadsvurderinger.

4 Hydrauliske løsninger

4.1 Aktiv eller passiv løsning?

Det er flere mulige måter å løse flomdempingen på i et magasin. Det sentrale er for alle at vi for å øke flomdempingen må utnytte et større dempingsmagasin ved å begrense utstrømningen fra magasinet. Dette kan gjøres ved å heve flomvannstanden eller ved å senke utgangsvannstanden (HRV), eventuelt begge deler. Hva som er aktuelt i det enkelte tilfelle vil være en teknisk, økonomisk og miljømessig vurdering, men hydraulisk er det liten forskjell på en heving eller en senking. Dette er nærmere beskrevet i senere kapittel.

Problemstillingen handler om å skape et *dempingsvolum* for innkommende flommer ved *ombygging* av dammer i små nedbørfelt. Endringene (ombyggingen) gir et bidrag som kommer i tillegg til dagens etablerte tilstand, som kan være alt fra vel fungerende anlegg etter dagens krav til nedfalne og ikke vedlikeholdte anlegg med defekte flomavledningsorgan og tappeorganer (bunntappeluke).

Uavhengig av den tekniske tilstanden til dammen, er det prinsipielt viktig å ta standpunkt til om vannslippingen fra magasinet (eller utgangsvannstanden) skal styres forut, under og etter en flom, eller om den skal være selvregulerende.

Med *selvregulering* menes at det ikke skal forutsettes menneskelige inngrep i en gitt situasjon; det skal ikke åpnes eller stenges luker og ventiler basert på f.eks. prognoser om tilsig eller melding om skader nedstrøms. Den styringen (selvreguleringen) som skjer vil være basert utelukkende på fysiske forhold ved dammen – i praksis magasin vannstanden:

- Frie overløp med overløpslengder, form og terskelhøyder, eventuelt overtopping av damkrone og / eller terreng, gir avledning bestemt av vannstanden i magasinet
- Åpne luker og ventiler, sugeoverløp, gir bidrag avhengig av utgangsposisjonen
- Flottører og flottørstyrte ventiler, nødoverløp (fuse plugs) som utløses ved forhåndsbestemt vannstand kan gi ytterligere kapasitet

Vi har i denne rapporten konsentrert oss om frie overløp i ulike former samt permanent åpne luker og ventiler. Det er ikke foretatt noen nærmere vurdering av tekniske løsninger for å styre flomavledning kontra -magasiner i en flomsituasjon. Andre løsninger som sugeoverløp, flottørstyrte tappeorganer og *fuse gate* løsninger vil ikke være aktuelt i mange tilfeller og vil også være veldig situasjonsbestemt.

Det vil fremdeles være usikkerhet knyttet til fordrøyningen i en gitt flomsituasjon. Selv frie overløp kan bli tilstoppet og ha redusert kapasitet pga. vegetasjon, flytegoods eller is. Manøvrerbare tappeorganer gir mulighet for struping av avløpsflom, f.eks. etter en flomtopp.

Med *styrt situasjon* menes at en eller flere faktorer ved flomavledningen styres av mennesker basert på en vurdering av effekt/nytte i den konkrete situasjonen eller forventninger om utvikling:

- Startvannstand ved flomsituasjon styres med forhåndstapping
- Eventuelle frie overløp og permanent åpne luker o.l. gir bidrag avhengig av terskelnivå og størrelse og magasin vannstand
- Tapping under flom styres med luker, ventiler, nålestengsler o.l.

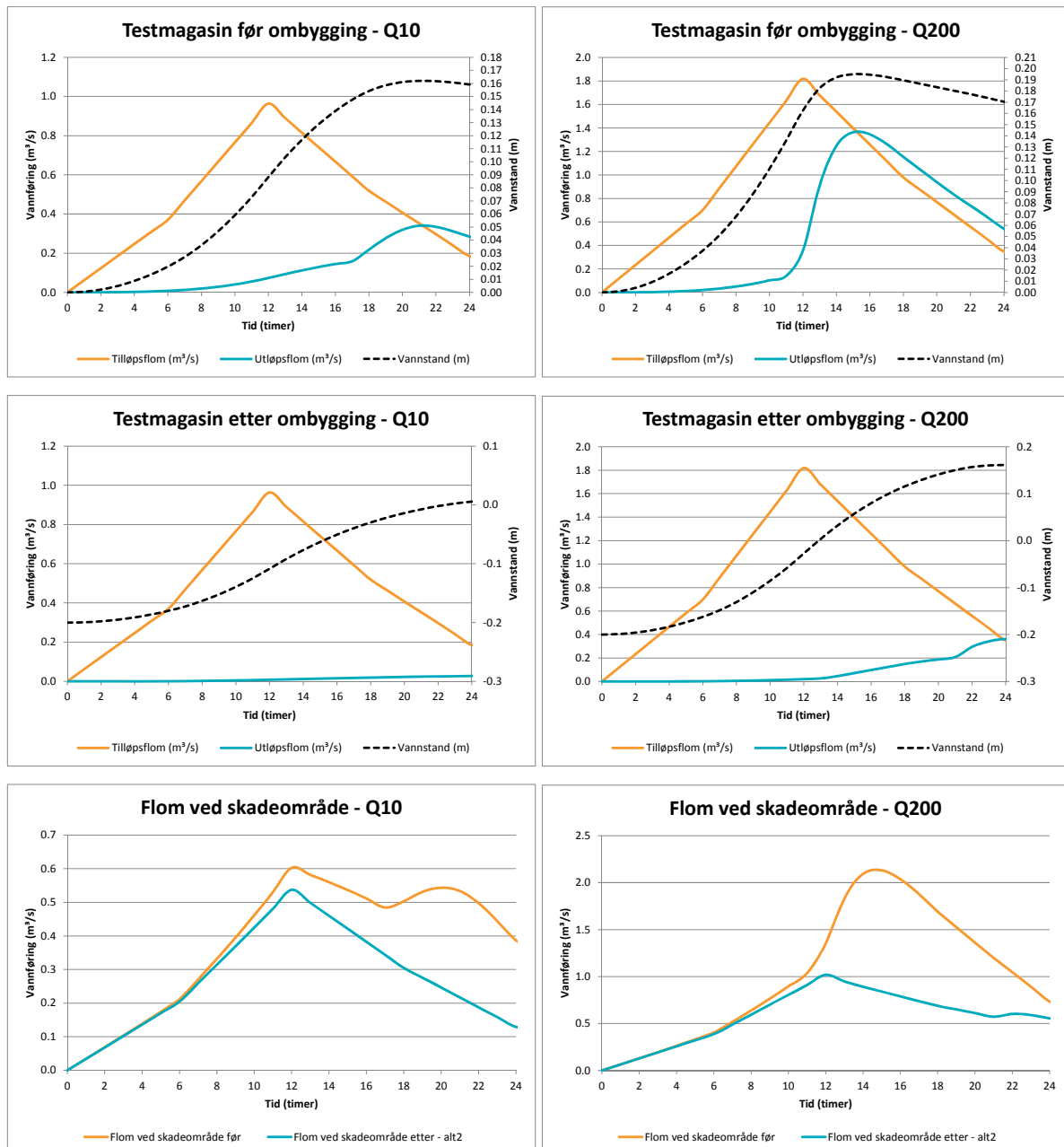
Foreliggende rapport omhandler selvregulerende dempingsmagasin, som er det NVE primært ønsker å se på mulig bruk av.

4.2 Innsnevring av overløp

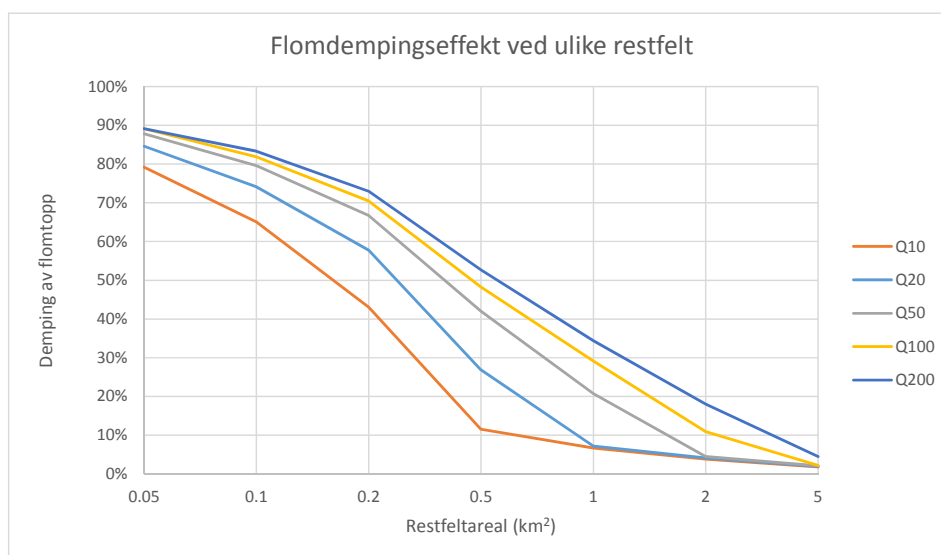
Ofte er dammer dimensjonert med et flomløp som ligger på ett nivå og som er dimensjonert ut fra at det skal ta unna en svært stor flom uten overtopping av dam, typisk femhundreårsflom eller tusenårsflom. Dette innebærer gjerne kun liten demping av mindre flommer. Vi har sett på ulike eksempler basert på virkelige dammer og rent hypotetiske hvor vi viser effekten av det å introdusere et smalere utløp på et lavere nivå enn

hovedflomløpet. Dette kan gjerne være ved at det ganske enkelt skjæres en sliss/hakk i eksisterende flomløp, noe som gir lavere normalvannstand og økt variasjon i flomvannstanden. Dette er nok den enkleste og mest vanlige formen for ombygging av dammer for å øke flomdempingseffekten.

Vi har her sett på et hypotetisk eksempel basert på en dam i Drammensregionen med nedbørfelt på 1 km², restfelt 0,5 km², 20 l/s/km² normalavrenning og A_{SE} = 0 %. Videre er det et magasin på 0,2 km² og et flomløp på 2 meter lengde og 15 cm dybde. Beregningene viser at introduksjon av en 20 cm lang (dvs. 10 % av opprinnelig overløpslengde) og 30 cm dyp sliss/overløpssegment, reduserer utløpsflommen ved Q200 fra ca. 1400 l/s til ca. 400 l/s. I tillegg er flomtoppen så forsinket at magasinet ikke bidrar til nedstrøms flomtopp i det hele tatt. Med et restfelt før bebyggelsen på 0,5 km² blir Q200 redusert med ca. 52 % og Q10 med ca. 11 %.



