

# Flomberegninger for dammer

HØRINGSUTKAST

Norges vassdrags- og energidirektorat 2021

HØRINGSUTKAST

Norges vassdrags- og energidirektorat 2021

# Innhold

<b>Flomberegninger for dammer .....</b>	<b>1</b>
<b>Innhold .....</b>	<b>3</b>
<b>Forord .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Innledning .....</b>	<b>5</b>
1.1 Utforming av veilederen .....	5
1.2 Historikk.....	5
1.3 Definisjoner.....	6
<b>2 Om kravet til flomberegninger.....</b>	<b>7</b>
2.1 Formålet med flomberegninger .....	7
2.2 Midlertidige dammer (fangdammer) .....	7
2.3 Tidspunkt for utarbeidelse og innsending av flomberegninger.....	7
<b>3 Generell arbeidsgang.....</b>	<b>8</b>
<b>4 Beregningsforutsetninger.....</b>	<b>9</b>
4.1 Startvannstand.....	9
4.2 Valg av flomstørrelser .....	9
4.3 Overføringer .....	11
4.4 Tillatte flomavledningsorgan .....	12
4.5 Tilstopping .....	13
4.6 Lukesvikt.....	14
<b>5 Evaluering av flomberegninger .....</b>	<b>15</b>
5.1 Datagrunnlag og sikkerhetsmargin.....	15
5.2 Følsomhetsanalyse.....	15
5.3 Klimaendringer.....	16
<b>6 Dokumentasjon.....</b>	<b>17</b>
6.1 Flomberegningsrapport.....	17
6.2 Krav til sammendraget.....	19
<b>7 Referanser.....</b>	<b>20</b>

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

Telefon: 22 95 95 95  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

# Forord

Denne NVE-veilederen, *Flomberegninger for dammer* (x/2021), utdyper bestemmelsene i § 5-7 om flomberegninger i forskrift av 18.12.2009 nr. 1600 om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften). Den tar også for seg enkelte andre bestemmelser i damsikkerhetsforskriften som er relevante ved utarbeidelse av flomberegninger for dammer.

Veilederen erstatter Retningslinjer for flomberegninger, nr. 4/2011. Den nye veilederen skiller seg fra Retningslinjer for flomberegninger (nr. 4/2011) ved at hydrologifaglig veiledning i hovedsak er flyttet over til NVEs nye web-baserte *Veileder for flomberegninger*. Tekst som utdyper damsikkerhetsforskriftens bestemmelser om flomberegninger er beholdt, men er noe omarbeidet for å oppnå bedre samsvar med damsikkerhetsforskriften og *Veileder for flomberegninger*.

Parallelt med revisjon av retningslinje 4/2011 pågår det arbeid med ny veileder om flomfareutredning for forebygging av flomskader og arealplanlegging. NVE har også startet et arbeid med å koordinere og harmonisere egen forvaltningspraksis innen temaet flomberegninger slik at vi i fremtiden får best mulig samsvar mellom flomberegninger til forskjellige formål.

Oslo, [dato]

Ingunn Åsgard Bendiksen

Direktør

# 1 Innledning

Denne veilederen gjelder for dammer i konsekvensklasse 1 og høyere. NVE anbefaler at flomberegninger for dammer i konsekvensklasse 0, samt flomberegninger i regulerte vassdrag for andre formål enn damsikkerhet, også gjennomføres i tråd med innholdet i denne veilederen så langt det er relevant.

Veilederen retter seg først og fremst til dameiere (ansvarlige for damanlegg) og rådgivere som skal utføre flomberegninger for dammer.

## 1.1 Utforming av veilederen

Der det står **må** eller **skal** i veilederen, viser det direkte til krav stilt i damsikkerhetsforskriften. Dette er absolutte krav. Der det i veilederen står **må som minimum**, **minimumskrav**, eller tilsvarende, angir dette et minimumsnivå for å oppfylle krav i damsikkerhetsforskriften. Disse kravene må da etterleves.

Der det står **kan** eller **bør** i veilederen, er dette anbefalinger/forslag og eksempler på hvordan bestemmelser kan oppfylles.

