

## Regelverk og praksis i flomberegninger

Problemstillinger knyttet til flomberegninger i regulerte vassdrag

*Thomas Væringstad og Seija Stenius*



**NVE Rapport nr. 33/2022:  
Regelverk og praksis i flomberegninger : problemstillinger knyttet  
til flomberegninger i regulerte vassdrag**

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat  
**Forfattere:** Thomas Væringstad og Seija Stenius  
**Forsidefoto:** Flom i Glomma, 2008. Foto: Arne T. Hamarsland/NVE

**ISBN (online):** 978-82-410-2272-2

**ISSN (online):** 2704-0305

**Saksnummer:** 202110281

**Sammendrag:** Rapporten gir en innføring i regelverk og krav knyttet til utredninger av sikkerhet mot flom og hvordan man gjør flomberegninger i Norge. Det er også sammenlignet med enkelte andre land. Rapporten er utarbeidet i SamFlom-prosjektet og er en referanse og et hjelpemiddel for videre arbeid i prosjektet. Videre er det vist til problemstillinger som kan oppstå når flomberegninger gir ulike resultater avhengig av formål og regelverk som ligger til grunn for beregningene.

**Emneord:** Regelverk, flomberegninger, regulerte vassdrag

Norges vassdrags- og energidirektorat  
Middelthuns gate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 22 95 95 95  
E-post: [nve@nve.no](mailto:nve@nve.no)  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

desember, 2022

# Innhold

<b>Forord</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Innledning</b> .....	<b>6</b>
<b>2 Gjeldende regelverk og veiledere for flomberegninger</b> .....	<b>7</b>
2.1 Regelverk i Norge.....	7
2.1.1 Vassdragsanlegg (dammer) .....	7
2.1.2 Arealplan og byggesak .....	8
2.1.3 Vei og jernbane.....	10
2.1.3.1 Offentlig vei .....	11
2.1.3.2 Jernbane .....	12
2.1.3.3 Skogsveger .....	12
2.1.4 Overvann i arealplaner .....	12
2.2 Regelverk i andre land.....	13
<b>3 Praksis i flomberegninger</b> .....	<b>17</b>
3.1 Hvem utfører flomberegninger? .....	17
3.1.1 Fagkompetanse.....	17
3.1.2 Bruk av konsulenter .....	17
3.1.3 NVEs rolle.....	18
3.2 Veiledere for flomberegninger .....	18
3.2.1 Gjeldende veiledere for flomberegninger utgitt av NVE .....	18
3.2.2 Historikk i tidligere og nåværende veiledere .....	18
3.2.3 Kommende veiledere .....	21
3.3 Metoder .....	22
3.3.1 Frekvensanalyser.....	22
3.3.2 Regionalt formelverk.....	23
3.3.3 Nedbør- avløpsmodeller.....	23
3.4 Anbefalte metoder for fremtiden .....	24
3.4.1 Frekvensanalyser.....	24
3.4.2 Nedbør og PMP.....	24
3.4.3 Nedbør- avløpsmetoder .....	24
3.5 Beregningsforutsetninger i flomberegninger.....	25
3.5.1 Arealplan og byggesak .....	25
3.5.2 Vassdragsanlegg (dammer) .....	27
3.5.3 Infrastruktur.....	27
3.6 Likheter og ulikheter .....	28
<b>4 Problemstillinger</b> .....	<b>30</b>
4.1 Innspill fra eksterne til prosjektet.....	30
4.2 Ulike dimensjonerende flomverdier .....	31
4.2.1 Store sprang i flomestimer mellom gjentaksintervall .....	32
4.2.2 Større flomverdier i flomsonkart enn for damsikkerhet .....	33
4.2.3 Konservative beregninger vs. beste estimat .....	33
4.3 Levetid og oppdatering av flomberegninger .....	34

4.4	Ulike aktører .....	34
4.5	Flommer i regulerte vassdrag .....	35
<b>5</b>	<b>Oppsummering .....</b>	<b>36</b>
	<b>Referanser.....</b>	<b>37</b>
	<b>Vedlegg 1 – E-post og spørsmål sendt til andre land.....</b>	<b>42</b>
	<b>Vedlegg 2 – Regelverk i andre land – sammenstilt og oversatt til norsk.....</b>	<b>43</b>
	Sverige.....	43
	Finland .....	45
	Portugal.....	47
	Sveits.....	48
	Østerrike.....	49

# Forord

I Norge er det ulike kriterier og krav som ligger til grunn i flomberegninger for damsikkerhet og beregninger for sikkerhet mot flom i arealplanlegging og utbygging i flomutsatte områder. I ett og samme vassdrag kan dermed ulike beregninger av dimensjonerende flommer med samme gjentakintervall, gi ulike resultater. Dette medfører noen utfordringer og problemstillinger som er viktig å avklare og om mulig unngå.

Våren 2020 begynte vi i NVE å se på mulighetene for å harmonisere flomberegninger utført for damsikkerhet og for arealplanlegging i flomutsatte områder. Det ble etablert et prosjekt i NVE: Samordning av flomberegninger (SamFlom), for blant annet å vurdere hvilke konsekvenser det vil ha dersom man forsøker å harmonisere beregninger for ulike formål.

Prosjektet har følgende hovedmål:

- utarbeide forslag til nye anbefalinger for flomberegninger i regulerte vassdrag
- sikre at flomstørrelser harmoniserer uavhengig av formål til flomberegningen
- opparbeide seg erfaringer om utfordringer og problemstillinger som oppstår når flomberegninger i regulerte vassdrag skal harmonere, uavhengig av formål

Denne rapporten omhandler det innledende arbeidet i SamFlom-prosjektet og beskriver gjeldende regelverk og praksis i flomberegninger i Norge. Det er også sett på et utvalg av regelverk fra andre sammenlignbare land.

Oslo, desember 2022

Hege Hisdal  
direktør  
Hydrologisk avdeling

Elise Trondsen  
seksjonssjef  
Seksjon for vannbalanse

*Dokumentet sendes uten underskrift. Det er godkjent i henhold til interne rutiner.*

# 1 Innledning

I NVE er det en målsetning om å harmonere resultatene fra ulike flomberegninger i regulerte vassdrag med forskjellige formål (NVE notat 202005042-1). I notatet er det gitt som overordnet mål at: «...for et gitt punkt i et vassdrag skal beregnet flom med en gitt sannsynlighet (gjentaksintervall) være den samme uavhengig av formålet med beregningen. Det betyr for eksempel at for et gitt punkt i vassdraget skal 500-årsflom for farekartlegging være den samme som 500-årsflom for damsikkerhet». Videre står det: «For fremtidige beregninger av flomstørrelser i forbindelse med sikkerhet i arealplanlegging, sikringstiltak og utbygging i flomutsatte områder, skal en i regulerte vassdrag ta utgangspunkt i siste godkjente flomberegning for damsikkerhet. Det vil si at i et regulert vassdrag er 500-årsflom og 1000-årsflom, bestemt av beregningene for damsikkerhet, inklusive et eventuelt sikkerhetspåslag på flomverdiene på grunn av usikkert datagrunnlag.»

NVE har forsøkt å harmonere flomverdier i flomberegninger for Mjøsa (Holmqvist og Hamududu, 2022). Der viste det seg at det ikke er rett frem å finne den beste løsningen, og prosessen ble omfattende og tidkrevende. Det er derfor behov for å redegjøre mer rundt aktuelle problemstillinger ved samordning av flomverdier i regulerte vassdrag, og komme med konkrete forslag på hvordan dette kan håndteres i praksis. NVE prosjektet «Samordning av flomberegninger» (SamFlom) har fått i oppdrag å utarbeide forslag til hvordan dette kan gjøres.

Denne rapporten er utarbeidet i forbindelse med prosjektet (SamFlom) og dokumenterer arbeidet som er gjort i den første fasen. Dette omfatter bl.a. å:

- se på gjeldende regelverk i Norge som setter føringer og krav til hvordan samfunnet skal sikre seg mot flom
- se på regelverk ved flomberegninger i et utvalg av sammenlignbare land
- se på hvordan flomberegninger i Norge er utført, og hvilke metoder som er benyttet
- se på kjente problemstillinger og utfordringer som oppstår i regulerte vassdrag, der det er ulike flomberegninger med ulike formål

Formålet med rapporten er å oppsummere regelverk og praksis i flomberegninger i Norge. Innholdet skal være en referanse og et hjelpemiddel for videre arbeid i prosjektet. Samtidig håper vi at den gir en oversiktlig innføring i regelverket ved flomberegninger, og bakgrunnen til den faglige veiledningen i flomberegninger slik den foreligger i dag.

Beskrivelsen av regelverket er en oppsummering, og er ikke nødvendigvis komplett eller ordrett hentet fra lovverk og forskrifter. Gå derfor til kilden om forutsetningene omtalt her skal benyttes direkte i flomberegninger.

I kapitlet om problemstillinger omtaler vi påstander som vi antar er generelt aksepterte. De er derfor ikke alltid godt dokumentert. Noe kan imidlertid basere seg på personlige erfaringer og meninger, og disse meningene deles derfor ikke nødvendigvis av alle.

## 2 Gjeldende regelverk og veiledere for flomberegninger

Flomberegninger er viktig når bebyggelse, vassdragsanlegg og infrastruktur skal dimensjoneres og sikres tilstrekkelig mot flom. I dette kapittelet er det sett på hvilke regler, forskrifter og veiledere som man må forholde seg til i Norge for å sikre seg mot flom. Regelverk og praksis i andre aktuelle land er også undersøkt.

### 2.1 Regelverk i Norge

I Norge er det spesielt to lovverk som er viktig i forbindelse med flomberegninger. Plan- og bygningsloven (pbl) med byggt teknisk forskrift (TEK17) er førende for arealplan og sikker byggegrunn inkludert dimensjonering av flomsikringsanlegg. Damsikkerhetsforskriften (dsf), som er hjemlet i vannressursloven, tar for seg sikkerhet mot flom for vassdragsanlegg. Begrepet vassdragsanlegg omfatter både dammer og vannveier, men i rapporten her er det fokus på dammer.

#### 2.1.1 Vassdragsanlegg (dammer)

I damsikkerhetsforskriften, § 5-7, stilles det en rekke krav til flomberegninger for dammer med konsekvensklasse 1 eller høyere. Forskriften forvaltes av NVE. Bestemmelsene om flomberegninger etter damsikkerhetsforskriften utdypes i veilederen Flomberegninger for dammer - veileder til damsikkerhetsforskriften, NVE Veileder 2/2022 (Haugsrud mfl. 2022). Veilederen må brukes sammen med Veileder for flomberegninger, NVE Veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

Når dammer skal bygges, fornyes eller revurderes må oppdaterte og godkjente flomberegninger legges til grunn for dimensjonering eller kontroll av flomløp. Godkjente flomberegninger for revurderinger må fornyes jevnlig. Resultatene i flomberegningene må være basert på tilløpsflomberegninger som ikke er eldre enn 15 år for dammer i konsekvensklasse 2-4 og ikke eldre enn 20 år for dammer i konsekvensklasse 1.

Damsikkerhetsforskriften setter en rekke krav til utførelse av flomberegninger for damsikkerhet. Noen av kravene er nevnt under.

Tabell 1. Minimumskrav til flomberegninger ved vassdragsanlegg (Kilde: NVE-veileder 2/2022, kap. 4.2).

Klasse	Bruddgrensetilstand (Qdim)	Ulykkesgrensetilstand	
		Generelt krav	Tilleggs kontroll
4 og 3	Q1000	PMF	Qdim + lukesvikt
2	Q1000	PMF eller 1,5 x Qdim	Qdim + lukesvikt
1	Q500	PMF eller 1,5 x Qdim	Qdim + lukesvikt

Flomberegninger skal omfatte beregninger av dimensjonerende tilløpsflom (Qdim), dimensjonerende avløpsflom og dimensjonerende flomvannstand. Videre skal det

gjøres beregninger av påregnelig maksimal flom (PMF) og maksimal flomvannstand for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand.

Vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4 skal dimensjoneres og kontrolleres for vannstander og avløpsflommer for flomstørrelser og gjentakintervaller gitt i Tabell 1.

For vassdragsanlegg i konsekvensklasse 0 er det ingen spesielle krav til dimensjonering og dermed ingen krav til flomstørrelser, men NVE anbefaler at slike dammer minimum dimensjoneres for 200-års flom.

Der det er aktuelt skal flomberegningene også omfatte beregninger av flomvannstander og avløpsflommer som følge av tilstopping av flomløp.

Andre krav i damsikkerhetsforskriften (§ 5-7):

- Det kreves at utførende har godkjenning som fagansvarlig i fagområde IV flomhydrologi. Ved kompliserte hydrauliske forhold må også en fagansvarlig i fagområde V hydraulikk og flomavledning involveres (jf. § 5-8). Godkjent fagansvarlig skal enten utføre eller kontrollere beregningene. Det skal fremgå hvem som har utført og kontrollert beregningene.
- Kvaliteten på datagrunnlaget skal beskrives. Der datagrunnlaget for flomberegninger er mangelfullt, skal det tillegges en sikkerhetsmargin (jf. § 5-4).
- Beregningsforutsetninger inkluderer bl.a.:
- Startvannstand i magasin ved ruting settes til HRV
- Overføringer inn til feltet skal være åpne og overføringer ut av feltet skal være stengt
- Vurdering av tilstopping av flomløp
- Lukesvikt
- Flomberegninger med nødvendige opplysninger skal sendes NVE for godkjenning.

NVEs veileder 2/2022 til damsikkerhetsforskriften § 5-7, Flomberegning for dammer (Haugsrud mfl., 2022), utdypet noen av kravene. Bl.a. at beregning av tilløpsflom skal skje i samsvar med anbefalinger gitt i NVEs veileder 1/2022, Veileder for flomberegninger (Glad mfl., 2022). Videre gir NVE Veileder 2/2022 en rekke anbefalinger knyttet til hvordan flomberegningene bør utføres:

- utføre følsomhetsanalyse av flomberegningene, inklusive følsomhetsanalyse av hydrauliske beregninger
- ta hensyn til fremtidige klimaendringer ved tiltak på eksisterende dammer eller ved planlegging av nye dammer
- strukturere innhold i flomberegningsrapporten iht. kap. 6.1.

### **2.1.2 Arealplan og byggesak**

Kravene til sikker byggegrunn, herunder sikkerhet mot flom, er fastsatt i plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1 og § 29-5 og byggt teknisk forskrift (TEK17) kap. 7. Generelle krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger er gitt i TEK17 § 7-1, og konkrete sikkerhetskrav mot flom og stormflo er presisert i § 7-2 og § 7-3. Sikkerhetskravene er

førende for arealplan, og tilstrekkelig sikkerhet mot flom må dokumenteres i en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse), jf. pbl §4-3.

Kravene skal sikre at det ikke gjennomføres tiltak i et område som kan være utsatt for flomfare uten at sikkerheten er tilstrekkelig ivaretatt, eller at man utsetter omgivelsene for økt flomfare som følge av tiltaket.

Det er som hovedregel tiltakshaver i plansaker eller byggesaker som har ansvaret for å framskaffe nødvendig dokumentasjon om sikkerhet mot flom. Kommunen som plan- og bygningsmyndighet er ansvarlig for å påse at planen eller tiltaket oppfyller kravene til sikkerhet.

Flomfaren vurderes på tre nivåer i plan- og byggesaker:

- **Kommuneplannivå** – vurdering på aktsomhetsnivå/aktsomhetskart. På dette nivået kan det være tilstrekkelig å følge anbefalingene i veilederen Flaum- og skredfare i arealplanar (NVE, 2014) for å ivareta sikkerhetskravene i plan- og bygningsloven og TEK17.
- **Reguleringsplannivå** – gjøre en reell farekartlegging. Tilstrekkelig sikkerhet mot flom skal i forbindelse med reguleringsplaner dokumenteres i en ROS-analyse, jf. pbl § 4-3 og i henhold til sikkerhetskravene i pbl § 28-1 og TEK17 § 7-2.
- **Bygge- og dispensasjonssak** – Dersom den reelle faren ikke er utredet tidligere eller sikkerhet mot flom ikke er dokumentert, må tilstrekkelig sikkerhet i henhold til TEK17 § 7-2 dokumenteres i byggesaken. – men ofte er det kun behov for fareutredning av én enkelt tomt og én sikkerhetsklasse (for eksempel F2).