Figur 1. Rutingsresultater eksempel 1

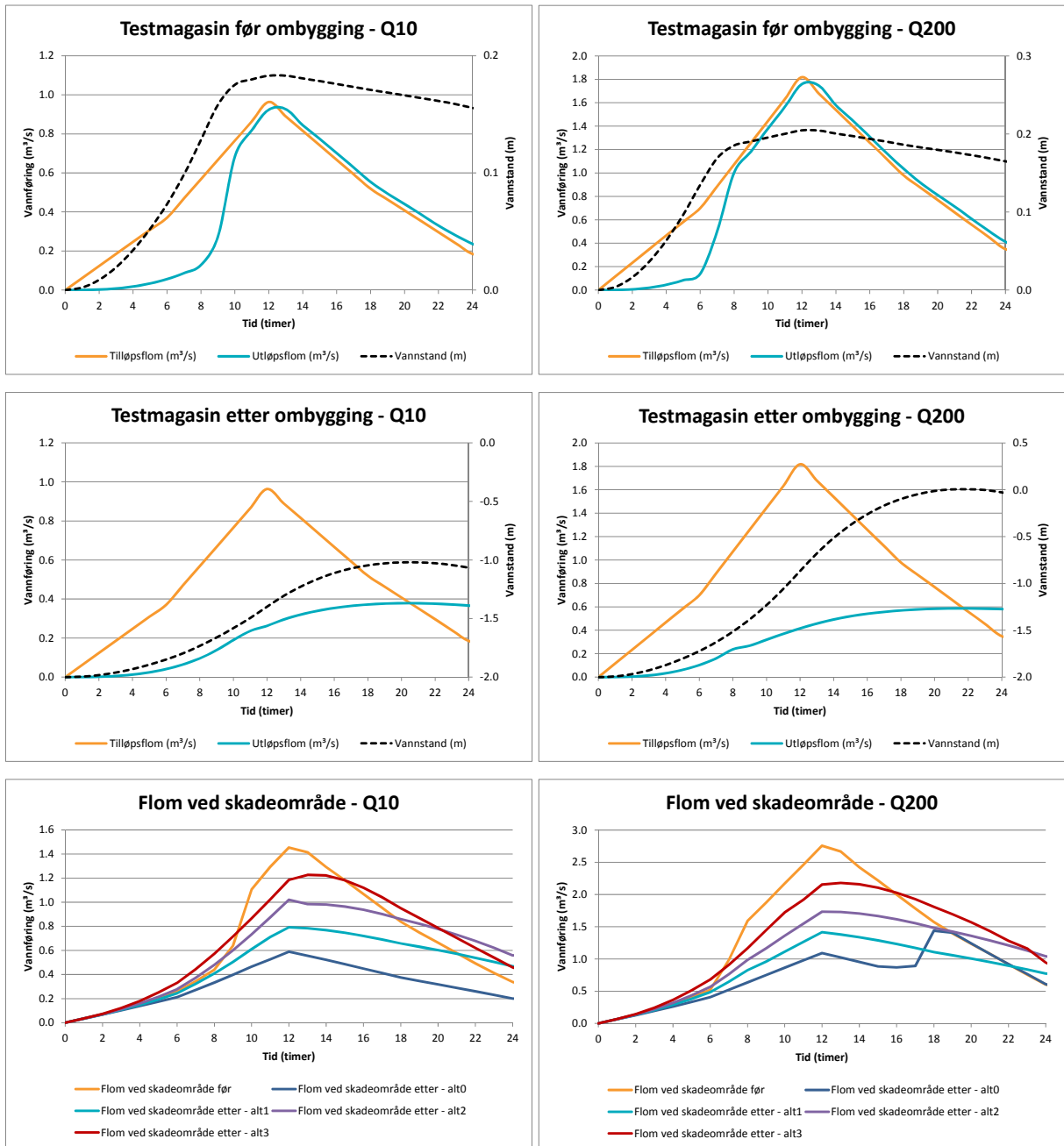


Figur 2. Sensitivitet for restfeltareal

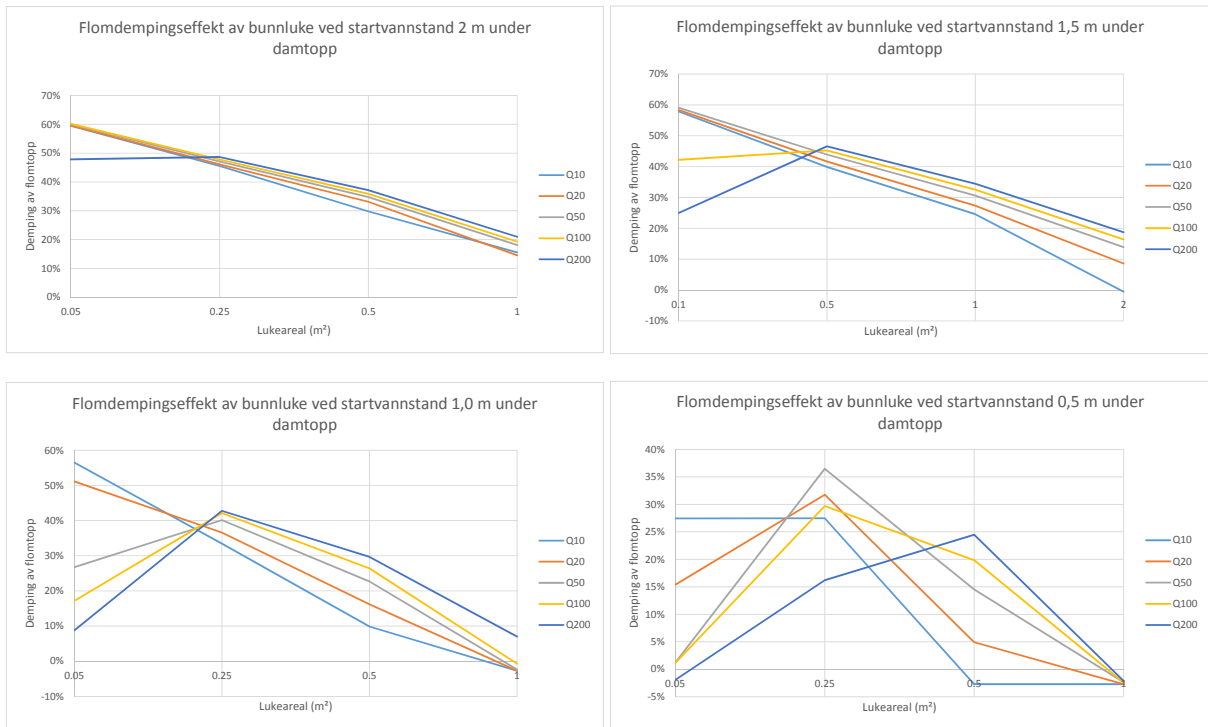
Som vi kan se av beregningene er potensiell flomdempingseffekt svært avhengig av hvor stort restfeltet mellom dammen og skadeområdet er. Når restfeltet er like stort som det regulerte feltet har flomdempingseffekten gått ned til ca 35 % for det aktuelle eksemplet, sammenlignet med utgangseksemplet hvor restfeltet var halvparten så stort som det regulerte feltet og flomdempingseffekten var på over 50 % for Q200. For mindre flommer kommer restfelt-effekten raskere ettersom dempingen av disse er mindre med den foreslåtte utformingen. Med en kraftigere struping av det lille overløpet ville effekten på mindre flommer blitt større og tilsvarende mindre for store flommer.

4.3 Bruk av bunnluke/tapperør

Den andre hovedtypen av ombygging er en som involverer bruk av ei bunnluke eller et tapperør, dette innebærer da normalt en permanent nedsenking av magasinet hvis løsningen ikke skal innebære noen aktiv regulering. Denne metoden er gjerne aktuell hvis det ikke behøves å ha noe permanent vannspeil og en større vannstandsvariasjon kan aksepteres. Det viktigste poenget ved denne løsningen er at størrelsen på tappeåpningen er svært viktig, både for liten åpning og for stor åpning vil gi dårlig flomdemping (og i enkelte tilfeller en flomØKNING i stedet for en reduksjon). Utgangseksemplet er det samme nedbørfeltet og avrenningsforholdene som i det første eksemplet, men magasinet er her antatt å være vesentlig mindre, 0,05 km², slik at det må vesentlig større vannstandsending til for å oppnå en betydelig flomdemping. Det er her valgt å bruke en lukeåpning på 0,25 m² og 2 meter senking av magasinet, det som omtales som Alternativ 1 i kurvene nedenfor. Vi har her også sett på effekten av ulike lukeåpninger på flomdempingen, disse er vist som Alt0 til Alt3, med lukeåpninger på hhv. 0,05 m², 0,25 m², 0,5 m² og 1 m². Tallene blir tilsvarende hvis tappeorganet er et tapperør med en eventuell ventil.



Figur 3. Rutingresultater eksempel 2



Figur 4. Sensitivitet for lukeåpning og ulik startvannstand

Som vi kan se av figuren over vil mindre lukeåpninger gi bedre flomdemping inntil et visst punkt hvor de større flommene blir utilstrekkelig dempet og gir såpass stort overløp over dammen at det bidrar vesentlig til skadeflommen nedstrøms. Hvor stor optimal åpning vil være avhenger av hvor stort dempingsmagasin som er tilgjengelig.

Et moment som er verdt å merke seg ved denne løsningen er at den i en del tilfeller kan gjøre det vesentlig enklere å legge til rette for opp- og nedvandring av fisk enn et fritt overløp som gjerne har et dropp på nedstrøms side som vil forhindre oppvandring. Derimot vil en luke eller et rør i bunn av dammen (som i normaltstand vil være tom) relativt lett vil kunne utformes slik at fisk lett kan passere både oppover og nedover.

4.4 Andre hydrauliske utforminger

Det finnes flere ulike varianter av mer spesielle tappearrangementer som kan være aktuelle i enkelte tilfeller, slik som hevertløsninger, selvregulerende tappearrangement styrt av magasin vannstand, såkalte «fuse-gates» og lignende men disse har vi ikke vist egne beregninger for ettersom disse i større grad vil være skreddersydd for den aktuelle dammen og da har mindre overføringsverdi som eksempel. Slike løsninger kan være aktuelle kanskje spesielt i situasjoner hvor det er relativt store begrensninger i bruken av magasinet, for eksempel at det er ønskelig at vannstandsvariasjonene i magasinet holdes så små som mulig av hensyn til for eksempel estetikk og miljøforhold.