Forskriftsteksten er skrevet i kursiv og innrammet slik at den skiller seg fra tekstene for øvrig. Der det i veilederen er gitt henvisning til en paragraf, (§), gjelder dette bestemmelser i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften) (OED, 2009). Dersom det henvises til annet regelverk, er dette spesifisert.

Denne veilederen må brukes sammen med *Veileder for flomberegninger*. *Veileder for flomberegninger* inneholder både en opplæringsdel for nye aktører, spesielt de som skal utføre flomberegninger, og en veiledningsdel.

Dersom det er spørsmål til forskriftsbestemmelsene, eller innholdet i denne veilederen, bør NVE kontaktes for konkret veiledning.

## 1.2 Historikk

- De første retningslinjene for flomberegninger i Norge i moderne tid ble utgitt i 1981, som et tillegg til de første damforskriftene *Forskrifter for dammer* (NVE, 1981). Tillegget, som het *Regler og anbefalinger* (gule sider), hadde status som retningslinjer. Et av kapitlene i forskriften som var utdypet i *Regler og anbefalinger* var kapittel 7 *Beregning av flommer og flomvannstander*. I tillegg var kapittel 8 *Dimensjonering og utførelse av flomløp og tappearrangement* også utdypet i *Regler og anbefalinger*. Noen år seinere, i 1986, utga NVE *V-informasjon 1 – Beregning av dimensjonerende og påregnelig maksimal flom. Retningslinjer*.
- Den første damforskriften ble erstattet av ny forskrift i 2001 (sikkerhetsforskriften), etterfulgt av reviderte retningslinjer for flomberegninger i 2002.
- Sikkerhetsforskriften fra 2001 ble senere erstattet med dagens forskrift, *damsikkerhetsforskriften*, med virkning fra 2010, og *Retningslinjer for flomberegninger* fra 2002 ble erstattet av *Retningslinjer for flomberegninger* i 2011 (NVE, 2011). Innholdet i retningslinjene fra 2002 ble i stor grad videreført i *Retningslinjer for flomberegninger* (nr. 4/2011), selv om noe nytt også ble lagt til, blant annet som følge av endringer i forskriftene.

- De viktigste forskriftsendringene fra 2010 var at det ble innført krav til å beregne ulykkesflommer for dammer i konsekvensklasse 1, vi fikk utvidet antall konsekvensklasser (0-4) og det ble stilt et generelt krav om å presentere sammenlikninger mellom observerte flommer og beregnede flommer, samt krav om å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget. For dammer med mangelfullt datagrunnlag kom det en ny bestemmelse i § 5-4 om at det skulle legges på en sikkerhetsmargin ved dimensjonering og kontroll av dam og flomløp. Temaet ble omtalt i retningslinjene for flomberegninger fra 2011 og seinere utdypet i et tilleggsnotat til retningslinjene, datert 28.11.2016.
- I retningslinjene fra 2011 ble det også satt fokus på klimaendringer og gitt anbefalinger om hvordan dette bør håndteres i områder der det er forventet større dimensjonerende flommer, med henvisning til NVE-rapporten *Hydrological projections for floods in Norway under a future climate* (Lawrence & Hisdal, 2011).
- I 2016 kom det en oppdatert rapport om hvordan framtidige klimaendringer forventes å påvirke dimensjonerende flommer i Norge (Lawrence, 2016), og det ble gitt ut et eget tilleggsnotat til retningslinjene, datert 25.11.2016, som omtalte denne rapporten og hvordan den skulle følges opp.

Revisjon av retningslinje 4/2011 ble startet som et resultat av faglig utviklingsarbeid, nye verktøy og opprettelsen av *Veileder for flomberegninger*.

### 1.3 Definisjoner

**Dimensjonerende flom ( $Q_{dim}$ )** er den flomstørrelsen en dam skal dimensjoneres for i bruddgrensetilstand.

**Påregnelig maksimalflom ( $Q_{PMF}$ )** er den største flomstørrelsen som kan opptre ved en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forhold.  $Q_{PMF}$  benyttes ved kontroll av dammers sikkerhet i ulykkesgrensetilstand.

**Tilløpsflom** er flom fra uregulert felt, tillagt avløpsflom fra eventuelle oppstrøms magasin og overføringer. Tilløpsflom er dermed flom inn til magasin, innsjø eller sted i vassdraget hvor selvreguleringen i alle oppstrøms magasin/innsjøer og nedbør på magasin/innsjø er medregnet.