Forholdet til sikkerhet skal avklares gjennom arealplanarbeidet, ikke i byggesak (KMD, 2018).

NVE veileder Sikkerhet mot flom - utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (NVE Veileder 3/2022) beskriver prosessen med å vurdere, utrede og dokumentere om et område eller en tomt tilfredsstillende kravene til sikkerhet mot flom i pbl § 28-1 og TEK17 § 7-2. Denne veilederen utdypes TEK17 § 7-2 og NVE retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar (NVE, 2014).

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom med ulike flomstørrelser som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder, jf. TEK17 § 7-2 annet ledd. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, er avhengig av funksjonen og konsekvensen ved flom.

**Tabell 2. Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område. Kilde: TEK17**

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

I henhold til TEK17 kan sikkerhetskravene oppnås ved å

- plassere byggverket utenfor området som oversvømmes ved flom med det aktuelle gjentakintervallet (største nominelle årlige sannsynlighet)
- utføre risikoreduserende tiltak – f.eks. flomsikringstiltak eller heve byggegrunnen til et flomsikkert nivå
- dimensjonere og konstruere bygget slik at det tåler belastningene

NVE anbefaler at en velger det første alternativet der det er praktisk mulig.

Byggverk der konsekvensen av flom er særlig stor, skal ikke plasseres i flomutsatt område, jf. TEK17 § 7-2 første ledd. Dette gjelder byggverk av nasjonal eller regional betydning for beredskap og krisehåndtering, som f.eks. sykehus og beredskapsinstitusjoner. Dette kravet kan oppfylles ved å plassere byggverket utenfor området som blir oversvømt ved PMF.

Bestemmelsene i TEK17 § 7-2 gjelder sikkerhet mot flommer som normalt ikke medfører farer for menneskeliv. I tilfeller hvor flomfaren kan føre til tap av menneskeliv skal tiltaket plasseres i sikkerhetsklassene for skred i §7-3. Regnflommer i bratte masseførende vassdrag er et eksempel på en hurtigvoksende flom som kan medføre fare for menneskeliv.

Regjeringen har lagt føringer om at kommunene skal ivareta klimaendringer og klimatilpasning i sin arealplanlegging, jfr. Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019-2023 (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2019), Statlige planretningslinjer (SPR) for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning (Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning, 2018) og veiledning til SPR for klimatilpasning (Miljødirektoratet, 2019).

Fylkesvise klimaprofiler ([Klimaservicesenteret](#)) gir en oversikt over hvilke endringer en kan vente for ulike områder i landet. Flomfareutredninger bør ta høyde for ev. ventet økning i flomstørrelse som følge av klimaendringer. NVE anbefaler at flomfareutredninger inkluderer klimapåslag i arealplanlegging og ved behandling av nye byggetiltak i flomutsatte områder.

### **2.1.3 Vei og jernbane**

Plan og bygningsloven (pbl) gjelder også for planlegging av offentlige veier i Norge. I tillegg er det utarbeidet tekniske håndbøker og normaler for å utdype særegne krav ved bygging av offentlige veier og jernbane.

### 2.1.3.1 Offentlig vei

For offentlige veier er det utarbeidet en vegnormal N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2021). N200 er den grunnleggende tekniske standarden for vegbygging i Norge og inneholder sentrale krav og føringer, bl.a. for sikkerhetsklasser og dimensjonering mot flom.

Tverrgående- og langsgående drenering av veier, slik som bruer, kulverter m.m., skal dimensjoneres etter en sikkerhetsklasse bestemt ut fra årsdøgntrafikk (ÅDT) og mulighet for omkjøring, se Tabell 3.

**Tabell 3. Sikkerhetsklasser for veg og returperiode for dimensjonering mot flom. Kilde: N200 (SVV, 2021).**

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode			
		m/omkjøringsmulighet		u/omkjøringsmulighet	
		Tverrdrenering	Langsgående drenering	Tverrdrenering	Langsgående drenering
V1	0-500	50 år	50 år	100 år	50 år
V2	500-4000	100 år	50 år	200 år	100 år
V3	> 4000	200 år	100 år	200 år	100 år

Dimensjonerende flom skal ta hensyn til fremtidige klimaendringer og usikkerheten i beregningene gjennom å bruke en klimafaktor ( $F_k$ ) og en usikkerhetsfaktor  $F_u$ . Se følgende ligning:

$$Q_{\text{dim,T}} = Q_T \times F_k \times F_u$$

Klimafaktorene gjelder for anlegg med levetid f.o.m. 50 år, og størrelsen er avhengig av geografisk beliggenhet (fylke) og størrelse på nedbørfelt. Se mer veiledning rundt dette i N200 (Statens vegvesen, 2021).

For alle anlegg med levetid over 50 år skal det brukes en sikkerhetsfaktor  $F_u$  for usikkerhet ved beregning av dimensjonerende vannføring, se Tabell 4.

**Tabell 4. Sikkerhetsfaktor for usikkerhet i beregningsmetode.**

Sikkerhetsklasse	$F_u$
V1 eller F1	1,0
V2 eller F2	1,1
V3 eller F3	1,2

### 2.1.3.2 Jernbane

For jernbane gjelder teknisk regelverk for jernbane (Bane NOR, 2022: Teknisk regelverk. <https://trv.banenor.no>).

### 2.1.3.3 Skogsveger

Veilederen Skogsveger og skredfare – veileder (Fergus m. fl., 2011) viser til at skogeier har et eget ansvar for å påse at skogsveger og andre terrenginngrep ikke medfører skade på omgivelsene og fare for liv og helse. Dette fremgår bl.a. av grannelova, der det i § 2 heter: *”Ingen må ha, gjera eller setja i verk noko som urimeleg eller uturvande er til skade eller ulempe på granneeigedom. Inn under ulempe går òg at noko må reknast for farleg.”* Dette ansvaret følger også av vannressursloven. Alle tiltak i vassdrag som endrer vassdragets leie, strømreretning og hastighet definert som vassdragstiltak. For vassdragstiltak gjelder kravet, jf. vannressursloven §5: *”Enhver skal opptre aktsomt for å unngå skade eller ulempe i vassdraget for allmenne eller private interesser”*, og videre: *”Vassdragstiltak skal fylle alle krav som med rimelighet kan stilles til sikring mot fare for mennesker, miljø eller eiendom.”* Aktsomhetskravet gjelder både nye inngrep og ved drift og vedlikehold av eksisterende anlegg.

### 2.1.4 Overvann i arealplaner

Overvann behandles annerledes i lovverket enn flom knyttet til større vassdrag. Det er allikevel interessant å se på hvordan sikkerhet mot fare eller skade fra overvann kartlegges, samt utføre forebyggende tiltak.

NVEs veileder Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar (Pedersen og Bratlie, 2022) har til hensikt å støtte kommunene med å forebygge skader fra overvann gjennom arealplanlegging etter plan- og bygningsloven. Kommunene må gjennom planleggingen sørge for tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann. I veilederen gir NVE råd om hvordan tilstrekkelig sikkerhet kan innarbeides i arealplaner med arealformål, hensynssoner, bestemmelsesområde og bestemmelser. Veilederen omtaler overvann og prosesser knyttet til overvann, og hvordan fare fra overvann kan kartlegges.

Det er ikke mulig å sikre samfunnet helt mot fare eller skade fra overvann. Da det ikke foreligger lov eller forskrift som gir føringer for hvilken sikkerhet kommunene skal legge til grunn, må kommunene selv ta stilling til dette, jf. Pbl. § 28-1 og de generelle kravene i TEK17 § 7-1. Til kommuner som ønsker det, har NVE utviklet en anbefaling om hva som kan være tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann. Hvis kommunen ikke finner at annet risikoaksept er mer forsvarlig, anbefaler NVE:

- Å legge til grunn klimajustert 100-årsregn sammen med kartlegging og planlegging av trygge flomveier og lokale overvannstiltak, skal gi akseptabel sikkerhet mot overvann.
- Å legge til grunn foreslåtte grenseverdier for vanddyp (D), hastighet (V) og produktet av de to for oversvømte arealer ved klimajustert 100-årsregn. Dette kan benyttes til å finne egnede arealer for utbygging. Grenseverdiene gjelder ikke for flomveier.

For dimensjonering og beregning av kost/nytte for lokale overvannstiltak, vises det til Norsk Vanns rapport A 193 Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem (Norsk Vann, 2012) og SINTEFs byggforskserie (SINTEF, 2012)

## 2.2 Regelverk i andre land

Prosjektet ønsket å se på regelverk hos et utvalg av andre land. I den sammenhengen sendte vi fem spørsmål til følgende land: Sverige, Finland, Portugal, Sveits, Østerrike, Frankrike, England og Skottland. Utvalget av land skjedde ut fra en kombinasjon av flere faktorer: i) hvor NVE hadde kontakter fra før, ii) hvor vi forventet å kunne finne informasjon på engelsk eller andre språk vi kan forstå og iii) ut fra hvilke land vi tenkte det var mest naturlig å sammenligne Norge med.

De fem spørsmålene vi sendte var (se også Vedlegg 1):

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?
2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?
3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?
4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?
5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. startvannstand (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?

Vi har, så langt, fått svar fra fem av åtte land (Sverige, Finland, Portugal, Sveits og Østerrike).

I tillegg til de fem spørsmålene ba vi også om å få tilsendt lenker eller referanser til relevante rapporter, lovverk og/eller retningslinjer.

Svarene er sammenstilt og oversatt til norsk. En mer detaljert tolkning av svar og regelverk gis i vedlegg 2.

Tabell 5 viser en kort oppsummering av svarene vi fikk fra andre land. Der fremkommer det følgende:

### **Spørsmål 1:**

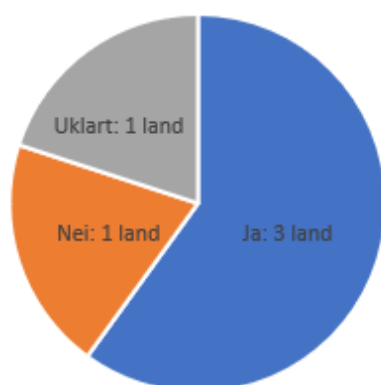
Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

- a) Dimensjonerende flommer for damsikkerhet varierer fra 100 års gjentaksintervall til 10 000 års gjentaksintervall. Det beregnes også helt ekstreme flommer som ikke kan knyttes til gjentaksintervall (men som ut fra sammenligning med frekvensanalyse i gjennomsnitt ikke overskrider 10 000 års gjentaksintervall).

- b) Dimensjonerende flommer for farekartlegging varierer fra 20 års gjentakintervall til 1000 års gjentakintervall. Det beregnes også ekstreme flommer som ikke kan knyttes til gjentakintervall (men som ut fra sammenligning med frekvensanalyse i gjennomsnitt ikke overskrider 10 000 års gjentakintervall).

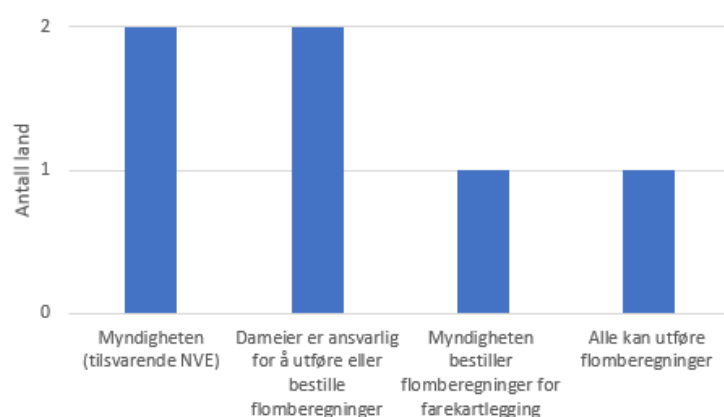
### Spørsmål 2:

Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?

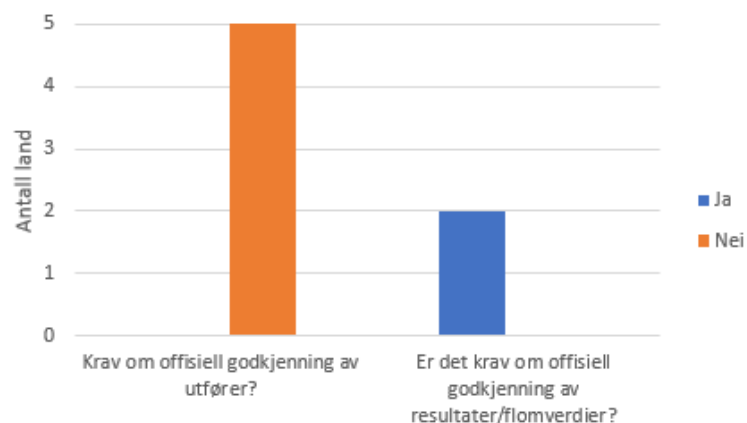


### Spørsmål 3:

- a) Hvem kan utføre flomberegninger?



- b) Er det nødvendig med noen form for offisiell godkjenning?

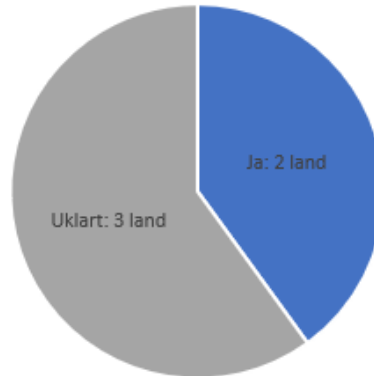


#### Spørsmål 4:

- a) Hvilke flomberegningmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver?

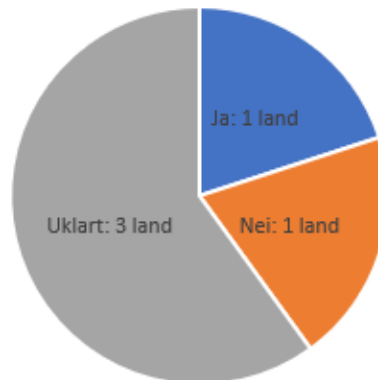
Det brukes alt fra enkle flomberegningmetoder med enkle formler eller statistiske analyser (frekvensanalyser) til kompliserte vassdragsmodeller som tar hensyn til både komplekse reguleringer, lange historiske tidsserier (vær, snø, hvordan ting er blitt regulert etc.) og nedbørsekvenser som flyttes et tidsskritt av gangen over en lang årrekke.

- b) Er metodene like uavhengig av formål?



#### Spørsmål 5:

Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen?



Tabell 5. Kort oppsummering av svarene vi fikk fra vår undersøkelse sendt til andre land. En mer detaljert beskrivelse av metoder og regelverk gis i vedlegg 2.