5 Tekniske løsninger

5.1 Damtyper i Norge

Dammer i små felt er typisk, men ikke utelukkende mindre dammer. Mange damtyper er brukt opp gjennom årene. Det store flertallet i mindre nedbørfelt er gjerne mur- eller betong gravitasjonsdam eller fyllingsdam. Enkelte bukkedammer og tømmerkistedammer finnes, men dersom disse ikke har vært vedlikeholdt over mange år, er kvaliteten gjerne slik at de helst bør saneres (og erstattes av ny dam). Vi har derfor konsentrert oss om de damtypene som utgjør det store flertallet.

Damtypen som i sin tid ble valgt avhenger helst av atkomstmulighetene (veiløst eller ikke), fundamenteringen (fjell eller løsmasser) og tilgjengelige materialer (jord, stein, mur, betong, tømmer). Tetningselementet kan være jord, torv, treplank eller betong. Reguleringen og tappingen av dammene skjer gjerne ved bruk av bjelkestengsler eller nålestengsler, av og til ventiler eller enkle luker av tre eller jern.

Enkelte av disse damtypene vil være mer egnet enn andre til flomdemping. Spørsmålet om dempingsvolum oppnås ved heving- eller senkingsmagasin har også betydning for egnetheten for den enkelte damtypen:

- Ved hevingmagasin oppnås flomdemping ved at innkommende flom på "HRV" holdes tilbake i magasinet med tilhørende økt magasin vannstand
- Ved senkingsmagasin oppnås flomdemping ved at innkommende flom starter på et lavere nivå enn "HRV"

Kapittel 5.2 og 5.3 omtaler hhv. muligheter for hhv. heving og senking for ulike damtyper.

5.2 Demping ved hevingmagasin (økt flomvannstand)

5.2.1 Betong gravitasjonsdam

En gravitasjonsdam er stabil når vekta av dammen er nok til å hindre den i å gli og i å velte. Tradisjonelt er disse konstruert uten å forutsette istrykk på dammen, eller et redusert istrykk i forhold til dagens krav (sjablongmessig istrykk minst 100 kN/m – kan være større i deler av landet).

Den typiske betong gravitasjonsdammen er bygd med vertikal front mot vannsida og med nedstrøms side med fall ca. 1:1. Typisk er nedstrøms side ført vertikalt opp i den øverste delen slik at dammen får en kronebredde på ca. 0,5-1,0 m med damkrone liggende mindre enn ca. 0,5 m over HRV.

Lave betong gravitasjonsdammer på fjell er mer sårbare for å gli enn å velte (dersom man legger *Retningslinjer for betongdammer* til grunn for vurdering av friksjonen mot underlaget), i alle fall dersom det er dimensjonert for noe istrykk. Man skal som regel opp i flere meters høyde før velting blir bestemmende for stabiliteten.

Tappeluke eller manøvrerbart flomløp er som regel dimensjonert ut fra driftsbehovet nedstrøms. Frie overløp er som regel lagt over store deler av damkrona, eller det finnes kun et kort fritt overløp for å ta "normalflom" mens større flommer tillates å overtoppe dammen. Det siste er som regel ikke et problem for dammen når den er fundamentert på fjell, men kan bety at muligheten for naturlig demping av større innløpsflommer er tapt.

Den praktiske implikasjonen av dette er at disse dammene ofte tåler betydelig høyere flomvannstander enn det som er tiltenkt. Bygningsmessige tiltak vil være:

- Flomløpet snevres inn for å oppnå ønsket flomavledningskarakteristikk
- Bygging/forhøyelse av brystning til over ønsket flomvannsnivå
- Stabiliteten forbedres (hvis nødvendig) ved bruk av fjellbolter som settes gjennom eksisterende damkropp (for damdeler < 2 m høye er ikke stabilitetskontroll for manglende virkning av fjellbolter nødvendig etter damsikkerhetsforskriften. For høyere damdeler tillates en noe lavere beregningsmessig sikkerhet i kontrollsituasjonen med manglende virkning av installerte fjellbolter)

Direkte kostnader ved f.eks. heving av brystning med 0,5 m vil være svært små, i størrelsesorden 2-2.500 kr/lm dam for betongarbeidene og 1-2.000 kr/lm for fjellbolter (ekskl. rigg, prosjektering, byggeledelse og -kontroll). Ved små arbeider og vanskelig atkomst vil kostnadene kunne bli forholdsmessig mye større, men likevel ligge på et objektivt lavt nivå. Det må også kritisk vurderes hvorvidt det er nødvendig at "brystningen" er helt tett:

- Påbygging med plank eller tømmerstokker (betongelementer, stålelementer kan også brukes)
- Lette løsninger med kombinasjon av rammeverk og tetningsmedium, f.eks. rekkverk med flettverksgjerde og duk

Det finnes en rekke kommersielt tilgjengelige produkter for flomvern. Disse plasseres midlertidig ut i en potensiell situasjon. Mange av disse vil være egnet til bruk også for midlertidig forhøyelse av dammer, spesielt dersom det kan klargjøres festeanordninger på forhånd. Figur 5 viser eksempel på en meget enkel midlertidig løsning brukt som fangdam.



Figur 5. Tetningsduk lagt på et rammeverk av bygningsstillas fungerer utmerket som fangdam.

5.2.2 Mur gravitasjonsdam

Gravitasjonsdammer i mur er en tradisjonell damtype i Norge og utgjør antakeligvis størstedelen av eldre dammer. Murdam med stein lagt i mørtel tvers igjennom betraktes på samme måte som betong gravitasjonsdam. For de rene murdammene er det flere typer tetningselement, disse vil sette føringer for hvor egnet de er for heving.

Murdammer kan ha forskjellig geometri, men er vanligvis utført enten med vertikale damsider eller med moderat helning. Tetningselementet kan være innebygd mellom oppstrøms og nedstrøms mur, tetning av torv eller jord; eller med oppstrøms tetning bestående av et mursjikt lagt i mørtel eller med spekkede fuger; eller oppstrøms tetning av jord eller torv lagt inntil dammen i høyde med ca. HRV. Ofte er eldre dammer med oppstrøms tetning utstyrt med en senere betongpåstøp på oppstrøms side, gjerne supplert med fjellbolter. Generelt er murdammer mye bredere enn rene betong gravitasjonsdammer.

Flomavledningen skjer ofte over dammen, da er gjerne selve flomløpet utstyrt med tett bunn og sidevegger for å hindre vann i å trenge inn i damkroppen. Vanligvis er det gjort forsøk på å begrense overtopping, og i tillegg til faste overløp og eventuell bunnluke er det gjerne installert manøvrerbare nåleløp eller bjelkestengsler for å ta unna større flommer. Murdammer bygges også på løsmasser, da er flomløpet gjerne lagt på nærliggende fjell eller utenom selve dammen.

Stabilitetsmessig har nesten alle eldre murdammer problemer med å tilfredsstille dagens regelverk pga. istrykk og større flommer enn tidligere. Dersom de skal heves, må også tetningen følge med, noe som i praksis medfører at alle murdammer bygges om til oppstrøms tetning med kombinert betong ballast- og tetningsplate, gjerne utstyrt med fjellbolter.

Kostnadene avhenger av damtype, damhøyde og tilgjengelighet, men dersom tiltaket først bestemmes, kan man greit dimensjonere for en noe høyere flomvannstand enn tidligere. Dette tiltaket er relativt enkelt å gjennomføre dersom dammen har oppstrøms tetning fra før av og det ikke er spesielle problemer med å tørrlegge dammen for gjennomføring av arbeidene. Kostnadene ligger ofte i størrelsesorden ca. 100.000 kr/lm, men blir betydelig mindre dersom dammen i utgangspunktet er stabil fra før av.

Dersom "tradisjonell" forsterkning og forhøyning av murdammene skal unngås, foreslår vi bruk av gabioner som et alternativ, særlig for lave dammer uten bruddkonsekvenser. Gabioner er steinfylte nettingkurver (kister) som om ønskelig kan bygges på stedet. Nettingkurvene kan bygges av geotekstiler og plast, men for dambygging er det mest aktuelt å foreslå kurver av galvanisert stål med dimensjoner tilpasset kurvestørrelsen og miljøet for øvrig. Se eksemplet i figur 6.



Figur 6. Eksempel på gabion fra Maccaferri.

Vi tar utgangspunkt i at flomløpet skal innsnevres og at nye flomvannstander vil være over dagens krone eller tetning:

- Flomløp, nåle- eller bjelkeløp snevres inn ved støp av tetningsvegg i betong på oppstrøms side for å oppnå ønsket avledningskarakteristikk. Bak tetningsveggen bygges gabioner
- Damkrona forsegles med betong eller spekking av fuger
- Gabioner legges på damkrona og eventuelt mot nedstrøms side

I dette tilfellet tillates det altså at vannet stiger opp til damkrona (eller brystning, hvis dette finnes) og deretter siver gjennom gabionene når en viss vannstand nås. (Hvis en slik "lekkasje" ikke er ønskelig, kan det legges inn membraner (tetningsduker) eller liknende for å unngå dette.) Gabionene vil fungere både som ballast (for økt stabilitet mot velting og glidning) og som stabilitetsforbedrende tiltak.

Gabion-metoden er sannsynligvis mindre aktuell for sentral tetning med torv pga. at det ikke er ønskelig med hverken økt vekt på eksisterende tetning eller strømmende vann over torvtetningen.

5.2.3 Fyllingsdammer

Fyllingsdammer er bygd opp med støttefylling av jord eller stein og kan være fundamentert på både fjell og løsmasser. Tetningselementet kan være sentral tetning av jord (morene), torv, plank, betong, asfalt eller membraner. Fyllingsdammene kan også ha oppstrøms tetning av de samme materialene.

Dammene kan også bestå av tett jord tvers igjennom, noen ganger med drenasjelag. Avhengig av støttefyllingens karakter kalles dammene steinfyllingsdam eller jorrdam.

I små vassdrag vil jorrdammer ofte være mindre anlegg med beskjeden damhøyde. Ofte er det rene jordfyllingsdammer med eller uten tetning av treplank, noen ganger er det sprengsteinsfylling med enten oppstrøms eller sentral tetning av betong.

Siden dammene varierer såpass mye, er det vanskelig å generalisere om stabiliteten, som uansett må kontrollregnes. For lave fyllingsdammer hvor damsikkerhetsforskriftens tekniske krav gjelder, er det en viss lettelse i regelverket i forhold til høyere dammer i tilsvarende klasser. Samtidig er det mulig å få dispensasjon fra regelverket der hvor dette ikke reduserer damsikkerheten.