**Avløpsflom** er flom ut fra et magasin eller en innsjø.

**Dimensjonerende flomvannstand (DFV)** er den høyeste vannstanden som opptrer i magasinet ved dimensjonerende tilløpsflom.

**Maksimal flomvannstand (MFV)** er den høyeste vannstanden som opptrer i magasinet ved påregnelig maksimal tilløpsflom.

**Ulykkesflom** omfatter  $Q_{PMF}$  og andre flomrelaterte ulykkessituasjoner som en dam skal kontrolleres for i ulykkesgrensetilstand.

**Fagområde IV** omfatter flomhydrologi.

**Fagområde V** omfatter hydraulikk og flomavledning.

**VTA** er vassdragsteknisk ansvarlig og er godkjent av NVE. VTA-en har det faglige ansvaret for å følge opp sikkerheten ved vassdragsanlegg, jf. § 2-4.

# 2 Om kravet til flomberegninger

## 2.1 Formålet med flomberegninger

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 første ledd:*

*Det skal utføres flomberegninger for å fremskaffe nødvendige data ved dimensjonering av nye dammer, og ved ombygging og revurdering av eksisterende dammer. Flomberegningene skal samordnes med dimensjonering av nye flomløp eller revurdering av eksisterende flomløp, jf. § 5-8.*

Når dammer skal bygges, fornyes eller revurderes må oppdaterte og godkjente flomberegninger legges til grunn, jf. §§ 5-2 (Tekniske planer), 5-3 (Laster) og 7-5 (Revurdering). Samordning mellom flomberegninger og dimensjonering eller kontroll av flomløp er viktig, fordi de gjensidig påvirker hverandre.

Krav om flomberegninger gjelder for alle dammer i konsekvensklasse 1-4, jf. § 1-4.

## 2.2 Midlertidige dammer (fangdammer)

*Damsikkerhetsforskriften § 6-1 f):*

*Under bygging av vassdragsanlegg skal det til enhver tid foreligge dokumentasjon på følgende forhold: laster, dimensjoner, materialer og utforming for midlertidige dammer (fangdammer) og andre anleggsprovisorer.*

Under bygging/fornyelse må det foreligge flomberegninger for midlertidige dammer (fangdammer) og eventuelle andre midlertidige konstruksjoner, jf. også § 5-2 andre ledd, siste punktum. Disse flomberegningene er ikke gjenstand for godkjenning av NVE. Damsikkerhetsforskriften stiller heller ikke krav til størrelsen på dimensjonerende flommer for midlertidige konstruksjoner. Valgt gjentaksintervall for midlertidige dammer/konstruksjoner som ved brudd har konsekvens for allmenheten bør være basert på vurderinger av forventet overskridelse i byggetiden og konsekvenser ved brudd. Norsk Standard har anbefalinger for dette (Norsk Standard, 2008). Gjentaksintervallet må ellers samsvare med relevante krav i annet regelverk, for eksempel plan- og bygningsloven med forskrifter.

## 2.3 Tidspunkt for utarbeidelse og innsending av flomberegninger

Både ved bygging/fornyelse og revurdering av dammer er det viktig å vurdere om det er behov for nye flomberegninger. I så fall bør disse utarbeides i god tid før innsending av teknisk plan eller revurderingsrapport. Det vil bidra til at NVEs kontroll, eventuelle revisjoner av flomberegningene, og godkjenning kan gjennomføres uten å forsinke planleggingen eller revurderingen.

Godkjente flomberegninger for revurderinger må fornyes jevnlig, som angitt i § 7-5 fjerde ledd. 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. Uavhengig av dette kravet skal også flomberegninger for

revurdering gjennomføres på nytt dersom det er gjort endringer på anlegg eller det er avdekket store feil eller usikkerheter i datagrunnlaget. Flomberegninger for revurderinger er også omtalt i NVEs veileder 1/2018 for revurdering av vassdragsanlegg, kapittel 3 (NVE, 2018).