Spørsmål		Sverige	Finland	Portugal	Sveits	Østerrike
1	DS1	Q100-Q1000, Qx3	Q100-Q10000	Q100-Q5000 og 1,2*Qdim	Q1000, 1.2*Q1000	Q5000 og Q10000
	FS2	Q50-Q200, Qx	ikke besvart	Q20-Q1000	Q30-Q300	ikke besvart
2		Nei	Ja	Ja	Ja	Uklart <sup>4</sup>
3	Hvem utfører flomber.	SMHI5 (få unntak)	SYKE6 (noen unntak)	DS: dameier (res. godkj. av APA8). FS: APA leier inn konsulenter	Alle. (res. godkj. av ansv. myndighet).	DS: dameier og konsulent (res. godkj. av ansv. myndighet).
	Off. godkj. <sup>8</sup>	Nei	Nei	Nei (ikke besv. direkte)	Nei	Nei (ikke besvart direkte)
4	Metoder <sup>9</sup>	Hydr. mod. (BM-I10) og FFA11 (BM-II12)	Vassdrags. mod. og FFA	Ulike metoder (avhengig av nedbørfelt størrelse)	Ulike metoder (fra enkle formler til differensierte flomstud. for et spesifikt felt).	DS: retningslinjer (fra enkle metoder til avanserte/detaljerte metoder). (Ikke i forskrift)
	Lik metode	Ja	Uklart	Ja	Uklart	Uklart
5	Like forhold. <sup>13</sup>	Ja i utgangspunktet.	Uklart	Nei, kan være ulike.	Uklart	Uklart
	Kommentar	Betingelsene i utgangspunktet like, men formål og type anlegg kan påvirke forutsetningene.	DS: samarbeid med DSM14, (oppdatert info om drift under en dim. flom, realistiske startforhold.)	Initialtilstand i magasiner kan vurderes.	DS: Regler for betjening av luker. Magasiner brukes aktivt for flomdemping	DS: hovedsakelig samme for hver konstruksjon. Vanlig med startvannstand = maks operativ vannstand.

<sup>1</sup>DS=damsikkerhet, <sup>2</sup>FS=flomsonekartlegging/farekartlegging/flomsikring, <sup>3</sup>Qx=ekstrem flom, beregnet med beregningsmetode I (se vedlegg 2), <sup>4</sup>Fremkommer ikke av svaret, <sup>5</sup>SMHI=Sveriges metrologiske og hydrologiske institutt, <sup>6</sup>SYKE=Finlands miljøinstitutt (Suomen ympäristökeskus /Finlands miljöcentral), <sup>7</sup>APA=Portugals miljødepartement (Agência Portuguesa do Ambiente), <sup>8</sup>Finnes det en offentlig godkjenningsordning av utføreren?, <sup>9</sup>Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver?, <sup>9</sup>Beregningsmetode I, (vedlegg 2), <sup>11</sup>Flomfrekvensanalyse, <sup>12</sup>Beregningsmetode II, (vedlegg 2), <sup>13</sup>Bruker de samme hydrauliske forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen?, <sup>14</sup>DSM=damsikkerhetsmyndighetene.

## 3 Praksis i flomberegninger

I kapittel 1 er det viktigste regelverket som initierer behovet for beregninger av sikkerhet mot flom omtalt. Dette kapittelet vil omhandle forskjeller i anbefalinger og krav knyttet til flomberegninger for ulike formål. Videre vil vi se nærmere på hvordan flomberegninger er utført i praksis. Dette er gjort ved å se på tidligere og eksisterende veiledere for flomberegninger for ulike formål. Vi har i noe grad også sett direkte på flomberegningsrapporter. Det vil bli gitt en kort oppsummering av forskjeller og likheter i benyttede metoder ut fra anvendelsen av beregningene.

### 3.1 Hvem utfører flomberegninger?

En flomberegning kan bestå av alt fra en enkel vurdering til detaljerte beregninger. For enkle vurderinger kan det være tilstrekkelig med bruk av enkle formelverk eller observasjoner fra en stor flomhendelse. Detaljerte beregninger stiller høyt krav til datagrunnlag, metoder og modelleringsverktøy.

#### 3.1.1 Fagkompetanse

NVE anbefaler generelt at de som utfører og kvalitetssikrer flomberegninger har relevant utdanning og erfaring innen flomhydrologi og ev hydraulisk modellering.

Flomberegninger til dimensjonering av dammer skal utføres av fagpersoner med dokumentert kompetanse og godkjenning innen fagområde IV Flomhydrologi. Der de hydrauliske forholdene er kompliserte er det også krav om at det benyttes godkjent fagansvarlig i fagområde V Hydraulikk og flomavledning. Fagansvarlige godkjennes av NVE. Godkjenningen er personlig og gjelder for ett eller flere bestemte fagområder. For godkjenning innen flomhydrologi stilles det krav til type utdanning og minst 20 eller 40 måneder relevant praksis innen flomberegninger (avhengig av dammens konsekvensklasse). Kravene er nærmere beskrevet på NVEs nettsider om damsikkerhet (<https://www.nve.no/energi/tilsyn/damsikkerhet/>) og i damsikkerhetsforskriften.

Fagkompetanse innen flomberegninger finnes i konsulentfirmaer, utdanningsinstitusjoner, hos regulanter, Statens vegvesen, BaneNor og i NVE. I mindre grad vil kommuner, fylker og privatpersoner også ha erfaring med denne typen beregninger.

#### 3.1.2 Bruk av konsulenter

Flomberegninger utføres i stor grad av innleide konsulenter på forespørsel fra oppdragsgivere. Dette omfatter:

- Flomfarekartlegging i forbindelse med arealplan eller byggesak.
- Dimensjonering av infrastruktur.
- Sikringstiltak mot flom.
- Dimensjonering og kontroll av dammer (enkelte regulanter utfører eller kvalitetssikrer beregninger selv).

### **3.1.3 NVEs rolle**

NVE utfører flomberegninger for interne prosjekter knyttet til flomfarekartlegging og sikringstiltak mot flom og erosjon. I tillegg gjør NVE et fåtall beregninger som oppdrag for eksterne oppdragsgivere. For klassifiserte dammer gjør ikke NVE beregninger, men har en kontrollfunksjon av alle beregninger som er knyttet til denne typen vassdragsanlegg. NVE er også høringspart i arealplansaker.

## **3.2 Veiledere for flomberegninger**

For å se utviklingen i flomberegninger i et historisk perspektiv, er det sett på de ulike veilederne som har vært de siste årene. I 2011 ble det gjort en detaljert gjennomgang og vurdering av gjeldende data, metoder og verktøy for flomberegninger i NVE (Wilson mfl., 2011). Som en videreføring av dette har vi sett litt på videre utvikling og hva som har skjedd etter dette, samt at vi har sett på noen veiledere utenfor NVE.

### **3.2.1 Gjeldende veiledere for flomberegninger utgitt av NVE**

NVE har laget en faglig veileder for flomberegninger NVE veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022). Denne veilederen gir anbefalinger innen flomberegninger i Norge, og har som mål å gi et rammeverk som sikrer konsistente og robuste estimater av flommer for ulike formål. Anbefalingene og metodene er oppdatert i henhold til anbefalinger av metoder og resultater fra relevant forskning i Norge.

NVE veilederen 2/2022 Flomberegning for dammer – veileder til damsikkerhetsforskriften (Haugsrud mfl., 2022) utdyper bestemmelsene i damsikkerhetsforskriften som omhandler flomberegninger. Ved flomberginger for dammer skal denne brukes sammen med NVE veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

Veilederen Sikkerhet mot flom. Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak (NVE Veileder 3/2022) som kommer høsten 2022, beskriver prosessen med å utrede og dokumentere kravene til sikkerhet mot flom i pbl § 28-1. Videre utdyper den TEK17 § 7-2. Også her vil delen om flomhydrologi være dekket i NVEs faglige veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

### **3.2.2 Historikk i tidligere og nåværende veiledere**

#### **Damsikkerhet**

«Forskrift for dammer» ble utgitt i 1981 og inneholdt regler og anbefalinger til bl.a. beregning av flommer og vannstander. Forskriften har vært viktig for utviklingen av metodikk for flomberegninger i Norge generelt og for å beregne dimensjonerende flommer i regulerte vassdrag spesielt. Fagfeltet har vært i stadig utvikling siden den gang. NVE utga de første retningslinjene for flomberegninger i 1986 (Lundquist mfl., 1986). Senere er retningslinjene revidert i 2002 (Pettersson mfl., 2002) og i 2011 (Midttømme mfl., 2011) etter forskriftsendringer i hhv. 2001 og 2010. Forskriftsendringene i 2010 omfattet bl.a. et krav om å sammenligne observerte og estimerte flommer, å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget og krav til sikkerhetsmargin ved mangelfullt datagrunnlag. Innholdet i 2002-utgaven ble i stor grad videreført, men noe nytt kom til slik som nytt avsnitt om snøsmelting, usikkerheter i flomberegninger og klimaendringer.

NVE sin veileder Retningslinjer for flomberegninger (2011) har vært sentralt for flomberegninger for damsikkerhet de senere årene. Metodene for flomfrekvensanalyse og nedbør- avløpsmodellering er de samme som ved andre formål, men metodikken er tilpasset generering av dynamiske tilløpsflommer egnet for å rute gjennom et regulert vassdrag. Vassdragene kan være sammensatt av flere ulike reguleringer, slik som magasiner, overføringer, kraftverk osv. Dimensjonerende tilløpsflom til magasinene beregnes først, før avløpsflom og vannstand i magasiner modelleres ved enkle ruting-modeller eller i mer kompliserte vassdrags- eller hydrauliske modellverktøy.

I 2022 ble retningslinjer fra 2011 erstattet med to nye veiledere. Innholdet fra den gamle utgaven ble splittet i veiledning til damsikkerhetsforskriften (2/2022) (Haugsrud mfl., 2022) og en mer generell faglig veileder for utførelse av flomberegninger (Glad mfl., 2022).

### **Flomsonekartlegging**

For flomsonekartlegging har NVE tidligere benyttet en intern veileder (5B Retningslinjer for flomberegninger, der det har vært løpende versjoner i perioden ca. 2004-2013). Det har vært fokus på flomfrekvensanalyse direkte på vannføringsdata (uregulerte og regulerte tidsserier), samt regionalt formelverk (Sælthun, 1997), som har beskrevet anbefalt metode ved flomberegninger som grunnlag for flomsonekart. Denne har i liten grad blitt benyttet utenfor NVE. I veilederen står det (noe forkortet og omskrevet her) følgende om regulerte vassdrag:

- Reguleringer påvirker de minste flommene relativt sett mest. Det er mer usikkert hvor mye reguleringene påvirker de større flommene. Dersom naturlig innsjøareal sammenlignet med magasinareal har økt betraktelig, kan man også anta at de store flommene er redusert i større eller mindre grad. Hvis ikke, er det mest sannsynlig at Q500 og Q1000 er ganske lik som før reguleringene.
- Det er svært vanskelig å estimere reelle størrelser av flommer for gitte gjentaksintervall i regulerte vassdrag. Til dette må man bruke regulerte tidsserier av vannføring. For større gjentaksintervall kan det være rimelig å anta at disse går mot uregulerte forhold (påvirkningen av reguleringene avtar relativt sett mest for de største gjentaksintervallene).
- Det finnes ingen god metode for å anslå med sikkerhet hvor raskt et regulert nedbørfelt vil nærme seg uregulerte forhold. En støtte til dette kan være å sammenligne med beregnet dimensjonerende flom beregnet for damsikkerhet.
- Ved beregninger for damsikkerhet skal det legges til grunn ugunstige forutsetningene når det gjelder reguleringsforhold (overføringer inn i feltet er åpne og overføringer ut er lukket, magasin vannstand er på HRV ved starten av flommen o.l.). Ved flomberegninger for flomsonekartlegging baserer man seg på observerte flomdata som i prinsippet kan resultere i ekstremverdier der flomreduserende tiltak er tatt hensyn til. Dimensjonerende 1000-års flom beregnet for

damsikkerhet vil derfor vanligvis være større eller lik Q1000 for flomsonekartlegging.

- Overføringer inn eller ut av vassdraget og drift av kraftverk kan kreve spesielle vurderinger. Vanligvis (men ikke alltid) bør den ugunstigste situasjonen legges til grunn.
- Reguleringer i vassdrag kan være så forskjellige og spesielle at hver flomberegning i et regulert vassdrag krever sin egen fremgangsmåte.

Det ble benyttet en skala der datagrunnlag er klassifisert i 3 klasser: Godt, brukbart, mangelfullt.

Veilederen ble ikke oppdatert etter ca. 2013, og er nå erstattet av NVE veiledere 1/2022 og 3/2022 (gis ut i starten av 2023).

### **Skogsveger**

I veilederen for skogsveger (Fergus mfl., 2011) står følgende: Stikkrenner og kulverter i forbindelse med skogsveger skal dimensjoneres etter flommer med et gjentaksintervall mellom 20 og 50 år. Metoder for flomberegninger henviser til Vassdragshåndboka (Fergus mfl., 2010), og vil fortrinnsvis være aktuelt for små nedbørfelt. Metodene beskrevet i Vassdragshåndboka er flomfrekvensanalyse, regionalt formelverk (RFFA-1997), PQRUT og den Rasjonelle metoden.

### **Små nedbørfelt**

I tidligere veiledere har ikke små nedbørfelt med rask respons på nedbør vært omtalt i stor grad. Det gjeldende regionale formelverket (Sælthun mfl., 1997) var heller ikke anbefalt brukt for nedbørfelt mindre enn ca. 20 km<sup>2</sup>. Arbeidet i prosjektet [Naturfare-Infrastruktur-Flom-Skred](#) (NIFS-prosjektet (Dolva, 2016)) resulterte i en veileder for flomberegninger i denne typen bekker og elver, Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt (Stenius mfl., 2015). Med små nedbørfelt menes her nedbørfelt med feltstørrelse mindre enn 50-60 km<sup>2</sup>.

Noe av de viktigste leveransene i NIFS-prosjektet mht. flomberegninger er Nasjonalt formelverk for kulminasjonsflommer (Glad mfl., 2015) (RFFA-NIFS) og utarbeidelse og anbefalinger for bruk av IVF-kurver for korttidsnedbør (Førland mfl., 2015, Dyrrdal mfl., 2015). Veileder nr. 7-2015 gir også i større grad anbefalinger rundt bruk av frekvensanalyser direkte på kulminasjonsverdier, nytt nasjonalt formelverk og bruk av flere metoder der det hydrologiske datagrunnlaget er dårlig (bl.a. nedbør-avløpsmodellen PQRUT). Bruksområdet til den Rasjonale metoden for de aller minste feltene er også vist. Regulerte nedbørfelt er i svært liten grad omhandlet i denne veilederen.

Anbefalingene i veileder 7-2015 mht. klassifisering av usikkerheten i beregningene er delt inn i fire klasser: Liten, middels, stor eller svært stor, der klassene er direkte relatert til det hydrologiske datagrunnlaget.

Denne veilederen er nå erstattet av NVE Veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

### **Endringer i anbefalinger og metoder i veileder 1/2022**

I prosjektene FlomQ (Thorarinsdottir mfl., 2018), Flomkart (Engeland mfl. 2020), ble det utviklet nytt regionalt formelverk (RFFA-2018), og gitt nye anbefalinger til flomfrekvensanalyser. Mye av arbeidet som er direkte knyttet til flomfrekvensanalyser er sammenstilt i Engeland mfl. (2020). Anbefalinger derfra er også tatt med videre i ny veileder for flomberegninger (Glad mfl., 2022).

Veileder for flomberegninger (Glad mfl., 2022) er forskjellig fra tidligere veiledere ved bl.a.:

- Mer konkrete anbefalinger om valg av metoder ut fra det tilgjengelige datagrunnlaget i beregningene.
- Klassifiseringen av det hydrologiske datagrunnlaget bør være det samme uavhengig av formål med flomberegningen. Denne klassifiseringen bør inngå i vurderinger av ev. sikkerhetspåslag.

For flomfrekvensanalyser:

- God beskrivelse av hvordan å kvalitetssikre hydrologiske data.
- Utarbeide og bruke tilsigsserier/vannhusholdningsdata.
- Nytt regionalt formelverk (RFFA-2018) for beregning av flommer i store umålte felt. Dette erstatter formelverk fra 1997.
- Bruke en kombinasjon av lokale flomdata og regional informasjon i frekvensanalyser. Konkrete anbefalinger ut fra hvor mye lokale data som er tilgjengelig.
- Frekvensanalyser direkte på kulminasjonsvannføring der det er en lang nok observasjonsperiode.
- Inkludere historisk flominformasjon i analyser

Nedbør- avløpsmetoder:

- I tilfeller hvor det ikke lar seg gjøre å kalibrere PQRUT-modellen, anbefales det å bruke nye ligninger for modellparameterestimering (Leine og Lawrence, 2021).