For en typisk jordfyllingsdam med sentral tetning, enten med jord eller treplank som tetningsmedium, vil det være relativt enkelt å heve tillatt flomvannstand noe. Dette kan skje ved å slå ned spunt av tre eller stål til eksisterende tetning eller ved å blottlegge eksisterende tetning og forlenge denne oppover. Hvis hevingen blir noe større og det vurderes som nødvendig å utvide eller beholde kronebredden, kan det bli nødvendig å tilføre

masser til støttefylling. Det er imidlertid et par potensielt rimelige løsninger for å holde igjen større flomvannstander:

- Forhøyet tetning med forlenget eller ny spunt ført opp over kronenivå;
- Forhøyet tetning av betong (sentral tetning eller brystning over oppstrøms tetning) ført opp over damkrona;
- Forhøyet tetning med betongblokker satt på eksisterende jord-/morenetetning ført opp over damkrona;
- Forhøyet tetning med gabioner som settes på eksisterende damkrona enten det er jord-, betongvegg- eller spunttetning. I dette tilfelle kan en viss vanngjennomgang gjennom eller over damkrona aksepteres da gabionene ikke trenger å være helt tette, bare tette nok. Samtidig vil gabionene kunne legges på nedstrøms skråning og nedstrøms overløpet (i flomløpskanalen) som erosjonssikring hvis dette er ønskelig; eller
- Gabioner som nevnt ovenfor kombineres med tetningsduk som graves ned og festes til eksisterende tetningsmedium. Gabionene fungerer da som festemedium og fysisk beskyttelse av tetningsduken

En forhøyet og synlig tetning kan gjøres både funksjonell og estetisk. Selv om tetningen har sin egen funksjon, f.eks. kan en tretetning i parkmiljø utformes som gjerde og gabioner kan markere gangveier.

Løsningene som er nevnt bør vurderes kritisk dersom tetningsmediet er *torv* og man får økt vekt på denne.

5.3 Demping ved senket utgangsvannstand

5.3.1 *Betong gravitasjonsdam*

Dette er antakelig den enkleste og rimeligste måten å oppnå et dempingsmagasin på. Spesielt dersom det allerede eksisterer åpninger for lukeløp, bjelkestengsler eller nålestengsler hvor man kan bygge nytt (og om ønskelig kortere) fritt overløp uten å måtte fjerne større deler av eksisterende anlegg.

Stabiliteten mot velting og glidning vil vanligvis forbedres betydelig, selv ved mindre senking av HRV. Siden istrykk ofte bestemmer hvorvidt lave dammer er stabile eller ikke, vil tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet sannsynligvis reduseres eller kunne fjernes helt.

Lukeløp og flomløp som ikke ønskes opprettholdt, må støpes igjen. Dette er kostnader som må beregnes individuelt, men som vil være beskjedne dersom de fysiske dimensjonene ikke er for store.

5.3.2 *Mur gravitasjonsdam*

Senking av "HRV" for murdam er noe mer komplisert dersom det skal foregå ved senking eller etablering av en fast overløpsterskel i eksisterende dam. Det samme gjelder dersom dette skal foregå ved å etablere ny eller større bunntappeventil eller -luke.

Flomløpskanalen må føres gjennom murdammen. Hvis da murdammen må plukkes ned for å skaffe åpning, må eksponerte innvendige deler av dammen beskyttes mot erosjon og vanngjennomgang. Dette kan bli et betydelig arbeid hvis dammen er høy og tilsvarende bred i bunnen. Minst problematisk er dette dersom dammen har oppstrøms tetning av betong eller det uansett skal etableres ny oppstrøms tetnings- eller ballastplate av betong. Det er også mindre problematisk dersom det er mulig å legge inn ny senket overløpsterskel eller etablere ny luke eller ventil i en åpning for eksisterende lukeløp eller nåleløp / bjelkestengsel.

Ved oppstrøms tetning av jord eller torv mot dammen må innløpet mot flomløpet beskyttes tilsvarende, og det må sørges for at tetningen mot gjenstående deler av murdammen ikke punkteres.

Dersom eksisterende tetning er torv, må det vurderes om torva vil stå tørrlagt i så pass lange perioder at man risikerer uttørking og oppsmuldring av denne med påfølgende tap av tetningsevne. Dette er i så fall et moment som taler for enten å bytte tetning, eller å la være å gjennomføre tiltaket.

5.3.3 Fyllingsdammer

Til tross for svært mange varianter av fyllingsdammer vil en permanent senking av "HRV" i de fleste tilfeller bare kreve tiltak ved endring av selve overløpet eller tappeorganet dersom dette ligger i selve dammen. Kostnadene til bygningsmessige arbeider vil avhenge sterkt av de fysiske dimensjonene på nytt flomløp eller tappeorgan og hvor dypt dette skal legges i eksisterende dam.

Flomløps- eller tappekanal gjennom dammen må erosjonssikres. Dersom dam eller tetning er bygd av telefarlige materialer (morene), må vangemurer mot disse materialer dimensjoneres for teletrykket.

Torv som blir liggende tørrlagt i lengre perioder vil være en kontraindikasjon slik som for murdammer. Det samme gjelder i mindre grad tetning av morene hvor man risikerer tørkesprekker dersom den blir liggende tørr lenge, men sannsynligvis ikke ved begrensede damhøyder.

6 Allmenne interesser

6.1 Innledning

Kapittelet beskriver kort de allmenne interessene som oftest vil være relevante forbindelse med ombyggingen. Disse vil også bli vurdert i forbindelse med en ev. konsesjonsprosess. Det bør gjøres en overordnet kartlegging i tidlig fase med sikte på å avdekke miljømessige, samfunnmessige eller juridiske forhold som kan sette en stopper for ombyggingen, eller som kan ha vesentlig betydning for hvordan tiltaket bør utformes. Dette omfatter også interesser som kan bli begunstiget av tiltaket, eller av ev. andre tiltak som kan iverksettes i forbindelse med utbyggingen. En tidlig involvering av interessenter (f.eks. miljøvernmyndigheter og lokale beboere) vil bidra til å få fram relevant informasjon og skape forståelse av behovet for flomdempingstiltaket i de tilfeller tiltaket er konfliktfylt.

Kapittelet beskriver først og fremst hensynet til allmenne interesser knyttet til vannmiljøet og tilgrensende områder som følge av selve dammen og de endringene i vannstand- og føring denne medfører. Det er imidlertid viktig også å se på andre tiltak som må iverksettes for ombygging av dammen, slik som etablering eller utbedring av atkomstveger og riggområder. Videre er det viktig å være oppmerksom på at selve anleggsarbeidene kan medføre konsekvenser i form av trafikk, støy, fare for utslipp og avrenning som også kan ha negative konsekvenser for miljø og samfunn.

De fysiske endringene tiltakene medfører i vassdragene er i hovedsak følgende:

- Økt vannstandsvariasjon i magasin
 - Medfører større oversvømte arealer dersom HRV ikke senkes tilstrekkelig til å kompensere for dette
 - Uendret eller mindre oversvømt areal dersom HRV senkes
- Redusert flom og utjevnet vannføring i vassdraget nedstrøms

Redusert flom kan potensielt redusere erosjon og sedimenttransport i vassdraget nedstrøms dammen. Erosjon oppfattes vanligvis som uønsket, men noe massetransport ofte er ønskelig av hensyn til biomangfoldet i et vassdrag. Hvilken betydning reduksjonen vil ha, avhenger av omfanget av erosjon og massetransport i vassdraget før tiltaket, og hvilken skade vs. nytte dette har for samfunn og naturmangfold. Det må derfor vurderes for det enkelte vassdrag hva som vil være akseptabelt.

Hvilken virkning de fysiske endringene får for ulike allmenne interesser vil variere med hvilke interesser som vurderes, og fra vassdrag til vassdrag. I underkapitlene er det derfor tatt sikte på å peke på noen hovedmomenter og eksempler.

6.2 Naturmangfold

6.2.1 *Naturtyper og vegetasjon*

En rekke naturtyper er vassdragstilknyttede, og endringer i vannstand og -føringer vil kunne påvirke disse.

Reduserte flommer eller endret flomregime vil kunne være negativt for flombetingede naturtyper som flommarksskog, flomdammer, åpen flomfastmark, store elveører m.fl. Dette er verdifulle og ofte artsrike naturtyper der mange av planteartene er avhengig av gjentakende flommer som bl.a. tilfører næringsstoffer samt vanskeliggjør etablering av annen vegetasjon. Dersom flommene blir mindre og/eller færre, vil naturtypene kunne miste mye av sin verdi gjennom endret artssammensetning, arealreduksjoner og tap av flombetingede arter.

Senket HRV gir tørrere forhold i magasinkanten. Senkningen kan også påvirke området rundt dersom også grunnvannsstanden senkes som følge. En hevet HRV med oversvømmelse av nye arealer under flom vil på motsatt side gi fuktigere forhold. Begge deler kan påvirke vegetasjonsøkologien gjennom å endre konkurranseforholdet mellom fuktighetskrevende og tørketolerante arter/naturtyper, slik som ble vurdert å være tilfelle i forbindelse med flomsikringstiltak i Kvam (se case 1). Selve vannvegetasjonen vil også påvirkes av vannstanden, slik at heving/senkning kan endre tetthet og utbredelse av vannplantene.

Økt pendling i magasinet kan i seg selv gi en større utvaskingszone der vegetasjon og eventuelle masser stort sett vil forsvinne.

Ved utredning av flomtiltaket må man derfor ha kunnskap om vegetasjon og arter i og rundt magasinet, samt langs nedstrøms strekning som påvirkes av endringer i flomregimet.

6.2.2 *Pattedyr, fugl og amfibier*

Mer enn 70 fuglearter er tilknyttet våtmarkshabitater i hele eller deler av den årlige livssyklusen. Alle de seks amfibiartene er avhengige av våtmark, og fire pattedyrarter regnes som semiakvatiske. I tillegg jakter arter som buorm og vannflaggermus i eller ved vann. Kunnskapen om hvordan variasjoner i vannføring og vannstand påvirker dyr er generelt sett mangelfull, og virkningene kan være sammensatte.