## 3 Generell arbeidsgang

Flomberegninger bør utføres i følgende trinn:

- Nødvendig grunnlagsmateriale hentes fram:
  - kartunderlag, tegninger, informasjon om reguleringssystemet (magasin, dammer, overføringer og kraftverk), manøvreringsreglement/konsesjonsbetingelser
  - tidligere flomberegningsrapporter
  - dokumentasjon av kapasiteter til flomløp og overføringer, fare for tilstopping/tilstoppingsgrad
  - annen relevant informasjon/dokumentasjon
- Ved mangelfullt eller utdatert underlag/dokumentasjon må VTA sørge for nødvendig befaring, oppmåling eller annen informasjonsinnhenting.
- Ved valg av rådgiver må VTA forsikre seg om at det blir benyttet godkjent fagansvarlig i fagområde IV. Godkjent fagansvarlig i fagområde V må også bidra dersom beregningene omfatter kompliserte hydrauliske vurderinger og beregninger. Kvalifikasjonskravene til både utførende og kontrollør må ivaretas.
- VTA/rådgiver må avklare beregningsforutsetningene for reguleringssystemet i samsvar med kapittel 4.
- Beregning av tilløpsflom skal gjennomføres i samsvar med anbefalinger gitt i NVEs *Veileder for flomberegninger*.
- Usikkerheten i det hydrologiske datagrunnlaget i tilløpsflomberegningene skal vurderes og klassifiseres i samsvar med veiledning i *Veileder for flomberegninger*.
- Følsomhetsanalyse av flomberegningene, inklusive følsomhetsanalyse av hydrauliske beregninger, bør gjennomføres. Se kapittel 5.2 for kriterier.
- Alle varianter av avløpsflommer og flomvannstander skal beregnes med relevante beregningsforutsetninger (for eksempel med og uten tilstopping av flomløp). Hydrauliske forutsetninger er gjengitt i retningslinje for flomløp (NVE, 2005).
- Flomberegningen skal dokumenteres i en rapport og sendes til NVE for kontroll og godkjenning, se kapittel 6.



## 4 Beregningsforutsetninger

Damsikkerhetsforskriften setter en rekke krav til utførelsen av flomberegninger. Der det er uklart hvilke forutsetninger som skal ligge til grunn for beregningene, er det en fordel å avklare dette med NVE før gjennomføring. Dersom det er ønskelig å avvike fra krav i damsikkerhetsforskriften, skal dette søkes om i samsvar med § 8-2 (Dispensasjoner og skjerpede krav).

### 4.1 Startvannstand

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjuende ledd, annet punktum:  
Vannstanden ved flommens begynnelse skal settes til høyeste regulerte vannstand, eller normalvannstand der høyeste regulerte vannstand ikke er definert, dersom ikke annet er bestemt.*

Vannstanden ved flommens begynnelse skal normalt settes til høyeste regulerte vannstand (HRV) for alle magasin og sjøer i vassdraget. Der det ikke eksisterer noen HRV skal det fastsettes en normalvannstand for samme formål. Manøvrerbare flomløp skal forutsettes manøvrert slik at vannstanden ikke underskrider startvannstanden.

For vårflomsituasjoner kan det tillates å regne med lavere startvannstand enn HRV dersom det er stort magasin og samtidig stort snømagasin i feltet. I slike tilfeller kan det være urealistisk å regne med oppfylt magasin ved flommens begynnelse. Krav til oppfylt magasin kan også fravikes hvis bestemmelser i manøvreringsreglementet tilsier dette. Det samme gjelder ved beregning for store felt, hvor det kanskje ikke er realistisk å forutsette at vannstanden i alle oppstrøms magasin skal være HRV ved flommens begynnelse.

Alle avvik fra HRV som startvannstand skal avklares med NVE på forhånd.

### 4.2 Valg av flomstørrelser

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, første til fjerde punktum:  
Flomberegninger skal omfatte beregninger av dimensjonerende tilløpsflom ( $Q_{dim}$ ), dimensjonerende avløpsflom og dimensjonerende flomvannstand. Videre skal det gjøres beregninger av påregnelig maksimal tilløpsflom, påregnelig maksimal avløpsflom og maksimal flomvannstand for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand. 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. Der det er aktuelt skal flomberegningene også omfatte beregninger av flomvannstander og avløpsflommer som følge av tilstopping av flomløp og manøvreringssvikt av flomluker.*