### **Veileder fra Statens vegvesen**

Statens vegvesen har sin egen Vegnormal N200 Vegbygging (Statens vegvesen, 2021). Håndbok V240 Vannhåndtering (Statens vegvesen, 2020) understøtter kravene i N200 Vegbygging. Veiledningen skal være et praktisk hjelpemiddel som bidrar til gode løsninger for vannhåndtering gjennom hydrologiske og hydrauliske beregninger. Sammen med N200 danner denne veiledningen et faglig rammeverk for hydrologi og hydraulikk, og bruk av veiledningen forutsetter vannfaglig kompetanse. Veiledningsmaterialet til SVV benytter mye av de samme metodene og anbefalingene som NVEs veileder innen flomberegninger, men foreløpig (pr. medio november 2022) ikke oppdatert med siste anbefalinger i NVEs veileder 1/2022 (Gald mfl., 2022).

### **3.2.3 Kommende veiledere**

NVE planlegger å ha ferdig veilederen «Sikkerhet mot flom – Utredning av Flomfare i reguleringsplan og byggesak» (NVE veileder 3/2022) i starten av 2023. Denne veilederen beskriver hvordan flomfare bør vurderes og utredes for å dokumentere om et område eller en tomt tilfredsstiller kravene til sikkerhet mot flom i plan- og

bygningssloven og byggt teknisk forskrift (TEK17) i forbindelse med reguleringsplaner og bygge- og dispensasjonssaker. Den gir også veiledning til utfører om hvordan en flomfareutredning bør gjennomføres og hvordan resultatet bør dokumenteres og presenteres. Veilederen utfyller TEK17 med veiledning når det gjelder sikkerhet mot flom. For faglig veiledning innen flomberegninger, henvises det til NVE veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

NVE vil i løpet av 2023 lage to supplerende veiledere for overvann: en teknisk bransjeveileder for hvordan en kan modellere urbane felt, og en veileder om innsamling av måledata til modellering og prosjektering av overvannstiltak.

### 3.3 Metoder

Det er ulike metoder som tradisjonelt har vært benyttet ved flomberegninger i Norge. Metodene kan inndeles i to hovedgrupper: flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyser, se under.

Dersom en har målestasjoner med godt datagrunnlag i nedbørfeltet, bør flomberegningen baseres på en flomfrekvensanalyse. På steder med dårlig hydrologisk datagrunnlag og/eller i svært små nedbørfelt, bør fortrinnsvis en nedbør-avløpsmodell benyttes. Dette gjelder spesielt for 200-årsflom eller mer. Dersom en har dårlig datagrunnlag, bør alltid flere metoder anvendes for å beregne flomverdiene.

#### 3.3.1 Frekvensanalyser

Flomfrekvensanalyser utføres som oftest på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, eventuelt beregnede tilsigsserier eller konstruerte dataserier. Metoden kan også benyttes til ulike typer av regionale flomfrekvensanalyser som utføres for et begrenset antall stasjoner i en region eller for et større antall stasjoner over et stort geografisk område.

Flomfrekvensanalyser har lang tradisjon og har vært mye brukt ved flomberegninger i Norge. Når det er målestasjoner i det aktuelle vassdraget, er flomfrekvensanalyse anbefalt som metode. Bruk av lange måleserier fra representative målestasjoner i nærheten av vassdraget eller i regionen er i utstrakt bruk. Det er også ganske vanlig at metoden er brukt på flere målestasjoner, der det så er gjort regresjonsanalyser mot nedbørfeltetegenskaper for å finne sammenhenger mot flomstørrelser.

Tilpasning av statistiske fordelingsfunksjoner til flomdata er tidligere ofte basert på L-momenter eller Maksimum likelihood (MLE). I de senere årene har Bayesiansk tilnærming tatt mye over som metode i NVE. I de siste versjonene av programvaren til NVE, er a priori-informasjon fra regionale analyser (RFFA-2018) tatt i bruk ved tilpasning av døgndata for uregulerte vannføringsserier ved målestasjoner.

Det er benyttet disse metodene ved tilpasninger av fordelingsfunksjoner i NVE:

- Moment-metoden
- L-moment/PWM
- Maksimum likelihood
- Bayesiansk
- Bayesiansk m/a priori informasjon fra datagrunnlaget til RFFA-2018.

Fordelinger som har vært å finne i NVEs programvare for flomfrekvensanalyser er bl.a.:

- Log-normal
- Gumbel/EV-1
- GEV
- Weibull
- Gamma (2/3-parameter)
- Log-Pearson
- Generalisert-logistisk

Mange har foretrukket å bruke GEV/Gumbel basert på teorien om ekstremverdier. I praksis er en subjektiv og svært visuell tilpasning til datagrunnlaget også mye brukt. Statistiske godhetskriterier er også vært tilgjengelige, men er mindre brukt. GEV er brukt i RFFA-2018, mens Generalisert logistisk-fordelingen er brukt i RFFA-NIFS.

### 3.3.2 Regionalt formelverk

Eksempler på regionale formelverk i Norge er Nasjonalt formelverket for små nedbørfelt (Glad mfl., 2015) og RFFA-2018 (Engeland mfl., 2020). En kombinasjon av regionalt formelverk og få år med lokale flomdata er også mulig. Formelverkene som er mest benyttet i Norge, nå og tidligere er:

- Wingård mfl, 1978
- RFFA-1997 (Sælthun mfl., 1997)
- RFFA-NIFS
- RFFA-2018
- Regionale regresjonsanalyser basert på et mindre antall målestasjoner i et område

### 3.3.3 Nedbør- avløpsmodeller

Et alternativ til statistisk flomfrekvensanalyse i flomberegninger er bruk av en nedbør-avløpsmodeller. Nedbør-avløpsmetodene bruker nedbør som inngangsdata. Nedbørverdiene, eventuelt i kombinasjon med snøsmelting, omregnes så til flomverdier ved hjelp av en hydrologisk modell eller empiriske formler.

For beregning av påregnelig maksimal flom, PMF, er dette det alternativet som anbefales.

Ved bruk av nedbør- avløpsmodeller for beregning av dimensjonerende flom i Norge er det mest vanlig å benytte en såkalt hendelsesbasert metode. Et nedbørforløp med et gitt gjentaksintervall (f.eks. 500- eller 1000-år) kjøres gjennom PQRUT modellen for å simulere et flomforløp. Initialtilstander i nedbørfeltet og et ev. snøsmelting må også bestemmes. Metoden er enkelt å bruke, og PQRUT modellen kan benyttes både for nedbørfelt med målinger (kalibrering av modellparameterne) og uten målinger (regionaliserte ligninger for modellparameterne). En av utfordring med dagens nedbør-avløpsmetode er at den forutsetter at flomforløpet som beregnes har samme gjentaksintervallet som nedbør-forløpet kjørt gjennom modellen. Erfaring viser at for noen vassdrag i Norge er flomverdiene beregnet med PQRUT betydelig større enn ventet, av og til minst dobbelt så høye som verdier fra statistisk flomfrekvensanalyse (Lundquist, 2013). I Leine og Lawrence (2021) er det en tendens til at for felter med en

Q100kulminasjon < 1500 l/s/km<sup>2</sup>, virker PQRUT å gi høyere estimater enn ved bruk av lokal frekvensanalyse.

Noen av de mest brukte nedbør- avløpsmodellene eller metodene er nevnt under. Listen er ikke komplett.

- HBV (Bergström, 1976 og Sælthun, 1996)
- PQRUT (Andersen mfl., 1983)
- Rasjonelle metode, Empiriske formler
- DDD (Skaugen og Onof, 2014)
- HEC-HMS (<https://www.hec.usace.army.mil/software/hec-hms/>)

### 3.4 Anbefalte metoder for fremtiden

I dette kapittelet har vi sett på noen forslag til områder med potensial for videreutvikling og forbedringer innen flomberegninger. Anbefalingene er i stor grad hentet fra prosjektene FlomQ (Thorarinsdottir mfl., 2018), Flomkart (Engeland mfl. 2020) og RegFelt (Stenius mfl., 2020).

#### 3.4.1 Frekvensanalyser

Frekvensanalyser av vannføringsdata i flomberegninger vil alltid være en av metodene man benytter i flomberegninger. Det er gjort mye godt arbeid og nyttige forbedringer de senere årene som har sikret mer robuste flomestimer. Det er allikevel fremdeles mulig med forbedringer. Dette inkluderer bedre anbefalinger og verktøy for å bestemme dynamiske flomforløp over flere døgn og regionalt formelverk for flere varigheter. Det er også behov for regional informasjon ved flomfrekvensanalyser direkte på kulminasjonsverdier (også for felt over 50-60 km<sup>2</sup>). Vi ser for oss at dette er metodikk som vil komme på plass i løpet av få år.

#### 3.4.2 Nedbør og PMP

Et av forslagene til forbedring av dagens praksis i flomberegninger i FlomQ-prosjektet (Thorarinsdottir, 2018), er simulering av ekstremnedbør i værmodeller. Dette kan sikre bedre estimater på ekstremnedbør, samt sikre riktigere verdier for arealnedbør over større områder og nedbørfelt. I RegFelt (Stenius mfl., 2021) ble det også sett på fordeling av nedbør og snøsmelting i rommet basert på historiske hendelser fra seNorge-data. Dette kan gi mer realistiske utfall av nedbør i rommet, sammenlignet med å benytte en jevn fordeling over hele feltet. Dette er det anbefalt å se nærmere på.

#### 3.4.3 Nedbør- avløpsmetoder

Nedbør- avløpsmodellen PQRUT har sine konseptuelle svakheter. Det er f.eks. vanskelig å fastsette et gjentaksintervall for en enkelt hendelsesbasert beregning. Det er grunn til å tro at stokastiske simuleringsmetoder, som tar utgangspunkt i mer avanserte nedbør-avløpsmodeller, på sikt vil erstatte PQRUT (Leine og Lawrence, 2021).

Stokastiske nedbør- avløpsmetoder for simulering av dimensjonerende flom gir mulighet for å teste utallige kombinasjoner av nedbørintensitet, snøsmelting og initialtilstand i nedbørfeltet. Resultatene kan danne grunnlaget for og beregne flomvannføringer og gjentaksintervaller.

I FlomQ prosjektet ble det utviklet en stokastisk simuleringsmetode for flomestimering i Norge basert på SCHADEX metoden (Paquet mfl., 2013). Det ble sett på både bruk av stokastiske simuleringsmetoder i nedbørfelt med vannføringsmålinger (kalibrert hydrologisk modell) og en regionalisert versjon av samme modell for bruk i umålte nedbørfelt. DDD-modellen (Skaugen og Onof, 2014) ble benyttet i arbeidet. Denne ble valgt istedenfor HBV (Sælthun, 1996) fordi DDD har færre parametere som må kalibreres, og er dermed bedre egnet for regionalisering til umålte nedbørfelt.

Denne typen simuleringer vil egne seg godt i regulerte felt, hvor også ulike reguleringsmessige forutsetninger kan inngå som stokastiske variabler. Det gjenstår fortsatt en del arbeid før produktet er egnet for bruk i flomberegninger i Norge (Leine og Lawrence, 2021).

### 3.5 Beregningsforutsetninger i flomberegninger

Under er det oppsummert noen av kravene eller anbefalingene som stilles til flomberegninger etter ulike regelverk og veiledere.

#### 3.5.1 Arealplan og byggesak

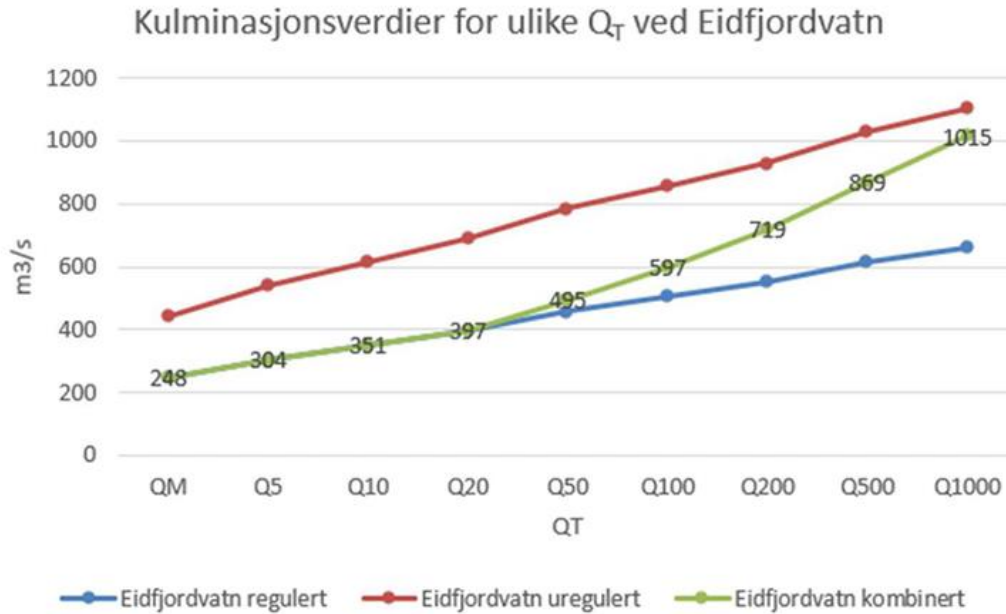
**Sikkerhet mot flom:** I arealplaner og byggesaker skal tiltak plasseres, dimensjoneres eller sikres slik at flommer med gjentaksintervall 20-, 200- eller 1000 år ikke skader tiltaket eller fører til fare for mennesker. Relevant gjentaksintervall bestemmes av sikkerhetsklassen for tiltaket.

Ved sikring av eksisterende bebyggelse, gjelder gjerne samme nivåer, men det er større rom for kost- nytte vurderinger og «praktiske løsninger».

**Klimapåslag:** Det er ikke noe absolutt krav om å inkludere klimapåslag i estimatene, men NVE anbefaler at flomfareutredninger med aktuelt klimapåslag legges til grunn i arealplanlegging og ved behandling av nye byggetiltak i flomutsatte områder. NVE stiller gjerne krav om dette ved bistand og støtteordninger til flomsikring og tiltak mot flom. Dersom økte flomstørrelser er forventet i et vassdrag anbefaler NVE et påslag i på 20 eller 40 prosent, avhengig av ventet økning som følge av klimaendringer frem mot år 2100. Påslagene følger de regionale anbefalingene gitt av Norsk Klimaservicesenter.

**Utførende:** Det er ikke krav til godkjenning i lovverket, men NVE anbefaler å benytte fagpersoner med relevant utdanning og tilstrekkelig erfaring innen flomberegninger. For byggesaker er det krav om ansvarsrett for alle søknadspliktige tiltak.

**Tilstand i vassdraget:** I regulerte vassdrag er det svært vanskelig å estimere reelle størrelser av flommer for gitte gjentaksintervall. Til dette er det beste å bruke regulerte tidsserier av vannføring. For større gjentaksintervall kan det være rimelig å anta at flommene går mot uregulerte forhold (påvirkningen av reguleringene avtar relativt sett for de største gjentaksintervallene). Dette betyr at for de lavere gjentaksintervallene, benyttes historiske reguleringsforhold og praksis under flom. Har man tilstrekkelig lange regulerte serier, kan disse også danne grunnlaget for høyere gjentaksintervall.



Figur 1. Beregnede flomverdier (kulminasjon) for Eidfjordvatn i Eidfjordvassdraget for hhv. uregulert vannføring (rød), regulert vannføring (blå) og en kombinasjon (grønn). Kilde: Leine (2022).

I eksemplet i Figur 1 er flommer i Eidfjordvatn i Eidfjordvassdraget beregnet på ulike måter. Uregulerte flommer er beregnet fra en kort uregulert vannføringsserie (døgnmidler, 13 år). Dette er benyttet til å estimere middelflom. Deretter er det benyttet sammenligningsstasjon og regionale kurver for å finne frekvensfaktorer for ulike gjentakintervall. For regulerte flomstørrelser er det benyttet en serie for regulerte findata i perioden 1994-2020. Denne danner grunnlaget for blå kurve, og er antatt gyldig opp til ca. 20-års gjentakintervall. Deretter er det gjort en vurdering av flomdempningen for større gjentakintervall i vassdraget og en overgangskurve er anslått (grønn kurve).