For fugler kan innsjøer være hekkeområde, næringsøksområde, rasteområde på høst- og vårtrekk, eller overvintringsområde. Bruken av innsjøen avhenger av hvor egnet den er for de ulike formålene, noe som bl.a. betinges av de årlige, naturlige vannførings/-standsvariasjonene. Menneskeskapte magasiner kan være egnede leveområder for fugl dersom de er preget av små vannstandsvariasjoner, noe som trolig er tilfellet for mange dammer som kan være aktuelle for ombygging til flomdammer (eks. gamle drikkevannsmagasiner). Større vannstandsvariasjoner (pendling) vil gjøre magasinene uegnede som hekkeområde for bl.a. små- og storlom. I mange tilfeller er gjenstående dammer gode biotoper for padde, frosk og salamander, særlig dersom de er fisketomme. Beveren lever i hytter og tunneler ved bredder i innsjøer eller rolige elvepartier, og er avhengig av næringsplanter og trær som byggematerialer som de finner i og nær vann. Oteren på sin side har hi på land nær vassdraget, men jakter i vannet på fisk og frosk.

Hvilken påvirkning ombyggingen vil ha på fugl, pattedyr og amfibier avhenger bl.a. av art, samt når og hvor mye HRV senkes eller økes. Det er derfor viktig å ha kunnskap om artenes bruk av dammen før flomtiltaket designes og iverksettes, og vurdere konsekvensene det enkelte tiltaket vil ha for det biologiske mangfoldet i det aktuelle området.

Dersom magasinarealet blir mindre som følge av senket HRV, kan dette redusere leveområdet for bever, amfibier og fugl tilknyttet vannmassene, også indirekte som følge av økt gjengroing. Senkning kan øke predasjonsfaren ved at rovdyr via nye landbroer eller grunnere vann får tilgang til områder hvor byttedyrene oppholder seg. Senkningen vil også kunne endre tilgangen både på næringsdyr- og planter, f.eks. via uttørking av vannkantvegetasjon og næringsrike mudderområder med konsekvenser både for stasjonær og trekkende fugl. På vinterstid vil et grunnere magasin være mer utsatt for bunnfrysing, slik at vannfugl ikke vil kunne oppholde seg eller få tilgang på næring i vannet, og at beveren ikke kan svømme under vann mellom hytta og matlageret.

En midlertidig økning i vannstanden i hekkeperioden kan medføre oversvømmelse av reir og drukning av fugleunger. Noen fuglearter unngår dette ved å bygge flytende reir. Bever og til en viss grad oter kan også være utsatt for oversvømmelse av hi. Dersom flomvannstigningen er av lengre varighet, kan tilgangen på næring reduseres for både trekkende og stasjonær fugl, bl.a. som følge av oversvømmelse av næringsrike mudderområder eller planter i vannkanten (reduert fotosyntetisering).

En reduksjon av flommer nedstrøms i vassdraget vil som tidligere beskrevet kunne påvirke flombetingede naturtyper. Disse naturtypene har oftest verdi som leve-, hekke- og/eller rasteområder også for fugl og annet vilt, slik at også disse artene kan bli påvirket.

Det må til slutt påpekes at gjenskaping av vannspeil som har forsvunnet etter at dammen har gått ut av funksjon kan skape livsmiljø for disse artsgruppene. Dersom tiltaket samtidig ikke har vesentlig negative konsekvenser for andre arter i dammen eller nedstrøms, kan flomtiltaket være positivt for naturmangfoldet. Dette er f.eks. vurdert å være tilfelle for gjenoppbygging av Haugdammen på Flateby i Enebakk kommune (se case 2).

En utjevnet vannføring i vassdraget nedstrøms kan også være positivt i den grad lav (eller høy) vannføring er en begrensende faktor.

6.2.3 Fisk

Dammer i vassdragene påvirker fisk på ulike måter. Hvordan tiltak på dammer for å øke flomdemping kan påvirke fisk må vurderes konkret i hvert enkelt tilfelle. Dette vil avhenge sterkt av fiskesamfunnet som er tilstede, av naturforholdene i og rundt dammen, av hydrologiske forhold i det enkelte vassdrag og av den tekniske løsningen valgt for det konkrete tiltaket. I det følgende peker vi på hvordan dammer i seg selv skaper endringer, ofte negative, i de økologiske forutsetningene for fiskebestander.

Den mest åpenbare måten dammer påvirker fiskebestander på er gjennom å skape fysiske barrierer for fiskevandring. Fisk foretar mange ulike former for vandring i løpet av sin livshistorie og ulike arter har ulike behov for konektivitet i vassdragsmiljøet. Fiskenes behov for mulighet til å gjennomføre vandringer er kompleks, og denne kompleksiteten er ofte ikke vurdert når man fatter avgjørelser om fysiske inngrep i vassdragene. Av hensyn til biologisk mangfold og fastsatte miljømål i vassdraget, må dette imidlertid vurderes også i forbindelse med flomdempingstiltak.

De mest klassiske vandringsmønstrene man ser for seg er kanskje den oppstrøms gytevandringen som flere laksefiskarter gjennomfører. Anadrome fiskearter gyter og har sin tidlige oppvekst i en elv mens de vokser seg store etter utvandring til havet. Potamodrome fiskearter vokser seg store i en innsjø mens gyting og tidlig oppvekst skjer i en elv eller bekk. Disse vandringer er til en viss grad hensyntatt i norske vassdrag ved bygging av fisketrapper ved mange dammer. Andre vandringsmønstre, som nedvandring for laksefisk som har vandret opp for å gyte, er imidlertid oversett i tiltaksplanleggingen.

Katadrome arter tilbringer hoveddelen av livet i ferskvann, men vandrer ut i sjøen for å gyte. Det mest klassiske eksempelet i Norge er ål. I tillegg finnes det mange fiskearter i norske vassdrag som foretar vandringer som ikke nødvendigvis er knyttet til reproduksjon, men som kan være drevet av behov knyttet til næringsøk eller andre behov som medfører forflytning fra et økologisk funksjonsområde til et annet.

Fiskenes habitat påvirkes også på andre måter enn gjennom redusert konektivitet i vassdraget. Et aspekt ved dammer som medfører påvirkning på fiskenes habitat er tilbakeholdelse av visse fraksjoner av løsmasser. Dette kan medføre sedimentansamlinger som endrer habitatet oppstrøms en demning og redusert tilførsel av løsmasser nedstrøms. Det sistnevnte kan ha negative effekter da en videre transport av løsmasser fra dammen og nedover kan gi en utarming av bunnsstratet og reduserte gyteforhold og/eller oppvekstforhold for visse fiskearter. Dersom grove løsmasser holdes tilbake i dammen og finere løsmasser transporteres forbi kan dette ytterligere forverres og lede til en sementering av bunnsstrat nedstrøms dammen. Habitatet oppstrøms demningen preges gjerne av redusert vannhastighet, økt vanndybde og økt sedimentavsetning. Alt dette gir grunnlag for potensielt betydelige endringer i økosystemet. Neddemmet område kan gå fra å være én type

økologisk funksjonsområde til en annen type for én art, eller det kan endres til å gi muligheter for nye arter, muligens på bekostning av de tidligere tilstedeværende artene.

Et annet forhold dammer i vassdragene kan påvirke er timing og størrelse på vannføringsendringer. Dette kan ha ulike effekter på ulike fiskearter både oppstrøms og nedstrøms en dam. For eksempel er visse arter er avhengig av oversvømmelse for å gyte, mens hos andre trigger økning i vannføring eller vanntemperatur vandring. Et anlegg som endrer de naturlige vannføringsfluktuasjonene kan skape problemer for arter som har tilpasset seg disse gjennom svært lang tid.

Som nevnt, vil de faktiske konsekvensene av denne type tiltak for fisk være kritisk avhengig av en rekke systemspesifikke variabler. I grove trekk kan man si at den type tiltak som nevnes her, gjennomført på eksisterende dammer, i få tilfeller vil ha vesentlige negative effekter for fisk. I en del tilfeller vil denne typen tiltak kunne gi muligheter for å gjennomføre tilliggende tiltak som bedrer forholdene for fisk. I noen tilfeller vil ombygging av dam og utjevning av vannføring i vassdrag kunne gi muligheter for biotopforbedring. Dette i tilfeller der vannføring nedstrøms er begrensende faktor eller den gamle dammen er et vandringshinder. Man kan da se på muligheten for å tilrettelegge for fiskevandring i elva nedstrøms og/eller forbi dammen. Hensyntatt tidlig i prosessen vil man kunne planlegge nettopp med dette i sikte, og uten at det nødvendigvis medfører økte kostnader. Samtidig kan det også i forbindelse med tiltak nevnt i denne rapporten være nødvendig med tiltak for å sørge for fortsatt opprettholdelse av vandringsveier. Det kan for eksempel tenkes at en eksisterende fisketrapp mister tilførsel av vann når vannstanden i dammen reduseres, eller at inngangen til et fiskeløp blir mindre gunstig for fisk ved endring av utformingen av et overløp.

6.2.4 Bunndyr

Det er grunn til å anta at tiltak av den typen som omtales her i de fleste tilfeller ikke vil ha vesentlige negative effekter på vassdragenes bunndyrsamfunn.

I den grad man har påvirkninger antas de mest vesentlige å være habitatendringen oppstrøms dammen og eventuell reduksjon av sedimenttransport nedstrøms. Begge disse påvirkningene vil i enkelte tilfeller kunne gi endringer i populasjonsstørrelser og -sammensetninger i bunndyr- og insektsamfunn, men slike endringer vil være svært ulike fra vassdrag til vassdrag. I enkle og artsfattige systemer vil antageligvis effektene være minimale. I artsrike bunndyrsamfunn er det langt vanskeligere å forutse effektene, men man kan oppleve økologiske ringvirkninger hvor habitatendringene gir relativt betydelige økologiske konsekvenser siden bunndyr er nøkkelarter i akvatiske økosystemer.

Dersom rødlistede bunndyrarter som elvemusling eller edelkreps finnes i det aktuelle vassdraget må man gjøre konkrete vurderinger av potensielle effekter for bunndyr. Det vil også kunne være aktuelt å vurdere avbøtende eller kompenserende tiltak for å imøtekomme slike arters habitatkrav.



Figur 7. Elvemusling er en art som er sårbar for habitatendringer.

6.3 Naturressurser

Tiltak i den større orden som her omtales vil som hovedregel ha liten påvirkning på naturressurser i form av jord-, skog-, masse- og mineralressurser. For dammer i lavereliggende områder kan imidlertid oversvømmelse av dyrka mark inntil dammen være en problematikk det må tas hensyn til. Det aktuelle vassdraget kan også være gjenstand for vannuttak til drikkevannsforsyning, jordbruksvanning, smoltanlegg m.m. Tiltaket må utformes slik at disse interessene fortsatt sikres vannforsyning (ev. kan dette kompenseres for) og at vannet fremdeles vil være av tilstrekkelig kvalitet for formålet både under anleggsfasen og når tiltaket står ferdig.