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 femte ledd:*

*For dammer i konsekvensklasse 2, 3 og 4 skal gjentaksintervall for dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til  $Q_{1000}$  (flom med 1000 års gjentaksintervall). For dammer i konsekvensklasse 1 skal dimensjonerende tilløpsflom minimum settes til  $Q_{500}$  (flom med 500 års gjentaksintervall). Dimensjonerende avløpsflom og dimensjonerende flomvannstand skal legges til grunn ved dimensjonering og senere kontroll av dam og flomløp i bruddgrensetilstand.*

Vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1-4 skal dimensjoneres og kontrolleres for flomstørrelser gitt i Tabell 1. For noen dammer kan også andre flomrelaterte ulykkessituasjoner (ulykkesflommer) være aktuelle, jf. § 5-3 c) og avsnittet under (andre ulykkesflommer).

**Tabell 1 Minimumskrav til flomberegninger ved vassdragsanlegg**

Konsekvens-klasse	Bruddgrensetilstand ( $Q_{dim}$ )	Ulykkesgrensetilstand	
	Generelt krav	Generelt krav	Tilleggs kontroll
4 og 3	$Q_{1000}$	$Q_{PMF}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
2	$Q_{1000}$	$Q_{PMF}$ eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
1	$Q_{500}$	$Q_{PMF}$ eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$

For vassdragsanlegg i konsekvensklasse 0 er det ingen spesielle krav til dimensjonering og dermed ingen krav til flomstørrelser, men NVE anbefaler at dammer i konsekvensklasse 0 minimum dimensjoneres for  $Q_{200}$ .

Dimensjonerende flomvannstand (DFV) og maksimal flomvannstand (MFV) er de maksimale vannstandene som opptrer ved avledning av henholdsvis dimensjonerende flom ( $Q_{dim}$ ) og ulykkesflom ( $Q_{PMF}$  eller  $1,5 \times Q_{dim}$ ). NVE kan bestemme at andre flomverdier skal benyttes for eksempel som følge av usikkerheter i datagrunnlaget og forhold som påvirker avløpsflommene, jf. §§ 5-3 annet ledd og 5-4 siste punktum. Kapitlene 4.5 og 5 utdyper dette.

Tilstopping av flomløp skal være inkludert i beregningene av  $Q_{dim}$  der dette kan inntreffe.

### **Ulykkesflom – minimumskrav**

For dammer i konsekvensklasse 1 og 2 gir damsikkerhetsforskriften adgang til å benytte en annen flom enn  $Q_{PMF}$ , dvs.  $1,5 \times Q_{dim}$ , til kontroll av dammenes sikkerhet mot brudd. I slike tilfeller er det tilløpsflommen som skal multipliseres med 1,5.

For anlegg med manøvrerbare flomløp må det gjøres beregninger av to forskjellige ulykkesflommer:  $Q_{PMF}$  (eller  $1,5 \times Q_{dim}$ ) med alle luker i drift, og  $Q_{dim}$  i kombinasjon med lukesvikt (se kapittel 4.6). Den beregningen som gir høyest flomvannstand skal legges til grunn for kontroll av dammens sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand om ikke andre ulykkesflommer gir høyere vannstand, se neste delkapittel.

### Andre ulykkesflommer

Hvis det er sannsynlig at andre flomrelaterte ulykkeshendelser (utenom  $Q_{PMF} / 1,5 \times Q_{dim}$ ) gir høyere vannstand enn MFV, skal det utføres flomberegninger for disse hendelsene, jf. § 5-3 c). Den flomhendelsen som gir den høyeste flomvannstanden skal brukes som ulykkesflom.

I Tabell 1 over, er  $Q_{dim}$  med lukesvikt brukt som eksempel på én ulykkeshendelse som gir høyere vannstand enn MFV. Andre eksempler på hendelser som kan gi større flomvannstander enn MFV er:

- $Q_{dim}$  og pumping inn i feltet
- $Q_{dim}$  og blokkering av overføringer uten stengeorgan ut av feltet

Lista er ikke uttømmende. Det må gjøres vurderinger av hvilke flomrelaterte ulykkeshendelser som kan inntreffe ved det enkelte vassdragsanlegg. Flere eksempler er listet opp i damsikkerhetsforskriften § 5-3 c) tredje ledd, men heller ikke den listen er uttømmende.