**Sikkerhetspåslag:** Når flomsonekart brukes i forbindelse med arealplan eller byggesaker må man ta hensyn til usikkerhet i beregningene. Usikkerheten har vanligvis blitt hensyntatt vha. en ekstra høyde (sikkerhetsmargin) som legges på den beregnede vannstanden. Ved tidligere flomsonekartlegginger har nivået for den ekstra høyden normalt ligget mellom 0,15 – 0,6 m. Verdien bestemmes vha. en samlet vurdering av følsomhet på ruhet, tilgang på kalibreringsdata, observerte flommer o.l.

I den kommende veilederen (NVE veileder 3/2022) anbefales det at sikkerhetspåslaget bestemmes utfra en vurdering (klassifisering) av kvaliteten på flomberegningen og kvaliteten på den hydrauliske beregningen. Klassifiseringene gir vha. en matrise med anbefalte påslag grunnlag for å velge et prosentvis påslag på vannføringen. Ved hjelp av den hydrauliske modellen omregnes dette til sikkerhetspåslaget på vannstanden og dermed også den dimensjonerende flomvannstanden.

I enkelttilfeller med meget overkritisk strømning og kompliserte hydrauliske forhold kan også energilinen anvendes som grunnlag for å bestemme dimensjonerende flomvannstand.

Sikringstiltak langs vassdrag bygges normalt noe høyere enn den dimensjonerende flomvannstanden. Den loddrette avstanden fra dimensjonerende vannstand opp til

topp konstruksjon, betegnes som fribordet. Størrelsen på fribordet bestemmes ut fra en samlet vurdering av blant annet grunnforhold, konstruksjonstype, konsekvenser ved eventuell overtopping mv.

### 3.5.2 Vassdragsanlegg (dammer)

**Sikkerhet mot flom:** For dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 skal gjentaksintervall for dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til Q1000 For dammer i konsekvensklasse 1 skal dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til Q500.

For vassdragsanlegg i konsekvensklasse 0 er det ingen spesielle krav til dimensjonering og dermed ingen krav til flomstørrelser, men NVE anbefaler at de minimum dimensjoneres for Q200.

For dammer i konsekvensklasse 1 og 2 tillates det, som en forenkling, at det benyttes en flom på 1,5 ganger dimensjonerende tilløpsflom og tilhørende avløpsflom og flomvannstand ved kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand. For dammer med konsekvensklasse 3 eller 4 skal PMF legges til grunn.

**Klimapåslag:** Det er ikke noe absolutt krav om å inkludere klimapåslag, men det anbefaltes at dameier tar hensyn til klimaendringer ved bygging eller fornyelse av dammer. Økning på grunn av klimaendringer legges på dimensjonerende tilløpsflom og flommer som er basert på denne, for eksempel dimensjonerende flom i kombinasjon med lukesvikt. Størrelse på klimatilleggene finnes ved å følge NVEs generelle anbefalinger i veileder 1/2022 (Glad mfl., 2022).

**Utførende:** Flomberegninger for dimensjonering av vassdragsanlegg skal utføres av fagpersoner med dokumentert kompetanse og NVE-godkjenning innen fagområde IV Flomhydrologi. Der de hydrauliske forholdene er kompliserte er det også krav om at det benyttes godkjent fagansvarlig i fagområde V Hydraulikk og flomavledning. Krav til fagkvalifikasjoner er gitt i damsikkerhetsforskriften kap. 3, og er nærmere utdypet på NVEs nettsider.

**Tilstand i vassdraget:** I regulerte vassdrag skal det legges til grunn konservative antakelser om de hydrauliske forholdene i reguleringssystemet. Dette innbefatter at startvannstand i magasin ved ruting normalt skal ligge på HRV, at overføringer inn til magasin skal være åpne og overføringer ut stengt, at tilstopping av flomløp og lukesvikt skal inkluderes der det er relevant, osv. Kraftverk skal normalt regnes å være ute av drift.

**Sikkerhetspåslag:** NVE kan pålegge at det skal benyttes en annen verdi enn beregnet dimensjonerende flom der datagrunnlaget er mangelfullt eller det er andre forhold som påvirker avløpsforholdene. Sikkerhetspåslaget bestemmes av NVE og ligger normalt mellom 0-40 prosents påslag på dimensjonerende tilløpsflom.

### 3.5.3 Infrastruktur

**Sikkerhet mot flom:** Offentlige veier og annen infrastruktur skal plasseres eller dimensjoneres slik at flom ikke skader tiltaket eller fører til fare for mennesker. Relevant gjentaksintervall bestemmes av sikkerhetsklassen for tiltaket og har gjentaksintervall 20-, 50-, 100- eller 200-år. Hvilken sikkerhetsklasse en vei tilhører, er bestemt ut fra årsgjennsnitt (ÅDT) og mulighet for omkjøring.

**Klimapåslag:** Det skal benyttes klimapåslag ved dimensjonering av tiltak med lang levetid. Klimafaktoren er gitt iht. Vegnormal N200 (SW, 2021).

**Utførende:** Ikke oppgitt noe eget krav til godkjenning av utførende.

**Tilstand i vassdraget:** Tilsvarende som for arealplanlegging og byggesak.

**Sikkerhetspåslag:** Det benyttes en sikkerhetsfaktor i flomberegningene på mellom 1,0 – 1,2 for å ta hensyn til usikkerheten i beregningene (for tiltak med lang levetid). Faktoren er avhengig av sikkerhetsklasse til anlegget. I de hydrauliske beregningene settes det også ulike krav til fribord avhengig av bl.a. om fyllingen har tett sikring og sikkerhetsfaktor på steinstørrelse (1,2) ved erosjonssikring.

### **3.6 Likheter og ulikheter**

I dette kapitlet er hovedpunkter i praksis og regelverket for flomberegninger i Norge delt inn etter formål med beregningene. Tabell 6 viser likheter og ulikheter som er funnet i lover, forskrifter, håndbøker og veiledere.

Tabell 6. Forskjeller og likheter i lovverk og veiledere for ulike formål.

	Arealplan og byggesak	Damsikkerhet	Infrastruktur/Annet
Gjeldende lovverk og/eller forskrift	pbl og TEK17	DSF1	pbl, Granneloven, Vannressursloven
Gjeldende veileder	NVE 1/2022 og 3/2022	NVE 1/2022, 2/2022	N200, N240
Krav til godkjenning av utførende	Nei, men anbefalinger til utdanning og erfaring. Ansvarsrett på byggesaksnivå.	Ja	Nei
Metoder ved flomberegninger			
Frekvensanalyser	Ja	Ja	Ja
Nedbør-avløpsmetoder	Vanlig i små nedbørfelt	Vanlig	Sjelden i store felt, vanlig i svært små
Stokastiske nedbør-avløpsmetoder	Nei	Nei (testes ut)	Nei
Regionalt formelverk	Ja	Ja	Ja
Vassdragsmodeller og ruting	Nei/sjelden	Ja	Nei
Hydrauliske forut.	Aktuell reguleringspraksis	Konservative antakelser	Aktuelle tilstander og reguleringspraksis
Usikkerhet og klima			
Klassifisering av datagrunnlag	Klasse 1-5	Klasse 1-5	Vet ikke
Sensitivitetsanalyse	Anbefalt	Anbefalt	Vet ikke
Klima	Anbefalt	Anbefalt ved rehabilitering og nybygging	For tiltak med lang levetid
Sikkerhetspåslag	Anbefalt	Ved mangelfullt datagrunnlag	Ja

<sup>1</sup> Damsikkerhetsforskriften (dsf)

<sup>2</sup> Under utarbeidelse

## 4 Problemstillinger

Fra rundt år 2000 har det vært utarbeidet et stort antall flomsonekart for prioriterte elvestrekninger i Norge. Mange av disse har i sin helhet vært utarbeidet av NVE, eller der NVE har bestilt eksterne beregninger fra konsulenter. Flere av vassdragene der det er utført flomsonekartlegging er påvirket av reguleringer. Vi har dermed flomberegninger for ulike formål innen noen flomutsatte regulerte vassdrag.

NVE kontrollerer flomberegninger for dammer. Et av punktene ved kontroll av flomberegninger har vært å sjekke om det finnes flomsonekartberegninger i nærheten. Resultatene i sammenlignbare flomberegninger er deretter sjekket for om de er i samme størrelsesorden eller om de avviker. I flere tilfeller har vi sett at resultatene kan være svært forskjellige.

I NVE ble det signert en intensjonsavtale mellom tre avdelinger (NVE notat 202005042-1). Målet med avtalen er å samordne og harmonere resultater fra ulike flomberegninger i regulerte vassdrag, slik at det blir bedre overensstemmelse i flomestimater for hhv. damsikkerhet og arealplanlegging.

Vi ønsker å se mer på hvor stort problem ulike resultater i flomberegninger er, og hvilke problemstillinger som er de viktigste. Det har også vist seg at det ikke er like enkelt å gjennomføre intensjonsavtalen slik den er formulert, både generelt og i enkeltsaker.

Videre i dette kapittelet har vi forsøkt å samle allerede kjente problemstillingene knyttet til flomberegninger for ulike formål i regulerte vassdrag. Beskrivelsene er basert på egne erfaringer, innspill fra andre i NVE eller ulike eksterne aktører.

### 4.1 Innspill fra eksterne til prosjektet

Den 19. mai 2021 arrangerte prosjektet et felles oppstartmøte der alle interne bidragsytere i NVE og flere eksterne konsultantselskap var invitert. NVE stilte med medarbeidere fra Hydrologisk- (H), Skred- og Vassdrags- (SV) og Tilsyns og Beredskapsavdeling (TB). Konsultantselskapene stilte med representanter fra Sweco, Norconsult og Multiconsult.

Målsettingen for møte var i) å presentere prosjektet, ii) å vise til noen utfordringer som vi har i dag og hvorfor prosjektet er viktig og iii) å få en felles forståelse og forventning for hva prosjektet skal oppnå. Flere relevante temaer ble også diskutert.

Nedenfor er en kort oppsummering av viktige punkter som ble nevnt og diskutert.

Generelle ønskemål:

- Samle alle flomberegninger på et sted (kartapplikasjon/database). Dette jobbes det med i SV (Flomrapportdatabasen).
- Utarbeide felles rapportmal (noe ulike syn på det).
- Målestasjoner vannføring – gi målestasjoner en «kvalitetsstempel» for å bedre/forenkle tilgang til informasjon om stasjonen/tidsseriene «er gode nok» til flomberegninger.

- Forbedre vannføringskurver vha. hydraulisk modellering (dette jobbes det med i NVE).

Utfordringer med dagens regelverk:

- Ulike regelverk
- Ulike forutsetninger/initialtilstander (overføringer etc).
- Godkjenning av flomberegnere/rådgivere også for flomsone/arealplan?
- Godkjenning av flomverdier også for flomsone/arealplan?

Annet som ble diskutert:

- Viktigheten av å skille mellom tilløps- og avløpsflommer, og å være tydelig på hva som oppgis.
- Dagens praksis når ulike flomverdier beregnes: konsulent kan ta kontakt med NVE allerede i en tidlig fase (før konflikter med ulike alternativer oppstår), da dette kan føre til en mindre utfordrende situasjon.
- Viktig med god kommunikasjon rundt resultatene, og aksept av at en flomberegning ikke er eksakt (har stor usikkerhet).
- Anmode dameier om også å beregne lavere flomverdier/gjentaksintervall og flomverdier som ikke bygger på «verste fall-scenario».
- Er det mulig å inkludere flere gjentaksintervall (som kan brukes til andre dimensjonerings formål, eks. arealplan) i en flomberegning for damsikkerhet?

Den 23. november 2021 arrangerte NVE/H et felles seminar med tema ny flomberegningsveileder og prosjekt Samordning flomberegninger (SamFlom).

Mange av de samme punktene fra oppstartmøte i mai ble diskutert. Dette var temaer som: åpenhet og tilgjengelighet av flomverdier/flomberegninger, mulighet for tilleggsberegninger ved flomberegninger for damsikkerhet (flommer med lavere gjentaksintervall enn  $Q_{dim}$  og uten «konservative» forutsetninger) og mulighet til å minimere skjønnsmessige valg i en flomberegning.

## 4.2 Ulike dimensjonerende flomverdier

Som vi har sett tidligere i denne rapporten, så er det i praksis ofte ulike metoder som benyttes i flomberegninger for ulike formål. Uten å gjøre analyser direkte på regulerte tidsserier av vannføring i vassdraget, er det vanskelig å estimere reelle størrelser av flommer for konkrete gjentaksintervall ved reguleringer. For de største gjentaksintervallene kan det være rimelig å anta at forholdene i vassdraget går mot uregulerte forhold (påvirkningen av reguleringene avtar relativt sett for de største gjentaksintervallene). Det er ingen enkel og god metode for å anslå med sikkerhet hvor raskt et regulert nedbørfelt vil nærme seg uregulerte forhold. Andre metoder for å beregne flommer med gitte gjentaksintervall i regulerte vassdrag vil ofte gi andre resultater. Ved f.eks. ruting vil det være vanskelig å sette rett initialtilstand i magasinene for ulike gjentaksintervaller. Det vil trolig være en altfor konservativ

antakelse å sette startvannstanden til HRV i alle magasiner og for alle gjentaksintervall. Flomverdiene vil i slike tilfeller ofte bli overestimerte.

Frekvensanalyser på regulerte vannføringsserier vil ofte innebære mer usikkerhet i estimatene enn på uregulerte serier. Regulerte flommer vil avvike fra statistiske antakelser og forutsetninger som ligger til grunn i frekvensanalyser. Dette kan f.eks. være antakelsen om at flomhendelser skal være uavhengige og komme fra samme fordeling.

Flomforholdene i et vassdrag endrer seg ved innføring av reguleringer. Det er ikke uvanlig å se at flommer i regulerte vassdrag er påvirket av terskeeffekter (f.eks. når magasiner oppnår HRV og går til overløp), eller at flommer inntreffer til andre tider av året/annen sesong, og med endret frekvens og størrelse. Økte flommer kan også forekomme dersom magasinene ligger på HRV før flommen starter. Mange år vil flommer være svært små eller helt fraværende, for deretter å få store flommer i andre år. Det er dermed vanskelig å få gode tilpasninger til fordelinger, og ofte vil man se svært bratte frekvenskurver mot ekstremene i fordelingen. Det er også mulig å forsøke å tilpasse to-komponentfordelinger, se f.eks. Engeland og Væringstad (2020).

#### **4.2.1 Store sprang i flomestimater mellom gjentaksintervall**

Ulik bruk av metodikk og ulike hydrauliske antakelser og forutsetninger kan også føre til store sprang i flomverdier mellom «nærliggende» gjentaksintervaller. Hvis beregningene er utført av forskjellige personer eller aktører, kan også subjektive valg og ulik bruk av metoder føre til forskjeller. Har det gått en stund mellom beregningene, kan det også være endringer i datagrunnlaget.

Terskeeffekter, som nevnt over, og manøvreringspraksis under flom kan påvirke flommene. Det kan dermed være reelt at flommer i et regulerte vassdrag, sammenlignet med uregulerte tilstand, gir relativt sett større forholdstall mellom høyt gjentaksintervall og et lavere gjentaksintervall.

I beregninger for flomsonekart i regulerte vassdrag, har det ofte vært antatt at flommene i vassdraget går mot uregulerte flomstørrelser for de høyeste gjentaksintervallene. Dette innebærer gjerne at man går fra en frekvensfordeling av regulerte flommer (med lavere flomestimater) til uregulerte flommer (med generelt høyere flomestimater). I praksis er det vanskelig å anslå når og hvor raskt en slik overgang skjer. Dette må dermed delvis baseres på skjønn og subjektive vurderinger. Overgangen mellom fordelinger kan gjøres glidende over flere gjentaksintervall, eller relativt raskt mellom to nærliggende gjentaksintervaller. I dette området vil man dermed kunne se store endringer i flomverdiene fra et gjentaksintervall til et annet.