6.4 Kulturminner og kulturmiljø

Det bør i tidlig fase undersøkes om tiltaket kan påvirke fredede kulturminner (automatisk fredede og vedtaksfredede) eller andre viktige kulturminner/kulturmiljøer. Kulturminnemyndighetene skal tråd med kulturminneloven kontaktes for å avklare undersøkelsesplikten iht. kulturminnelovens § 9. Dette kan i mange tilfeller utføres i senere faser av planleggingen, men i god tid før igangsetting av tiltaket.

Dammer og andre vassdragstiltak kan i seg selv være verneverdige kulturminner. NVE har gjort et utvalg av til sammen 227 verneverdige anlegg med høy kulturminneverdi; av disse er 95 dammer. Anleggene er presentert i fire temaplaner: Kulturminner i norsk kraftproduksjon, Kraftoverføringens kulturminner, Dammer som kulturminner og Kulturminner i vassdrag. Det er viktig å presisere at det ikke er kun de 227 anleggene som betraktes å ha kulturminneverdi. Det kan f.eks. også være mulig i noen tilfeller å ivareta kulturhistoriske verdier fra eldre vassdragsanlegg ved gjenoppbygging av nye, slik det f.eks. ble planlagt med for Haugdammen i Enebakk (se case 2).

6.5 Landskap

Landskapet kan være viktig identitetsskaper eller ramme for opplevelse. Det er mange ulike interesser og brukergrupper knyttet til et landskap, og like mange ulike måter å oppleve landskapet.

Den visuelle virkningen av endringene i vannspeilets størrelse og av det rennende vannet i restfeltet nedstrøms, samt endringen det medfører for individer, naturtyper og bestander av plante- og dyrearter, vil påvirke landskapsbildet og landskapsopplevelsen om de utgjør en vesentlig del av landskapskarakteren. Det samme gjelder for friluftsliv, i den grad det er tilrettelagt eller spor etter intensiv bruk.

Vann betraktes som et av de viktigste landskapselementene. De blir gjerne blikkfang i landskapsrommet og det oppleves generelt som beroligende å hvile øynene på et rolig vannspeil. Opplevelsen av det rennende vannet i restfeltet nedstrøms dammen avhenger i større grad av terrengformene i forhold til eksponering, men både vann i bevegelse og lyden som følger har stor verdi for landskapsopplevelsen der de er tilstede i landskapsbildet. Til dette verdsetter vi variasjon, både i mangfold, i karakter og over tid.

Ved konstruksjonsendringer er det viktig med et bevist forhold til utforming og materialbruk, og kjennskap til historien og utviklingen av konstruksjonen. Valgene man tar vil blant annet avhenge av funksjonalitet, økonomi, konstruksjonens eksponering og betydning for landskapsbildet, landskapets verdi og stedets identitet. Uavhengig av disse valgene er det viktig at konstruksjonen gis en best mulig terrengtilpassing og at alle nødvendige anleggsdeler tilpasses landskapet.



Figur 8. Viser vannspeilet til Ganteslivatnet i Nordland. Vannet blir gjerne den utløsende faktoren for betegnelsen idyll.



Figur 9. Til og med på steder der man ville forventet at andre element ble dominerende har vannspeilet en egen evne til å fange oppmerksomheten. Bildet er fra bygging av vindkraftverk på Fosen.

6.6 Friluftsliv

Fiske, bading, padling/båtliv og strandaktiviteter er typisk eksempler på friluftsliv knyttet til vassdrag. Folks bruk av vassdraget er tilpasset den vannføring og -stand som har vært, og kan følgelig påvirkes om disse endres. Eksempelvis kan senket HRV gjøre at f.eks. brygger ikke lenger ligger ned til vannkanten, mens en (midlertidig) økning av vannspeilet kan medføre at strandområder eroderer.

Gjenoppbygging av en dam kan også skape barrierer f.eks. for kajakkpadlere, samt for fiskevandring som i sin tur har virkninger for fiskemulighetene i vassdraget.

Enkelte friluftaktiviteter kan i tillegg være tilpasset vassdragets flomdynamikk. Vannføringsvariasjoner, inkludert flommer, medfører f.eks. et spenn i vanskelighetsgrader innenfor ett og samme vassdrag for padlere og raftere.

Friluftinteressene bør om mulig gjenspeiles i planleggingen av tiltakets utforming. I vassdragsavsnitt med vesentlig verdi for padling bør det f.eks. legges til rette for at padling fremdeles kan skje over/forbi dammen,

eller for at kano/kajakk kan bæres forbi. Tiltak kan samtidig planlegges med tanke på å forbedre forholdene for friluftsliv i det berørte området, f.eks. med tilrettelegging av stier (se case 2).

Case 1. Flomsikringstiltak i Kvam

Etter skadeflommer i 2011 og 2013 ble det igangsatt planlegging av flomsikring i Veiklåa i Kvam i Nord-Fron kommune. Dette omfattet bl.a. bygging av bunnlastsperre i Veiklåa i Veiklådalen, og to fordrøyningsbassenger høyere oppe i nedbørfeltet i Nedsttjønnna og på elvesletta Jorda. Tiltaket i Nedsttjønnna ville innebære normal vannføring utenom i flomperioder, hvor det ble beregnet en fordrøyning av flomvann på 11 t og 61 t ved hhv. middelflom og 200-årsflom. For Jorda ville fordrøyningen være på hhv. 24 t og 83 t.

Tiltaket ble av NINA utredet for mye av problematikken som er omtalt i denne rapporten (Aarrestad m.fl. 2013). Utredningen beskrev konsekvensene av tiltaket for ferskvannsfauuna, naturtyper og artsmangfold som små til moderate. Årsaken til dette var bl.a. at de registrerte verdiene i influensområdet var relativt små; at vannføringssendringene under flom ville være kortvarige og følge en naturlig rytme; og at det var mulig å sikre fiskevandring forbi dammene. Sedimentsperren er i dag i drift som den første i sitt slag i landet, mens bassengene ikke ble bygd til tross for at miljøkonsekvensene trolig var akseptable. Hovedårsaken til dette var usikkerhet om hvor vidt flomdempingen i magasinene ville ha den ønskede effekten på vassdragets massetransport som var hovedårsaken til skadene i Kvam (Hallvar Berg, pers.medd.).

En oppsummering av vurderingene fra utredningen er gjengitt under.

Det ble registrert to naturtypelokaliteter vurdert å kvalifisere som prioriterte iht. DN-håndbok 13; begge med lokal verdi (C). Disse var en lokalitet av *gammel høyereliggende furuskog* ved Nedsstjønnna og en lokalitet av *vannforekomster på elvesletter og delta områder* i Jorda. Ved Nedsstjønnna ble det dessuten registrert middels rike og rike myrer, åpen beitepåvirket furuskog og gammel furuskog. I selve tjønnna vokste takrør i uvanlig stor bestand for høyereliggende strøk. Ved Jorda ble det dessuten registrert myr, dvergbjørk-/vierkratt og pionersamfunn på elvedeltaet som var utsatt for aktive erosjons- og sedimentasjonsprosesser. Alle de registrerte artene var vanlig forekommende, og ingen rødlistede arter ble påvist.

Den planlagte oppstuvningen av vann i fordrøyningsbassengene ble vurdert å medføre at begge de to verdisatte naturtypelokalitetene ville miste sin verdi. De øvrige naturtypene ville bli sterkt påvirket av vannstandsendingene og endre karakter mot mer fuktighetskrevende vegetasjon.

Virkningen av flombassengene ble vurdert som ubetydelig for bunndyr i og med at tiltakene ikke ville innbære fraføring av vann; at vannstandsendingene ville følge en naturlig rytme og være relativt kortvarige.

Dersom fordrøyningsbassengene ble konstruert med passasjemuligheter for ørreten, ble tiltakene ansett som lite problematisk for ørreten i vassdraget. Selv om gyteområder i innløpselva kunne påvirkes negativt ved ev. flommer i gytetida, var frekvensen av denne hendelsen antatt å være lav, og det største og viktigste gyteområdet lå uansett utenfor influensområdet. I utløpselva ble det påpekt fare for en viss negativ effekt som følge av stranding med påfølgende fiskedød ved flom. Samme type antakelser ble gjort for ørret i Jorda.

Virkningen for fugl ble vurdert uten registreringer av hvilke arter som hekker i området, og det ble pekt på mangel på kunnskap om flommer og flomtiltaks påvirkning på denne artsgruppen. Påvirkning på hekking som følge av oversvømmelse av reirplass vil variere mellom ulike arter, der de mest sårbare vil kunne forlate området etter feilet hekking.

Det ble ikke registrert naturtyper i Veiklådalen som ville bli påvirket av sedimentsperren eller øvrige tiltak. For ferskvannsorganismer i dette området ble dessuten virkningen av sedimentsperrene vurdert å medføre større bunndyrproduksjon som følge av stabilisering av bunndyrsubstratet og mindre utspyling.

Case 2. Gjenoppbygging av Haugdammen i Enebakk kommune.

Enebakk kommune har vurdert å gjenoppbygge Haugdammen som damkonstruksjon på Flateby. Dammen var i sin tid vannreservoir for Fladeby cellulosefabrikk, men er i dag lekk. Damrestene har likevel noe oppdemmingseffekt, slik at det ved nedbør dannes et lite vannspeil. Det tilhørende bekkesystemet tørker inn om sommeren.

Prosjektet hadde to hovedformål: fordrøyning av vannføringer i nedbørsperioder i forbindelse med utvidelse av boligområder, samt forskjønnelse av området. Dammen ble planlagt gjenoppbygd i form av en 1-2 m høy terskel som etablerer et vannspeil som vil inngå som et stort sentralt element i et større grøntområde. Flomløpet i dammen skulle utformes slik at vannstanden steg ved flom og ble sluppet sakte ned når flommen kulminerte. Flomtoppen nedstrøms dammen ville dermed dempes.

Det ble i forbindelse med forespørsel til NVE om konsesjonspliktavurdering av tiltaket gjort en vurdering av konsekvenser for naturmangfold, friluftsliv, landskap og kulturminner (Multiconsult 2014a og b). Det ble samtidig planlagt tiltak og tilpasninger som kunne medføre positive virkninger for disse allmenne interessene gjennom etablering og styrking av blågrønne strukturer.

Tiltaket ble vurdert å være positivt for vannfugl, vanninsekter og de fire amfibiartene som er registrert i området gjennom reetablering av permanent vannspeil. Utforming av terskel ble dessuten planlagt med forbivandringsmuligheter for amfibiene. Nedstrøms vandringshinder gjorde at terskelen på sin side ikke ble vurdert å kunne bli et reelt vandringshinder for fisk.

Kantvegetasjonen langs vassdraget består av bl.a. gråor- hegge- og sumpskog med verdi for vilt, og ble vurdert som verdt å ivareta. Det ble også skissert tiltak for å forebygge avrenning og utslipp ned mot Øyeren som kan få varige negative virkninger for vassdragsmiljø og naturtyper.

Friluftslivet ble planlagt ivarett bl.a. gjennom forlenging av stisystemet til å gå hele runden rundt vannspeilet, og utbedring til universell utforming.

Tiltaket var ikke i konflikt med kulturminner eller kulturmiljø, men det ble planlagt å legge naturstein fra den gamle dammen på luftsidan av den nye terskelen for å ta tilbake noe av det gamle utseendet.

Høringsuttalelsene fra Fylkesmannen og Fylkeskommunen var positive, og tiltaket ble av NVE vurdert som konsesjonsfritt. Tiltaket er per dags dato ikke utført, men er likevel et eksempel på at denne type flomdempingstiltak kan gjennomføres med positive konsekvenser for allmenne interesser som går ut over ren flomdemping.

7 Kost-nytte

7.1 Heving kontra senking av utgangsvannstand

Det ligger ikke innenfor vårt mandat å vurdere en aktiv manøvrering av magasiner for flomdemping. Men enten man starter med en fullverdig dam som jevnlig står full, eller en dam som alltid står nedtappet pga. lekkasjer eller åpent bunnløp – eller noe midt imellom – vil man måtte bestemme seg for et utgangsnivå. Dvs. en ny "HRV" som markerer utgangsnivået for en potensiell flomsituasjon.

Nytten eller begrunnelsen for tiltaket vil være effekten på potensielle skadeflommer nedstrøms dammen. Når man bestemmer seg for hvilken utgangsvannstand den ombygde dammen skal ligge på, kan man starte med å beregne nytten ut fra hvilket dempingsvolum man oppnår. Fordi sjøarealet varierer med høyden, vil man få mer demping pr. "vertikalmeter" ved å starte dempingen på et høyere nivå enn et lavere nivå. Yttergrensene vil være hvilket nivå "HRV" kan senkes til og hvilken høyeste flomvannstand som kan aksepteres (for denne konkrete dammens stabilitet og integritet). Magasinkurven brukes til å bestemme et nivå for en gitt flomsituasjon som gir størst dempingsvolum.

En faktor som må tas med er oversvømt areal. Selv om vannstigning fra et høyere nivå gir størst nytte pr. vertikalmeter pga. større sjøareal i starten, blir også oversvømt areal større pga. lengre perimenter (lengre strandlinje) i utgangspunktet. Siden magasinkurven også er en arealkurve, kan denne også benyttes for å finne optimalt utgangsnivå.

Konsekvensen av oversvømmelsen avhenger av størrelsen av arealet, men også arealbruk. Med bruk tenkes her både på samfunnets bruk av arealet samt konsekvenser for naturmangfold. Siden dette vil være stedsspesifikt, må det vurderes i hver enkelt situasjon hva som må vektlegges, og hvilke grensebetingelser som er styrende.

7.2 Kvalitativ vurdering av egnethet og kostnader for forskjellige typer ombygging

For de mest vanlige damtypene vil de økonomiske kostnader for "litt" heving eller senking for å skape flomdempingsmagasin være små i forhold til både nybygging og større renovasjon av tilsvarende anlegg. Damtypene varierer for mye både i størrelse, utforming og tilgjengelighet til at det er mulig å angi konkrete priser som passer over alt. *Forutsatt at det ikke er behov for tiltak uansett for å sikre stabiliteten av dammene eller for rehabilitering, vurderes uansett kostnadene som "små".*

Senkingsalternativet vil gjerne være rimeligst i utgangspunktet, men ombyggingskostnader for flomløp (og eventuelt luke eller ventil) må inkluderes. Tiltak på selve dammen utenom vil da gjerne være unødvendig.

Hevingsalternativet (dvs. hevet flomvannstand) vurderes til å gi lavere kostnader til ombygging av flomløp, men gjenstøping av eventuelle nåleløp og bjelkeløp må tas med. Moderat heving av flomvannstand vil gjerne bety mindre for stabiliteten av dammen og kan i så fall gjøres rimeligere.

Nedenstående tabell forsøker å gi en kvalitativ vurdering av de forskjellige damtyper som er vurdert for ombygging for å etablere flomdempingsmagasin

Tabell 1. Kvalitativ vurdering av egnethet og kostnader ved ombygging av ulike damtyper for flomdemping.

Type	Hevingsmagasin	Senkingsmagasin
Betong gravitasjonsdam	Godt egnet, lettere å foreta ev. stabiliserende tiltak.	Godt egnet, lettest å foreta ev. tiltak, spesielt hvis delvis riving kan unngås.
Mur gravitasjonsdam	Middels godt egnet, hvis ikke torvtetning.	Middels godt egnet, spesielt hvis delvis riving kan unngås.
Fyllingsdam	Ofte godt egnet for mindre heving, men tetningsmediet bestemmer. Flomløpet må beskyttes mot erosjon.	Middels godt egnet, men etablering av nytt flomløp kan være kostnadsdrivende. Bør unngås ved torvtetning, morenetetning må vurderes spesielt.

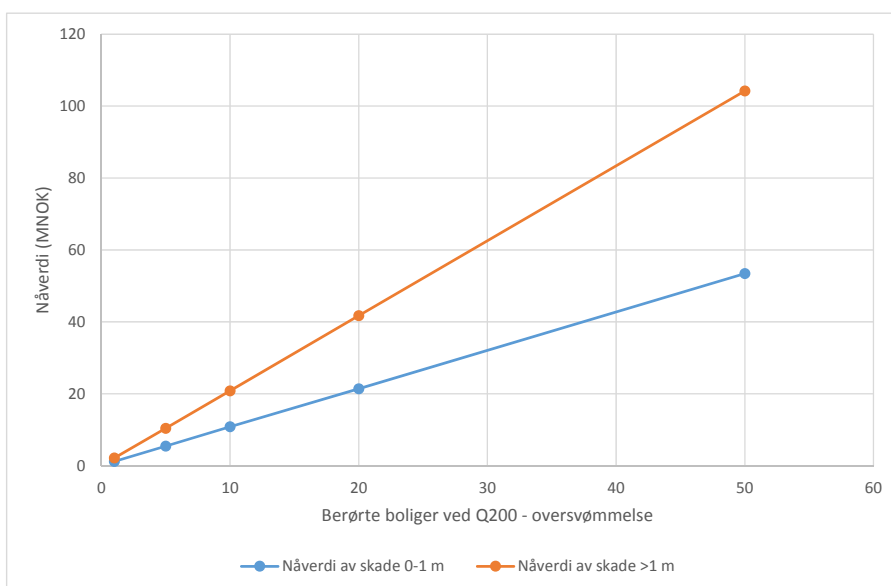
Kommentar om bruk av torv og morene: Torv som står tørr i lengre tid smuldrer sammen og mister sine tetningsegenskaper. Morene som står tørr i lange perioder kan tørke ut og gi svinnsprekker med lekkasjer, men hårrørseffekten kan være tilstrekkelig til å sikre at den er intakt ved lave dammer. Påbygging av fyllingsdammer for å heve tetningen medfører økt vekt pga. støttefyllingen, noe som kan påvirke både torv- og morenetetning. Påbygging av murdammer med sentral torvtetning er i utgangspunktet mulig, men mangel av egnet torv (og praktisk kunnskap om bruk av materialet) kan være et hinder. Både torv og morene kan kombineres med andre materialer dersom det er rom for å lage en god kopling mellom materialene, men lette materialer i en murdam for å unngå øket vekt på torvtetning er ofte uønsket pga. stabiliteten.

7.3 Nytte-kostnadsberegninger

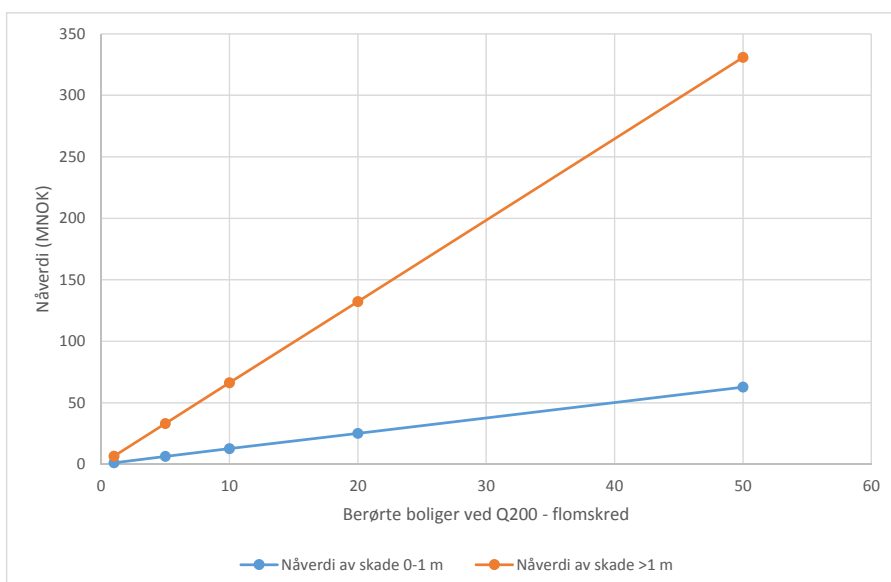
Vi har i dette prosjektet hatt tilgang til NVE sin nytte-kostnadsmodell for vurdering av flomsikringstiltak, vi har benyttet versjon 1.10a, datert 13.09.2017. Denne modellen er i utgangspunktet utarbeidet for vurdering av flomverk med et gitt dimensjonerende gjentakintervall, flomdempingseffekten av dammer er derimot tilstede ved alle gjentakintervaller men vil da variere mer gradvis ettersom større og større områder påvirkes ved større flommer.

For dette formålet har vi brukt modellen med standardinnstillinger og har satt et dimensjonerende gjentakintervall på 5000 år, dvs. tilnærmet fullstendig sikring og nåverdien av unngått skade i modellen blir dermed nåverdien av den gitte skadeprofilen. Vi har i utgangspunktet antatt begynnende skadeflom ved Q10 og brukt ett enkelt skadeprofil på Q200 som vi har variert. Vi har for disse eksemplene skyld sett kun på eneboliger i tre da dette er de mest vanlige byggene. Videre har vi sett på kurver for oversvømmelse og flomskred, flomskred er tatt med da dette antas å være mer representativt for skadepotensialet ved brå flommer i bratte felt hvor vannhastighetene blir store og det blir betydelige erosjonsskader, endringer i elveløp og betydelig massetransport. Flomskred-kurvene for vanddybder over 1 meter inneholder også kostnader ved fare for liv og helse. Beregningene gir med andre ord en forenklet beregning av den samfunnsmessige nytten (nåverdi) av unngått skade på et gitt antall bolighus.