Ulike metoder for å beregne flommer, vil trolig gi store sprang i flomverdiene i vassdraget. Dette kan f.eks. oppstå i beregninger der lave gjentaksintervall er basert på frekvensanalyse av regulerte flomdata og høye gjentaksintervall bruker flomverdier direkte fra beregninger for damsikkerhet. I tillegg til ulike metodevalg, er det også benyttet antatt konservative antakelser om de hydrauliske forholdene i vassdraget ved beregninger for damsikkerhet. I virkeligheten kan gjentaksintervallet på beregnet dimensjonerende flom for damsikkerhet, ha et høyere gjentaksintervall enn det tilsigsflommen er estimert for. Dette kan skyldes at forutsetningene lagt til

grunn for rutingen er usannsynlig og svært sjelden sammenfaller med en dimensjonerende tilsigsflom av dette gjentakintervallet.

#### **4.2.2 Større flomverdier i flomsonekart enn for damsikkerhet**

Det har forekommet tilfeller hvor beregning av 200-årsflom for flomsonekart har gitt flomvannføringer av samme størrelsesorden eller større enn beregnet 500-årsflom for damsikkerhet. Dette er uheldig og vanskelig å forklare til de som mottar resultatene (internt notat 202005042-1). Det kan være alvorlig om beregninger for damsikkerhet underestimerer flommene, og dammene ikke er tilstrekkelig dimensjonert for å motstå flommer. I motsatt fall, om flommene for flomsonekart er overestimert, kan for store areal blir båndlagt eller bidra til å fordyre sikringstiltak eller forhindre utviklinger i lokalsamfunnet.

I beregninger for damsikkerhet skal det legges til grunn ugunstige hydrauliske forhold i vassdraget. Dette skal være med på å sikre at man ikke underdimensjonerer anlegg. I realiteten kan dette også være sannsynlige forutsetninger, der det operativt er slik vassdraget reguleres eller manøvreres i flomsituasjoner. Ut fra en slik tankegang, så bør estimerte avløpsflommer og flomvannstander i magasinene ha et gjentakintervall som minst er av samme størrelsesorden eller større en tilløpsflommen det er basert på.

Store avvik mellom ulike flomberegninger avhengig av formål er vanskelig å forklare og kommunisere til brukere. Dette gjelder spesielt om flomsonekartberegninger ligger høyere enn for damsikkerhet.

#### **4.2.3 Konservative beregninger vs. beste estimat**

For å sammenligne resultatene fra ulike flomberegninger, er det en forutsetning at beregningene er basert på antakelsen om et «beste estimat». Dvs. at verdiene samsvarer med det som antas mest sannsynlig. I mange flomberegninger er det valgt å gjøre en eller flere konservative valg underveis (valg av metode, subjektive vurderinger etc.), for å ta høyde for noe av usikkerheten i beregningene. Usikkerheten i flomberegninger bør heller reflekteres i valg av sikkerhetspåslag. Denne tankegangen er i samsvar med NVE Veileder 3/2022.

Ulike aktører eller personer kan ha et forskjellig forhold til hvordan metoder og usikkerhet behandles i en beregning. Dette kan være en av grunnene til at det er forskjell mellom flomverdier. Ved kontroll av flomberegninger for damsikkerhet har NVE sett eksempler på at ulike beregninger for samme sted og formål er svært forskjellige. I et tilfelle var dimensjonerende flom over dobbelt så stor i den ene beregningen sammenlignet med en annen. Store avvik i resultater mellom beregninger kan for eksempel komme av feil i beregningene, for generelle metoder, eller ulike subjektive valg underveis i en beregning. I tilfeller med svært dårlig datagrunnlag, kan store avvik i resultatene være innenfor usikkerhetsestimatet i flomberegninger. Spredningen i «beste flomestimat» gjort av ulike flomberegnere vil nok i de aller fleste tilfeller ha mindre spredning enn den reelle usikkerheten i flomberegninger.

Dette er ikke bra for markedet eller den generelle tiltroen til flomberegninger i samfunnet at resultatene i flomberegninger for samme sted avviker mye. Det er heller

ikke heldig om man ser stor «bias» i resultater avhengig av hvem som utfører beregningene. Dette kan føre til at bestiller velger en utførende basert på forventninger til størrelsen på resultatene.

Det er enklere å sammenligne resultater i ulike flomberegninger dersom det er tatt utgangspunkt i «beste estimat» av flomverdier. Usikkerheten kan man ta hensyn til gjennom å legge til et sikkerhetspåslag basert på følsomhetsanalyser, ulike metoder eller valg underveis i beregningene.

### **4.3 Levetid og oppdatering av flomberegninger**

Flomberegninger er regnet for å være en ferskvare, samtidig som man ønsker å ha robuste metoder som ikke medfører store og uventede endringer etter kort tid. I forbindelse med dam sikkerhet skal beregningene iht. regelverket oppdateres hvert 15-20 år, avhengig av konsekvensklasse til dammen. Store endringer i flomverdier og flomvannstander ifm. flomfareutredninger vil også kunne ha store samfunnsmessige konsekvenser, både mht. kostnader, men også generell samfunnsutvikling. Et eksempel kan være at eksisterende sikringstiltak er for lave og må bygges om, før ny utvikling igjen kan tillates. For flomsonekart i NVEs regi er det anbefalt at både flom- og hydrauliske beregninger sjekkes med samme intervaller. Både størrelse på flomverdier, men også endringer i geometrien til elveløpet påvirker flomsone. Også for flomsone kan store endringer i flomverdier ha svært store samfunnsmessige kostnader.

For flomsone er det anbefalt å sjekke gyldigheten til kartene etter store flommer i vassdraget, nye vannføringskurver ved målestasjoner eller om det er oppdaget feil i beregningene. Dette er også aktuelt for dammer (Grzanic m.fl., 2018).

### **4.4 Ulike aktører**

I ett og samme vassdrag er det gjerne mange ulike interesser. Det kan f.eks. være infrastruktur som krysser eller ligger langs elver, ulike typer vassdragsanlegg knyttet til reguleringer eller annen utnyttelse av arealer i eller nært flomsone. Det kan dermed være behov for flere flomberegninger på tilnærmet samme sted.

Brukere flest av flomberegninger ønsker at estimert flomstørrelse og beregnet vannhøyde er minst mulig konservative. Dette har som regel med kostnader og beslag av areal å gjøre. Samtidig må sikkerheten mot flom være ivaretatt for å unngå unødige flomskader eller farlige situasjoner. Det er derfor viktig at de som utfører slike beregninger er uavhengige, og at det ikke foreligger føringer for «ønsket flomhøyde» i forkant av beregningene. Det kan f.eks. være at noen ønsker at dimensjonerende flom ligger under en kritisk høyde for tiltaket.

I flomberegninger er det avgjørende for kvaliteten å ha gode inngangsdata. NVEs egne målinger er tilgjengelig gjennom databasen Hydra II. Samtidig er mange innrapporterte data fra regulanter og andre aktører tilgjengelige i databasen. Private bedrifter, kommuner eller andre kan også ha egne data lagret lokalt. Ved flomberegninger er det viktig at dataene er tilgjengelige, oppdaterte, og at kvaliteten er vurdert. I noen tilfeller vil enkelte data bare være tilgjengelig for dataeierens egne prosjekter.

Flomberegninger for et sted har ofte ett spesifikt formål. Prosessen inneholder gjerne en anbudsrunde for å finne rett konsulent. Om det tidligere er utført beregninger i vassdraget, er det ikke sikkert det er samme aktør som får oppdraget denne gangen.

Ved nye beregninger vil tidligere arbeid redusere behovet for enkelte analyser, sikre bruk av data, og være viktig ved vurdering av resultatene. I mange tilfeller vil det totalt sett kreve mindre ressurser å «tenke helhetlig» ved flomberegninger, og gjerne gjøre analyser for flere formål samtidig. Det er også ressursbesparende om tidligere arbeider og rapporter er enkelt tilgjengelig for alle.

Det er viktig med god kommunikasjon mellom regulanter, kommuner og andre aktører som har behov for flomberegninger i samme vassdrag. Mye erfaring og kunnskap om flommer ligger lokalt hos regulanter, kommuner eller personer i tilknytning til vassdraget. Dårlig kommunikasjon kan bidra til myter om effekter av flomtiltak og konflikter langs et vassdrag.

Felles plattform og verktøy for å sikre at flest mulig har enkel tilgang til alle relevante data uavhengig av datakilde, er noe vi fortsatt mangler. Løsninger på dette vil forenkle og sikre bedre grunnlag for flomberegninger, og er noe som må arbeides mer med. Alle data benyttet i flomberegninger til offentlige formål er viktige også ved en ev. kontroll av beregninger. NVE jobber med å få på plass en slik løsning i form av en flom- og skreddatabase, se [flomhendelser.no](http://flomhendelser.no).

## 4.5 Flommer i regulerte vassdrag

Reguleringer i vassdrag virker gjerne flomdempende og reduserer risikoen for flom. Eksempler på estimert verdi av besparelser pga. reduserte flommer som følge av reguleringer er vist i Glover mfl. (2018). Når årvisse flommene uteblir over tid, vil samfunnet og bruken tilpasse seg endringene raskt. Dette kan f.eks. være at campingplasser flyttes nærmere vannet eller elvebredden, eller at det bygges og plasseres gjenstander i flomsonen. Når store flommer inntreffer kan også skadeomfangene bli større.

Reduserte flommer som følge av reguleringer er generelt positivt for utnyttelse av arealer langs regulerte vassdrag. Samtidig mener noen at regulanter ikke gjør nok for å redusere flommene. Det er ofte uklart hvordan reduserte flommer pga. reguleringer kan komme til nytte i arealplaner. Kan aktiv manøvrering for å redusere flommer komme til nytte i flomberegninger umiddelbart, eller kommer det gradvis til gode når man ser effekten på regulerte vannføringsserier over tid?

Flomreduserende tiltak kan også være forhåndstapping magasiner eller at man prioriterer å holde tilbake vann et sted for å redusere flomskader nedstrøms. Formålet i slike hendelser er å tenke helhetlig for vassdraget og redusert det totale skadeomfanget. Det er uklart hvordan slike hendelser skal behandles i flomberegninger. Dette gjelder også ulykkessituasjoner som f.eks. ukontrollerte tappinger fra dammer, teknisk svikt eller feilmanøvrering.

## 5 Oppsummering

I Norge opererer vi med forskjellige lovverk for sikkerhet mot flom, avhengig om tiltaket faller inn under klassifiserte vassdragsanlegg/dammer eller om det er knyttet til arealplan og byggesak. Spesielt ved flomberegninger for dammer stilles det spesifikke krav til forutsetninger som skal legges til grunn i beregningene.

I flere andre land ser vi en lignende tilnærming som i Norge. I en liten spørreundersøkelse har tre (av fem) land oppgitt at de har ulike lovverk og myndigheter avhengig av formålet med flomberegningen. Et land (Sverige) svarte at de ikke har forskjeller. Der gjelder de samme retningslinjene for bestemmelse av dimensjonerende flom for dammer og flomfarekartleggingsformål. Imidlertid kan forskjellige myndigheter, eller privatkunder, anvende noe forskjellige tilnærminger avhengig av formålet.

I Norge har fremgangsmåten ved flomberegninger og datagrunnlaget som er lagt til grunn, vært noe forskjellig for hhv. dammer og i flomfarekartlegging. Det har også tidligere vært ulike fagveiledere i flomberegninger avhengig av formålet med beregningene.

I flomberegninger for dammer lager man gjerne et forløp av en uregulert tilsigsflom i vassdraget. Deretter rutes forløpet gjennom magasinet(ene) og vassdraget ut fra et sett med reguleringsmessige forutsetninger. I flomfarekartlegging i forbindelse med arealplan og byggesak i regulerte vassdrag, beregnes gjerne flommene uten bruk av ruting. Frekvensanalyse direkte på regulerte vannføringsserier er mye brukt, og gjerne sammen med en forutsetning om at vassdraget går mot uregulerte forhold for de største flommene. Dette kan føre til at ulike flomberegninger har ulike størrelser på flommer ved samme gjentaksintervall.

Forskjeller i flomestimer i ulike flomberegninger i samme vassdrag kan by på utfordringer. Det er pekt på noen aktuelle problemstillinger både erfart av NVE og andre aktører som utfører eller har behov for flomberegninger. Noen kjente utfordringer er:

- Hvordan forholde seg til ulike beregninger som gir forskjellige flomverdier ved samme gjentaksintervall? Dette gjelder spesielt om flomstørrelser i flomsonekart er større enn for damsikkerhet.
- Beregninger for ulike formål utføres til ulik tid og av ulike aktører. Kan vassdrag ses mer som en helhet ved flomberegninger? Kan ulike behov i større grad kartlegges i forkant av beregningene?
- Hvordan gjøre tidligere beregninger og datagrunnlag tilgjengelig på en enkel måte?
- Hvordan oppnå god kommunikasjon mellom ulike aktører i vassdraget, og kan dette bidra til mer like flomverdier?

I NVE er det nå et mål om å harmonere resultatene fra ulike flomberegninger i regulerte vassdrag med forskjellige formål. I de neste fasene i prosjektet (SamFlom) vil vi jobbe mer med de aktuelle problemstillingene, og utarbeide konkrete forslag til løsninger på hvordan dette kan gjøres.

# Referanser

- Andersen, J. H., Hjukse, T., Roald, L. og Sælthun, N.R. (1983). *Hydrologisk modell for flomberegninger* (NVE Rapport 2/83). Oslo: NVE.
- Bane NOR (2022, 14. feb.): *Teknisk regelverk*. Hentet fra <https://trv.banenor.no>
- Bergström, S., 1976. *Development and application of a conceptual runoff model for Scandinavian catchments* (SMHI Report RHO 7). Norrköping, 134 pp: SMHI.
- Byggteknisk forskrift (TEK17) (2017). Forskrift om tekniske krav til byggverk (FOR-2017-06-19-840). Lovdata. Hentet fra <https://lovdata.no/forskrift/2017-06-19-840>
- Damsikkerhetsforskriften (dsf). (2009). Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). (FOR-2009-12-18-1600). Lovdata. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1600/>
- Dammsäkerhetslagen 26.06.2009/494 (2022, 10. nov.) (På finsk: Patoturvallisuuslaki 26.6.2009/494). <https://finlex.fi/sv/laki/ajantasa/2009/20090494>
- Decreto-Lei n.º 115/2010. Portugals gjeldende forskrift for flomfarekartlegging: forskrift nr. 115/2010 datert 22. oktober. Hentet fra <https://files.dre.pt/1s/2010/10/20600/0475704764.pdf>
- Direktoratet for byggkvalitet (2017, 15 sep.). Byggteknisk forskrift (TEK17) med veiledning. <https://dibk.no/regelverk/byggteknisk-forskrift-tek17/>.
- Dolva, B.K. (Red.) (2016). *NIFS – sluttrapport, FoU-programmet Naturfare, infrastruktur, flom og skred* (2012-2015) (NVE rapport 43/2016) Oslo: NVE, Naturfare-Infrastruktur-Flom-Skred (NIFS-prosjektet)
- Dyrddal, A.V., Lenkoski, A., Thorarinsdottir, T.L., and Stordal, F., (2015). *Bayesian hierarchical modeling of extreme hourly precipitation in Norway*. *Environmetrics*, 26(2), p.89-106.
- Engeland, K., Glad, P.A., Hamududu, B.H., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S. (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (NVE Rapport 10/2020). Oslo: NVE.
- Engeland, K. og Væringstad, T. (2020). *Beregning av dimensjonerende flom i regulerte vassdrag - en litteraturstudie* (NVE Rapport 17/2020). Oslo: NVE.
- Fergus, T., Hoseth, K. A., og Sæterbø, E. (Red.). (2010). *Vassdragshåndboka - Håndbok i vassdragsteknikk*. Tapir Akademisk Forlag.
- Fergus, T., Høydal, Ø. A., Johnsrud, T.-E., Sandersen, F. og Schanche, S. (2011). *Skogsveger og skredfare – veileder*. Skogbrukets Kursinstitutt.
- Flood warnings in Switzerland - Natural Hazards Portal (natural-hazards.ch) (2022, 14. nov.). Hentet fra <https://www.natural-hazards.ch/home/current-natural-hazards/floods.html>
- Førland E., Mamen J., Grinde L., Dyrddal A. V., Myrabø S. (2015). *Dimensjonerende korttidsnedbør* (NVE Rapport 134/2015).