For et konkret prosjekt vil det være mer aktuelt å se på differansen mellom to ulike skadeprofiler hvor det er lagt inn en skadeprofil med et gitt sikringsnivå før ombygging og en ny skadeprofil med et høyere sikringsnivå for dam etter ombygging. Dette kan da sammenlignes med en tilsvarende beregning for det alternative tiltaket som da gjerne vil være lokale flomsikringstiltak i skadeområdet, dette sammen med kostnadene ved de ulike alternativene vil da gi en indikasjon på hvilken løsning som gir høyest nåverdi eller nytte/kost forhold.



Figur 10. Skadepkurver for berørte trehus, oversvømmelse



Figur 11. Skadepkurver for berørte trehus, flomskred

Som vi kan se av disse kurvene er den samfunnsøkonomiske kostnaden ved flomskader betydelig, spesielt ved de mer dramatiske flomhendelsene med store vannhastigheter og vanddybder. Holder vi disse tallene opp mot investeringskostnadene ved ombygging ser vi at det ikke skal store flomproblemer til før det vil være samfunnsøkonomisk lønnsomt å gjøre tiltak. Som beskrevet tidligere er det stort spenn i kostnadene ved ombygging av dammer, helt enkle påbygninger av betongdammer med en brystning kan for en 40 m lang dam kanskje komme på i størrelsesorden 200 000 - 400 000 NOK og vil sannsynligvis være lønnsomt hvis det i det hele tatt er et flomproblem med mer enn bagatellmessige problemer, flomskader på kun ett hus er tilstrekkelig til å forsvare en slik investering med de gitte forutsetningene. Hvis dammen må gjennom en omfattende rehabilitering kan kostnadene kanskje komme på 4-5 MNOK men dette kan også forsvares hvis det forhindrer flomskader på i størrelsesorden 4-5 bolighus. Konklusjonen her blir at den samfunnsøkonomiske nytten av flomsikringstiltak er såpass stor at det svært ofte vil kunne forsvare betydelige investeringer i flomsikringstiltak, enten lokalt eller ved ombygging av en oppstrøms dam. Vi har her ikke gått inn i kostnadene ved andre flomsikringstiltak men vår vurdering ut fra vår erfaring med denne type anleggsarbeider er at der hvor en egnet dam er tilgjengelig vil ombygging av denne i mange tilfeller kunne være et mer kostnadseffektivt tiltak enn mer tradisjonelle flomsikringstiltak.

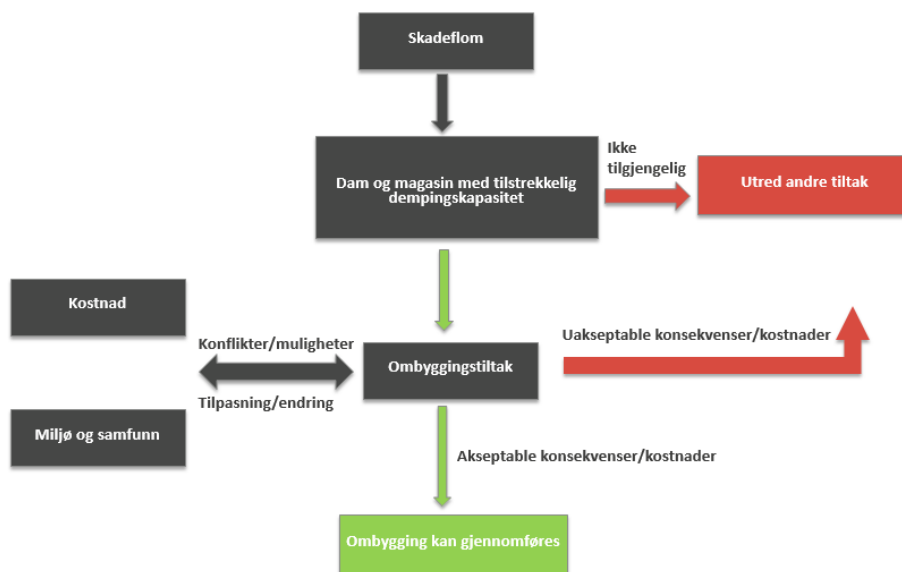
8 Forslag til framgangsmåte

Figur 12 viser foreslått tilnærming på veien mot ombygging av dam i det enkelte vassdrag der det foreligger behov for å forebygge skadeflommer.

Første steg vil være å identifisere en dam med et magasin med tilstrekkelig kapasitet til å dempe flommen slik at skader unngås eller reduseres til et akseptabelt nivå. Som et verktøy for tidligfase vurdering, kan benyttes et enkelt regnearkbasert beregningsverktøy utviklet i forbindelse med dette oppdraget, som gir mulighet for å rute ulike flommer gjennom flere alternativer for ombygging av den dam/magasin-kombinasjonen som er aktuell.

Forutsatt at en slik dam finnes, og at den stilles til rådighet for formålet av dameier, kan mulige ombyggingstiltak vurderes nærmere. Tiltakene må vurderes avhengig av damtype, kostnader og hvilke konsekvenser de medfører for miljø og samfunn (allmenne interesser), herunder bl.a. vassdragets økologiske status. Dette vil være en prosess hvor man vurderer eventuelle konflikter og muligheter, og implementerer tilpasninger/endringer i planene for om mulig å finne tiltak med optimalt forhold mellom nytte/kostnad og konsekvenser for miljø og samfunn. I dette ligger f.eks. at man kan planlegge tiltaket slik at det i større grad enn før ombyggingen er tilrettelagt for allmenne interesser, herunder åpner vandringshinder for fiskevandring.

Dersom man har identifisert slike tiltak, kan disse gjennomføres forutsatt at nødvendige myndighetstillatelser foreligger.



Figur 12. Enkel illustrasjon av prosessen for å identifisere tiltak som kan redusere skadeflom til akseptabelt nivå og med akseptable konsekvenser for miljø og samfunn.

9 Konklusjon

Foreliggende rapport er et FoU-prosjekt for NVE om muligheter for ombygging av eksisterende dammer i små vassdrag for flomdemping. Hensikten er å se nærmere på hypotesen om at dammer etter ombygging, og primært med selvregulering, kan være et alternativ til eller supplere tradisjonelt flomvern.

Vi har her tatt for oss hva som kan oppnås av flomdemping i ulike situasjoner, hvilke skader kan en forvente å få redusert og tilknyttede kostnader. Det er videre sett på hvilke andre hensyn som må tas og hvilke rammer et ombyggingstiltak bør gjennomføres innenfor. Vi har utarbeidet et verktøy for grovsortering av kandidater av eksisterende magasiner som kan ha tilstrekkelig flomdempingspotensiale. Demping kan oppnås både ved heving og senkning i forhold til den etablerte praksisen. Hva som foretrekkes vil avhenge av damtype og

magasinforhold, samt hvordan de fysiske tiltakene og endringer i magasin vannstand og vannføring nedstrøms vil påvirke miljø og samfunn.

Ved tilstrekkelig kunnskap om vassdraget og tilgrensende områder, samt god planlegging, kan tiltaket i mange tilfeller planlegges slik at det ikke påvirker allmenne interesser i en grad som ikke kan aksepteres. Dette inkluderer f.eks. estetisk utforming, tilrettelegging for friluftsliv, bevaring av kulturminner og verdifullt naturmangfold. Tiltaket kan også planlegges slik at eksisterende vandringshinder (dammen) åpnes. I vassdrag der rødlistede bunndyr som elvemusling eller edelkreps er de mest sårbare for tiltaket, må det gjøres en konkret vurdering for disse.

Vi har gjort en vurdering av de vanligste damtypene i små vassdrag og gitt noen eksempler på tiltak. Blant tiltakene finnes både tradisjonelle og mer utradisjonelle løsninger, som f.eks. bruk av gabioner som vil «tilbakeholde» mindre flommer, men som likevel tåler overtopping ved ekstremflommer. Vi har dratt fram to hovedtyper av endringer i flomløpskarakteristikken. Den første typen er justering av overløp hvor det introduseres et smalere profil som har til hensikt å skape større vannstandsvariasjoner under flom og dermed utnytte et større dempingsvolum. Den andre hovedtypen er bruk av eksisterende eller nye bunntappeløp, luker eller rør som ligger på et lavt nivå i dammen. Dette vil naturligvis medføre en mer betydelig senking av magasin vannstanden men vil også gi en betydelig større høyde på dempingsmagasinet, noe som kan være verdifullt der hvor magasinarealet er lite.

Rapporten er skrevet som et grunnlag for å vurdere om denne type tiltak er gjennomførbare og har en hensikt. Det er etter vår vurdering sannsynligvis et betydelig antall dammer der de fysiske tiltakene som må gjennomføres er overkommelige og sannsynligvis rimelige i forhold til nytteverdien sammenlignet med tradisjonelle flomsikringstiltak. Nytte-kostnadsberegningene indikerer at det ikke skal veldig store flomskader til for at det kan være tilstrekkelig til å forsvare et mindre ombyggingstiltak på en dam.

Det gjøres også oppmerksom på at det i forkant av tiltak på dam må undersøkes om tiltaket kan være konsesjonspliktig eller kreve tillatelser etter annet lovverk.

10 Referanser

Skriftlige kilder og databaser

- Aarrestad, P., Bongard, T., Johnsen, S.I., Myklebost, H., Often, A., Olstad, K og Reitan, O. 2013. Kartlegging av ferskvannsfauna, naturtyper og arts mangfold i forbindelse med flomsikringstiltak i Kvam, Nord-Fron kommune. Effekter av tiltak på biologisk mangfold. NINA Rapport 995. 40 s. + vedlegg.
- Glad, P.A., Reitan, T., Stenius, S. (2015): Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE Rapport 13-2015.
- Lawrence, D. NVE 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Midttømme, G. H., Pettersson, L. E., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H., Siverstgård, R. (2011): Retningslinjer for flomberegninger. NVE Retningslinjer 4-2011. NVE 2015. Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat.
- Multiconsult 2014a. Haugdammen. Biologisk mangfold. Multiconsult rapport 126150-RIM-RAP-001.
- Multiconsult 2014b. Forprosjekt Haugdammen. Konsesjonspliktutvurdering. Multiconsult notat 126150-TVF-NOT-001.

Muntlige kilder

Hallvard Jostein Berg

NVE



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

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