Glad, P.A., Reitan, T., Stenius, S. (2015). *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små felt nedbørfelt* (NVE Rapport 8-2015). Oslo: NVE, NIFS (Naturfare-Infrastruktur-Flom-Skred).

Glover, B., Sælthun, N.R., Walløe, K.L. (2018). *Verdien av vassdragsreguleringer for reduksjon av flomskader*. Multiconsult, 130698-RIVass-RAP-001.

Grzanic, G., Molkersrød, K. og Norum, D.T. (2018). *Revurdering av vassdragsanlegg: Veileder til damsikkerhetsforskriften*. (NVE Veileder 1/2018). Oslo: NVE.

Guidelines and tools (admin.ch) (2022, 14. nov.). Hentet fra <https://www.bfe.admin.ch/bfe/en/home/supply/supervision-and-safety/dams/guidelines-and-tools.html>

Gutknecht D., Drobir H., mfl., (2009). *Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren*. Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft. Österreichische Staubeckenkommission. Institut für Wasserbau und Ingenieurhydrologie. Technische Universität, Wien. Hentet fra [https://info.bml.gv.at/dam/jcr:4fd43e9f-c845-475e-ba34-62b4b25e9c60/Leitfaden\\_zum\\_Nachweis\\_der\\_Hochwassersicherheit\\_von\\_Talsperren\\_12\\_09.pdf](https://info.bml.gv.at/dam/jcr:4fd43e9f-c845-475e-ba34-62b4b25e9c60/Leitfaden_zum_Nachweis_der_Hochwassersicherheit_von_Talsperren_12_09.pdf)

Haugsrud, H., Midttømme, G.H., Straume, K.M., og Marchand W.-D. (2022). *Flomberegning for dammer: Veileder til damsikkerhetsforskriften* (NVE Veileder 2/2022). Oslo: NVE.

Hazard information for extreme flood events (EXAR) (2021). *Extreme flood events on the rivers Aare and Rhine*. Key findings and results of the EXAR project. Projects - WSL. Hentet fra <https://www.wsl.ch/en/projects/exar.html>

Holmqvist, E. og Hamududu, B., (2022). *Flomberegning for Mjøsa/Vorma (002.Z)* (NVE Rapport 4/2022). Oslo: NVE.

Isomäki E., Maiala T., Sulkakoski M., Regina T. og Torkkel M., (2012). *Dammsikkerhetsguide* (Rapporter 89/2012). Närings-, trafik- och miljöcentralen, Kajanaland (Kainuu). Hentet fra [https://www.environment.fi/sv-FI/Vatten/Utnyttjande\\_av\\_vattenresurser/Dammar\\_och\\_dammsakerhet/Guide](https://www.environment.fi/sv/FI/Vatten/Utnyttjande_av_vattenresurser/Dammar_och_dammsakerhet/Guide)

Klimaservicesenteret (2022, 15. nov.). Hentet fra <https://klimaservicesenter.no/>

Kommunal- og distriktsdepartementet (2019). *Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019–2023*. Regjeringen.no. Hentet fra <https://www.regjeringen.no/no/dokumenter/nasjonale-forventninger-til-regional-og-kommunal-planlegging-20192023/id2645090/>

Kommunal og moderniseringsdepartementet, Rundskriv H5/2018. *Samfunnsikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling*. Hentet fra [https://www.regjeringen.no/contentassets/728660a6489a4decbce2b964ed8b9fcf/no/pdfs/rundskriv\\_samfunnsikkerhet\\_planlegging\\_byggesaksb.pdf](https://www.regjeringen.no/contentassets/728660a6489a4decbce2b964ed8b9fcf/no/pdfs/rundskriv_samfunnsikkerhet_planlegging_byggesaksb.pdf)

Leine, A.-L.Ø., (2022). *Flomberegning for Eidfjordvassdraget* (NVE Rapport 26/2022). Oslo: NVE.

Lundquist, D. (2013). *Bladet fra munnen: Retningslinjer for subjektivt skjønn?* (Vann, 3-2013, 313-314).

Miljødirektoratet. (2019, 16. aug.). Veiledning til Statlige planretningslinjer for klimatilpasning. Hentet fra <https://www.miljodirektoratet.no/ansvarsomrader/klima/for-myndigheter/klimatilpasning/veiledning-til-statlige-planretningslinjer-for-klimatilpasning/>

Lundquist, D., Pettersson, L.-E., Skofteland, E. og Sælthun, N.R. (1986). *Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom* (Retningslinjer. V-informasjon nr. 1, NVE).

Norsk Vann (2012). *Veiledning i dimensjonering og utforming av VA-transportsystem* (Norsk Vann Rapport 193-2012). Hamar: Norsk Vann. Hentet fra <https://va-kompetanse.no/butikk/a-193-veiledning-i-dimensjonering-og-utforming-av-va-transportsystem-kun-digital/>

NVE 2014 (2011). *Flaum- og skredfare i arealplanar* (NVE Retningslinjer 2/2011, revidert 22. mai 2014). Oslo: NVE.

NVE Veileder 3/2022. (2022). *Sikkerhet mot flom – Utredning av Flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE Veileder 3/2022). Oslo: NVE.

Pedersen T.B. og Bratlie R. (Red.) (2022). *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar. Korleis ta omsyn til vassmengder?* (NVE Veileder 04/2022). Oslo: NVE.

Pettersson mfl. (2002). *Retningslinjer for flomberegninger til § 4-5 i forskrift om sikkerhet og tilsyn ved vassdragsanlegg* (NVE Retninglinjer 2002). Oslo: NVE.

Paquet, E., Garavaglia, F., Garçon, R. & Gailhard, J. (2013): *The SCHADEX method: a semi-continuous rainfall-runoff simulation for extreme flood estimation* (Journal of Hydrology (495), 23-37).

Plan- og bygningsloven (pbl). (2008). *Lov om planlegging og byggesaksbehandling* (plan- og bygningsloven). (LOV-2008-06-27-71). Lovdata. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2008-06-27-71>

Portugisiske miljødepartementet APA (Agência Portuguesa do Ambiente) (2022, 14. nov.) Hentet fra <https://apambiente.pt/index.php?ref=x178>

Sintef. Byggforsk (2012). *Løsninger for lokal håndtering av overvann i bebygde områder* (514.114. s.l). Hentet fra [https://www.byggforsk.no/dokument/246/loesning\\_for\\_lokal\\_haandtering\\_av\\_overvann\\_i\\_bebygde\\_omraader\\_2012](https://www.byggforsk.no/dokument/246/loesning_for_lokal_haandtering_av_overvann_i_bebygde_omraader_2012)

Skaugen, T. og Onof, C. (2014). *A rainfall runoff model parameterized from GIS and runoff data* (Hydrological Processes, 28, s 4529-4542). Hentet fra <https://doi.org/10.1002/hyp.9968>

Solantie, R. og Uusitalo, K. (2000). *Patoturvallisuuden mitoitussadannat*. Suomen suurimpien 1, 5 ja 14 vrk:n piste- ja aluesadantojen analysointi vuodet 1959–1998 kattavasta aineistosta. Ilmatieteen laitoksen raportteja 2000:3. Helsinki.

- Statens vegvesen (2021): *V200 Vegbygging* (Statens vegvesen Normal, juni 2021).
- Statens vegvesen (2020): *V240 Vannhåndtering - Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*. (Statens vegvesen Håndbok, 2020) ISBN: 978-82-7207-760-9
- Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning. (2018). (FOR-2018-09-28-1469). Lovdata. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2018-09-28-1469>
- Statsrådets förordning om dammsäkerhet 319/2010 (2022, 14. nov) (På finsk: Valtioneuvoston asetus patoturvallisuudesta 319/2010). Hentet fra <https://finlex.fi/sv/laki/alkup/2010/20100319>
- Glad, P., Stenius, S., Leine A.-L., Ø. Væringstad, T., Holmqvist, E., Dahl, M.-P. J. og Trondsen, E. (2022). *Veileder for flomberegninger* (NVE Veileder 1/2022). Oslo: NVE.
- Stenius, S., Væringstad, T., Glad, P., Holmqvist, E., Engeland, K., og Ejigo, D.K. (2021). *Flomberegninger i regulerte felt – hvordan vassdragsreguleringer og flomforløp påvirker flomforholdene* (NVE Rapport 21-2021). Oslo: NVE.
- Svenska kraftnät, PM, (2022). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar* - Utgåva 2022 - Tillägg och ändringar samt deras innebörd. Hentet fra <https://www.svk.se/siteassets/3.sakerhet-och-beredskap/dammsakerhet/rapporter-och-yttranden/riktlinjer-for-bestamning-av-dimensionerande-flode-for-dammanlaggningar2021-11-15.pdf>
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin (2022). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar* (Utgåva 2022). Hentet fra <https://www.svk.se/siteassets/3.sakerhet-och-beredskap/dammsakerhet/rapporter-och-yttranden/riktlinjer-for-bestamning-av-dimensionerande-floden-for-dammanlaggningar-2022.pdf>
- Svenska kraftnät, Svensk Energi, SveMin (2015). *Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar* (Utgåva 2015).
- Sælthun, N. R. (1996). *The Nordic HBV Model* (NVE Publication 7). Oslo: NVE.
- Sælthun, N.R. (Red.). 1997. *Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag* (NVE Rapport 14/97). Oslo: NVE.
- Thorarinsdottir, T.L. (Red.). (2018). *Nytt rammeverk for flomestimering i Norge. Sluttrapport fra forskningsprosjektet FlomQ* (Energi Norge, ISBN nr. 978-82-436-1048-4).
- Vannressursloven. (2000). Lov om vassdrag og grunnvann (LOV-2000-11-24-82). Lovdata. Hentet fra <https://lovdata.no/dokument/NL/lov/2000-11-24-82>
- Veijalainen N., og Vehviläinen B. (2008). *The effect of climate change on design floods of high hazard dams in Finland* (Hydrology Research. Volume 39, Issue 5-6). Hydrology Research (2008) 39 (5-6): 465–477). IWA Publishing (iwaponline.com). Hentet fra <https://iwaponline.com/hr/article/39/5-6/465/916/The-effect-of-climate-change-on-design-floods-of>

Wilson, D., Fleig A.K., Lawrence, D., Hisdal, H., Petterson, L.-E. og Holmqvist, E. (2011).  
*A review of NVE's flood frequency estimation procedures* (NVE Report 9/2011). Oslo: NVE.

# Vedlegg 1 – E-post og spørsmål sendt til andre land

At NVE we have a Research and development project where we are looking at how to coordinate design flood estimates for different purposes in regulated rivers in Norway; mainly regarding dam safety and flood inundation mapping.

Historically we have had separate guidelines and rules for design flood estimations for dams and for flood inundation mapping respectively. In regulated rivers this can result in quite big differences in design flood values associated with the same return period. This can be quite challenging to communicate, and especially when there is a dam at a river stretch with a flood inundation map.

As an initial start of the project, we are searching for information about how this is done in other countries. We want to look at a few countries similar to Norway who may have other and relevant approaches regarding flood management.

We hope you can help us, or to redirect this e-mail to a colleague with such knowledge.

Down below you will find some selected questions, but feel free to add to these if you have more relevant information.

1. What return periods applies for design floods for flood mapping and dam safety respectively?
2. Do you have different legislation and authorities dependent of purpose of flood estimations?
3. Who can carry out flood estimations, and is there some kind of official approval needed?
4. What flood estimation methods are mainly used in regulated rivers, and do they differ dependent on purpose?
5. Hydraulic conditions: do you use the same conditions independent of purpose of the design flood estimation, or are there different rules depending on purpose? E.g. initial water level (routing), rules for operating gates, are reservoirs actively used for flood dampening etc.?

We also would appreciate links or references to relevant reports, legislation and/or guidelines.

# Vedlegg 2 – Regelverk i andre land

## – sammenstilt og oversatt til norsk

Svarene vi fikk fra andre land er her oppsummert og oversatt til norsk. Det var til tider utfordringer kring tolkning og oversettelse av både svar og tekst i regelverk. Vi beklager ev. feil som har oppstått på grunn av det.

### Sverige

Når Sverige først besvarte spørsmålene våre, var gjeldende retningslinjer (Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar) fra 2015 (Svenska kraftnät, 2015). De svenske retningslinjene ble oppdatert i begynnelsen av 2022 (Svenska kraftnät, 2022) og deres svar ble oppdatert i e-post datert den 10. juni 2022.

Endringene i retningslinjene fra 2015 til 2022 er først og fremst rettet mot å harmonere retningslinjenes klassifisering av dammer til «nytt» regelverk som ble innført i Miljöbalken (svensk miljølov) 2014. Retningslinjene beskriver to ulike metoder for beregning av dimensjonerende flomverdier: Beregningsmetode I1 og II2. Metodene er i all hovedsak ikke endret sammenlignet med retningslinjene fra 2015.

Forandringene beskrives i forordet til Svenska kraftnät (2022) slik:

*«Kravställningen rörande dimensionerande flöde differentieras, efter allvarlighetsgraden för konsekvenser vid dammhaveri, på en femgradig skala. Den tidigare skalan och bedömningsgrunderna för differentierade krav (Flödesdimensioneringsklass I-III) utgår därmed. Förändringarna innebär att kraven avseende flödesdimensionering tätare följer av konsekvenserna av dammhaveri vid högflödessituationer.»*

I teksten under er svarene fra Sverige sammenstilt og oversatt til norsk.

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

Damsikkerhet: Konsekvenser av dambrudd estimeres i henhold til ulike typer konsekvenser<sup>3</sup> som er gitt i den svenske miljøloven. En samlet vurdering av

---

<sup>1</sup> Beregningsmetode I (hydrologisk modellering) er basert på hydrologiske modellsimuleringer og kan ta hensyn til komplekse vannreguleringsstrategier. I beregningene er ekstreme nedbørmengder antatt å samhandle med virkningene av en snørik vinter med sen smelting, som også er innledet av en regnfull høst. Kritiske vannføringer og vannstander simuleres over en periode på minst ti år, ved systematisk utskifting av observert nedbør i forskjellige områder, ved bruk av en bevegelig 14-dagers dimensjonerende nedbørsekvens. De ulike flomgenererende faktorene, hver innenfor grensene av det som er observert, er kombinert for å gi den mest kritiske totale effekten på vassdraget. Med alle ugunstige forhold antatt å inntreffe samtidig, er estimerte flomverdier svært ekstreme. Ved Beregningsmetode I kan returperioden ikke estimeres, men sammenligning med flomfrekvensanalyser indikerer at slike flommer i gjennomsnitt har returperioder lavere en 10 000 år.

<sup>2</sup> Beregningsmetode II baserer seg på statistisk frekvensanalyse på historiske data. Metoden gir størrelsen på ekstreme vannføringer og sannsynligheten for at de inntreffer (returperiode).

<sup>3</sup> Tap av liv, skadet infrastruktur, miljøskader osv.

alvorlighetsgraden uttrykkes i fem alvorlighetsklasser, som i sin tur stiller krav til dimensjonerende flom. Følgende krav til dimensjonerende flom stilles ut fra alvorlighetsklasse:

- i. Svært alvorlig ut fra et samfunnmessig synspunkt.  
Dimensjonerende flom beregnes i henhold til Beregningsmetode I.4
- ii. Alvorlig ut fra et samfunnmessig synspunkt. Dimensjonerende flom beregnes etter Beregningsmetode I, med noe mulighet for lavere dimensjonerende flom, ned til årlig sannsynlighet 1/500 (Q500) etter Beregningsmetode II.5
- iii. Moderat ut fra et samfunnmessig synspunkt.  
Dimensjonerende flom beregnes ut fra Beregningsmetode II med en årlig sannsynlighet på 1/200 (Q200).<sup>6</sup>
- iv. Lav påvirkning ut fra et samfunnmessig synspunkt, men alvorlige konsekvenser for eierens private interesser.  
Dimensjonerende flom beregnes med Beregningsmetode II med en årlig sannsynlighet på 1/100 (Q100).<sup>7</sup>
- v. Lav påvirkning ut fra et samfunnmessig synspunkt og lav påvirkning når det gjelder private interesser. Retningslinjene (2022) stiller ikke krav til dimensjonerende flom for denne kategorien.<sup>8</sup>

I tillegg bør dammene i klasse 1-3 kunne avlede en flom med minst årlig sannsynlighet på 1/100 (Q100) ved magasin vannstand på HRV.

Hensyn til stedsspesifikke forhold ved en eksisterende dam kan tillate at en dimensjonerende flom med annen returperiode kan aksepteres/velges. Noen kommentarer til vilkår når dette kan gjelde er gitt i veiledningen (2022).

Flomkartlegging: 1/50, 1/100, 1/200 (Q50, Q100, Q200) etter «Beregningsmetode II» og «beregnet største vannføring<sup>10</sup>» som beregnes etter «Beregningsmetode I».

---

<sup>4</sup> Ingen endringer i designkriterier fra 2015.

<sup>5</sup> De fleste av disse demningene (tidligere "klasse I-dammer") vil måtte oppfylle dimensjonerende flom i henhold til metode I, men for noen av dammene i denne alvorlighetsklassen er det en ny mulighet for lavere dimensjonerende flom.

<sup>6</sup> Dette er et nytt og høyere minimumskriterium, i de tidligere retningslinjene ble det kun angitt at dimensjonerende flom skulle ha en årlig sannsynlighet på 1/100 og bestemmes ut fra en kost-nytteanalyse. Men i praksis var en slik kost-nytteanalyse ikke bredt brukt.

<sup>7</sup> Denne alvorlighetsgradskategorien var ikke klart atskilt i 2015, og begrepet dimensjonerende flom ble ikke eksplisitt brukt, men i praksis kan designkriteriene anses å være uendret (2022).

<sup>8</sup> Ingen endring fra 2015.

<sup>9</sup> Sverige bruker nå begrepet årlig sannsynlighet (1/50, 1/100, 1/200) istedenfor returperiode (Q<sub>50</sub>, Q<sub>100</sub>, Q<sub>200</sub>) (Svenska kraftnät, PM, 2022).

<sup>10</sup> «Beregnet største vannføring» (tilsvarende tidligere «kategori I-flom» (retningslinjer 2015)) er den nye «svært ekstreme flommen», beregnet etter metodikk I» (retningslinjer 2022).

2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?
  - Nei. Retningslinjene for bestemmelse av dimensjonerende flom for dammer brukes også til flomberegninger for flomfarekartleggingsformål. Imidlertid kan forskjellige myndigheter, eller privatkunder, bruke noe forskjellige tilnærminger avhengig av deres spesifikke anvendelse.
3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?
  - Ingen offisiell godkjenning av kvalifiserte personer. SMHI, det svenske meteorologiske og hydrologiske instituttet, utfører de fleste flomberegninger, og alle beregninger med Beregningsmetode I.
4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?
  - Det er de samme metodene som skal legges til grunn uavhengig av formål. Se også svar under punkt 1 og 2.
  - Nærmere beskrivelse av metodene er oppsummert under fotnote **Feil! Bokmerke er ikke definert.** og **Feil! Bokmerke er ikke definert.**, og er hentet fra "Riktlinjer för bestämning av dimensionerande flöden för dammanläggningar – Utgåva 2022" (Svenska kraftnät, 2022).
5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. initial vannstand (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?
  - Betingelsene brukes i utgangspunktet uavhengig av formålet med den dimensjonerende flomberegningen. Men formålet med beregningen og type anlegg/overløp/porter/driftsutstyr/driftsstrategi kan påvirke forutsetningene. Kunden vil kanskje vurdere noen spesielle forhold avhengig av formålet med beregningene.

Mer om endringer i Svenska kraftnät (2022) gis i Svenska kraftnät, PM, 2022.

## Finland

Svarene fra Finland er sammenstilt og oversatt til norsk i avsnittet under. Mye av informasjonen er hentet fra Finlands Dammsäkerhetsguide (Isomäki mfl., 2012) som det ble henviset til i svarene. Svarene peker også til det finske regelverket (damsikkerhetsloven) Dammsäkerhetslagen 26.06.2009/494 og Statsrådets förordning om dammsäkerhet 319/2010.

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

Damsikkerhet: Følgende krav til dimensjonerende flom stilles ut fra hvilken klasse dammen faller inn i:

- i. Klass 1-dammer: 5000-10000 års gjentaksintervall.
- ii. Klass 2-dammer: 500-1000 års gjentaksintervall.
- iii. Klass 3-dammer: 100-500 års gjentaksintervall.

Flomkartlegging: ikke besvart.

2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?

Flomberegninger for dammsikkerhet reguleres av Dammsikkerhetslagen og flomberegninger for farekartlegging utføres etter EUs flomfarekartlegging.

3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?

Det Finske miljøinstituttet (SYKE) utfører disse flomberegningene, men det er også noen konsulentfirmaer som har denne kunnskapen og kan utføre slike beregninger. Det finnes ingen formell godkjenningsordning.

4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?

Dammsikkerhet: Dimensjonerende flomverdier beregnes enten med Frekvensanalyse (Gumbel fordeling) og/eller ved bruk av hydrologiske modellsimuleringer.

- Hvilken metode som brukes avgjøres fra sak til sak, avhengig av dammens egenskaper. Metoden med modellsimuleringer anbefales brukt for dammer med betydelig magasineringskapasitet og for høye returperioder, i hvert fall på steder med ganske korte observasjonsperioder. Vi har også nyere resultater, men de er dessverre ikke publisert enda.
- For estimering av dimensjonerende flommer brukes en vassdragsmodell (WSFS), der en teoretisk nedbørsekvens (f.eks. 1000 års nedbør for klasse 1 dammer<sup>11</sup>) kombineres med 30-40 års værdata. Den dimensjonerende flomverdien beregnes gjennom at den dimensjonerende nedbørsekvensen flyttes en dag av gangen over hele observasjonsperioden. Den dimensjonerende flomverdien gis av den tidsperiode som gir den høyeste flommen. Vassdragsmodellen tar også hensyn til reguleringer av innsjøer. Denne metoden gir ikke noe eksakt estimat for gjentaksintervall, i Dammsikkerhetsguiden oppgis den til omkring 5 000 – 10 000 års gjentaksintervall.

---

<sup>11</sup> Den dimensjonerende nedbørsekvensen hentes fra en rapport utarbeidet av Finlands Metrologiske institutt (Solantie og Uusitalo, 2000)

- Metoden er opprinnelig basert på de svenske retningslinjene, men er modifisert for å passe bedre til finske forhold og retningslinjer<sup>12</sup>.

Flomkartlegging: ikke besvart

5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. innledende vannstand (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?

Flomkartlegging: ikke besvart

Damsikkerhet: Modelleringen utføres sammen med damsikkerhetsmyndighetene slik at vi bruker den mest oppdaterte informasjonen om driften av dammen under en dimensjonerende flom (realistiske startforhold og regulering før flom, informasjon om utløpskapasitet etc.)

## Portugal

Svarene fra Portugal er sammenstilt og oversatt til norsk i avsnittet under.

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

Damsikkerhet: Dimensjonerende flom skal ha returperiode  $T = 100 - 5000$  år avhengig av damklasse. Det stilles også krav om at en «ekstrem flom», som beregnes ut fra  $1,2 \cdot Q_{dim}$ , skal kunne avledes uten at dammen overtoppes.

Flomfarekartlegging: returperioder vanligvis brukt er 20, 100 og 1000 år.

2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?

Forenklet forklart så har Portugal flomlovgivning som gjelder spesifikt for damsikkerhet, særlig med fokus på dimensjonering av damkonstruksjoner og av utforming overløp). Portugal har også lovgivning knyttet til flommers påvirkning på annen type infrastruktur og arealplanlegging.

3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?

Når det gjelder damsikkerhet, utføres flomberegningene av dameierne, men er underlagt godkjenning fra det portugisiske miljødepartementet APA (Agência Portuguesa do Ambiente). Når det gjelder flomfarekartlegging (gjeldende lovverk, forskrift nr. 115/2010 datert 22. oktober (Decreto-Lei n.º

<sup>12</sup> Metoden er beskrevet her <https://iwaponline.com/hr/article/39/5-6/465/916/The-effect-of-climate-change-on-design-floods-of> (Veijalainen og Vehviläinen, 2008), selv om det har vært noen modifikasjoner.

115/2010)), har APA/Hydrologisk-avdeling leid inn profesjonelle konsulenter for å bistå dem i planleggingen.

4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?

Metoder for estimering av flom er ikke forskjellige mtp. formål. Ulike metoder kan brukes basert på størrelsen på nedbørfeltet (feks. større nedbørfelt – mer komplekse metoder).

5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet til flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. initialtilstand i magasinet (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?

Det kan være noen vurderinger som må gjøres angående hydrauliske forhold. Initialtilstander i magasinene kan vurderes (ruting). Det kan også bli lagt til grunn noen forskjeller mellom damsikkerhet og arealplanlegging (flomfarekartlegging), basert på tilgjengelig informasjon, nedbørfeltstørrelse etc.

Det er en rekke relativt nye prosedyrer under oppdatering, spesielt for farekartlegging.

Det er også viktig å skille på effekter fra naturlige flommer og dambruddsbølgeberegninger og være tydelig på forskjellen i dialog med lokale og regionale myndigheter/kommuner.

## Sveits

Svarene fra Sveits er sammenstilt og oversatt til norsk i avsnittet under.

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

Damsikkerhet: For damsikkerhet benytter Sveits returperioder på 1000 år (dimensjonerende flom) i tilfelle (n-1)<sup>13</sup>. I tilfelle (n-0)<sup>14</sup> må en dam motstå en sikkerhetsflom = 1,2 \* dimensjonerende flom.

Flomfarekartlegging: For flomfarekartlegging og flomsikring benytter Sveits returperioder på 30, 100 og 300 år.

2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?

---

<sup>13</sup> Hvis avlastningsanordningen består av mer enn én kontrollerbar port (n), antas det at 1 port er blokkert (n-1)-tilstand.

<sup>14</sup> Hvis avlastningsanordningen består av mer enn én kontrollerbar port (n) og ingen porter tillates å havare: (n-0)-tilstand.

Ja, det er forskjellig lovverk og myndigheter for flomfarekartlegging/flomsikring og damsikkerhet.

3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?

Alle. Det er ingen form for offisiell godkjenning, men myndighetene må sjekke og godkjenne flomberegningen.

4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?

Det finnes mange forskjellige estimeringsmetoder. Det finnes grove estimeringsmetoder med enkle formler og differensierte flomstudier utarbeidet for et spesifikt nedbørfelt.

5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. innledende vannstand (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?

Det er regler (n-1 og n-0) for betjening av luker for damsikkerhet (se svar 1.). I noen tilfeller brukes magasiner aktivt for flomdemping. I Sveits er de fleste av de større naturlige innsjøene også regulert for å dempe flommer.

Mer informasjon finnes på følgende nettsider:

Flomfarekartlegging og flombeskyttelse: Flood warnings in Switzerland – Natural Hazards Portal ([natural-hazards.ch](http://natural-hazards.ch))

Damsikkerhet: Guidelines and tools ([admin.ch](http://admin.ch))

Følgende studie kan også være av interesse: Hazard information for extreme flood events on the rivers Aare and Rhine (EXAR) – Projects – WSL

## Østerrike

Svarene fra Østerrike er sammenstilt og oversatt til norsk i avsnittet under. Svarene fra Østerrike omhandlet strengt tatt ikke flomfarekartlegging.

1. Hvilke returperioder gjelder for dimensjonerende flom for henholdsvis flomfarekartlegging og damsikkerhet?

Damsikkerhet: I Østerrike må store dammer (høyde > 15 m eller oppdemt magasinvolum > 500 000 m<sup>3</sup>) overholde følgende sikkerhetskonsept angående dimensjonerende flom:

- BHQ (Bemessungshochwasser- operativ dimensjonerende flom) ~ HQ\_5000: Strukturen må tåle BHQ uten skader. Hvis avlastningsanordningen består av mer enn én kontrollerbar luke, antas det at 1 port er blokkert (n-1)-tilstand.

- SHQ (Sicherheitshochwasser- maksimal dimensjonerende flom) ~ HQ\_10000: Strukturen må tåle SHQ uten store skader på den. (n-1)-tilstand skal også vurderes. Ytterligere alternative avlastningsanordninger (f.eks. bunnluker, turbiner) kan inkluderes, men den alternative avlastningsanordningen med høyest kapasitet antas å være blokkert.

Flomfarekartlgging: ikke besvart.

2. Har dere forskjellig lovverk og ulike myndigheter avhengig av formålet med flomberegninger?

For store dammer og mindre dammer med høyt farepotensial finnes det en retningslinje: «Leitfaden zum Nachweis der Hochwassersicherheit von Talsperren» (Gutknecht mfl. 2009). Ansvarlig myndighet avhenger primært av selve (dam)konstruksjonen, da flomvurderingen må koordineres med godkjenningsmyndighetene (Federal eller Provinsial). For estimering av flombølger (f.eks. dambrudd) lager katastrofeforebyggende myndighet/beredskapsmyndigheter (Disaster Prevention Authority, Provinsial) nød-scenarier og evakueringsplaner.

3. Hvem kan utføre flomberegninger, og er det nødvendig med en form for offisiell godkjenning?

Anleggseier/regulanten er ansvarlig for å utarbeide flomestimer. Vanlig prosedyre er at eieren eller et oppdragsteknisk byrå utfører flomberegningene. Resultatet må godkjennes av ansvarlig myndighet.

4. Hvilke flomberegningsmetoder brukes hovedsakelig i regulerte elver, og er de forskjellige avhengig av formål?

Det er ingen forskrift som bestemmer hvilke metoder som kan eller skal benyttes for flomberegninger i regulerte elver. Når det gjelder damsikkerhet for dammer som benyttes for magasinering av vann (reguleringsmagasin for vannkraft, flomdempningsmagasiner eller snøproduksjons magasiner), beskriver retningslinjen (Gutknecht mfl. 2009) en forenklet metode (en statistisk basert analytisk tilnærming) og flere avanserte og mer detaljerte metoder. Vanligvis brukes den forkortede metoden for dammer uten betydelig farepotensial eller allerede eksisterende anlegg.

5. Hydrauliske forhold: bruker dere de samme forholdene uavhengig av formålet med flomberegningen, eller er det forskjellige regler avhengig av formålet? F.eks. innledende vannstand (ruting), regler for manøvrering av flomluker, brukes magasiner aktivt for flomdemping etc.?

Den hydrauliske tilstanden er hovedsakelig den samme for hver konstruksjon i henhold til retningslinjen (Gutknecht mfl. 2009). Vanligvis er initialvannstanden den maksimale operative vannstanden (HRV?). For operasjonelle forutsetninger, se spørsmål 1.



NVE

## Norges vassdrags- og energidirektorat

---

MIDDELTHUNS GATE 29  
POSTBOKS 5091 MAJORSTUEN  
0301 OSLO  
TELEFON: (+47) 22 95 95 95

[www.nve.no](http://www.nve.no)