Pumping inn i feltet og blokkering av overføringer uten stengeorgan er beskrevet i kapittel 4.3.

## 4.3 Overføringer

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjette ledd:*

*Ved beregning av tilløpsflommen skal det forutsettes at overføringer til feltet er åpne og at overføringer fra feltet er stengt.*

Det skal foreligge dokumentasjon av overføringskapasiteter med henvisning til gyldige tegninger. Dersom slik dokumentasjon ikke fins, må nye beregninger utarbeides. Både nye og eldre beregninger må være kontrollert eller utført av fagansvarlig i fagområde V, jf. merknadene til § 5-7 annet ledd. Dersom det er usikkerheter i tegningsunderlaget, for eksempel om teoretisk tunnelverrsnitt stemmer, bør oppmåling av overføringstunnelen og eventuelt tilhørende konstruksjoner utføres.

Nøyaktigheten til beregningene av overføringskapasiteter bør vurderes, uavhengig av kvaliteten på tegningsunderlaget. Der det er usikkerhet i valg av parameterverdier kan det gjøres en følsomhetsanalyse, slik at man sikrer at parametere som har betydning for resultatet angis med konservative verdier.

### Overføringer med stenge- og tappeorgan

Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjette ledd gjelder for overføringer med ordinære stenge- eller tappeorgan, for eksempel kraftverk og overføringstunneler med luker. For disse skal det forutsettes at overføringene inn til nedbørfeltet står åpne, mens overføringer ut av feltet er stengt. Denne forutsetningen gjelder både ved beregning av dimensjonerende tilløpsflom og påregnelig maksimal flom.

Fra bekkeinntak skal normalt tilløpsflommen fra feltet forutsettes overført, begrenset av overføringskapasiteten. Overføring fra innsjø/magasin skal foregå med full

overføringskapasitet under hele flomforløpet, begrenset av tilgjengelig magasinivolum og tilløpsflom.

#### **Overføringer uten manøvreringsmulighet**

Overføringer uten manøvreringsmulighet skal forutsettes å være åpne både inn og ut av feltet ved beregning av dimensjonerende flom og ved beregning av ulykkesflom.

Blokkering av overføringer ut av feltet skal regnes som en egen ulykkeshendelse og forutsettes å inntreffe i kombinasjon med  $Q_{dim}$ .

#### **Overføring ved pumping**

Enkelte magasin får tilført eller fraført vann via pumper og pumpekraftverk. Disse vil sjelden være i drift under flom og kan forutsettes stengt både ved dimensjonerende flom og ved beregning av  $Q_{PMF}/1,5 \times Q_{dim}$ . Pumping inn i feltet skal regnes som en egen ulykkeshendelse og forutsettes å inntreffe i kombinasjon med  $Q_{dim}$ .

### **4.4 Tillatte flomavledningsorgan**

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjuende ledd, tredje punktum:  
Det tillates ikke å regne med flomavledning gjennom nåleløp, bjelkeløp, tappeløp, omløp og kraftstasjoner.*

Mange dammer er utstyrt med manøvrerbare flomløp, typisk ved elvekraftverk. Vanlig brukte flomluker er segmentluker og klappeluker, men det fins også flomløp med andre luketyper, som glideluker, valseluker, sektorluker og gummiluker. Glideluker som benyttes til flomavledning er ofte små luker i mange små parallelle flomløp. Disse er ofte utsatt for tilstopping. Valseluker og sektorluker er eldre luketyper, mens gummiluker kom på 1980-tallet i Norge og er bare montert på et fåtall damanlegg.

Det er ikke sikkert at alle luker som dameier betrakter som flomluker tillates medregnet i den totale avledningskapasiteten i en flomberegning. Det tillates ikke å regne med nåleløp og bjelkeløp i flomavledning, da erfaring tilsier at de er vanskelige å manøvrere i en flomsituasjon. Det samme gjelder kraftverk, som kan være ute av drift på grunn av vedlikehold eller liknende. Tappeløp og omløp kan også ha luker som ikke er pålitelige til flomavledning av forskjellige årsaker. I noen tilfeller er det for dårlig manøvreringssikkerhet, for eksempel kan det mangle fjernstyring og adkomsten kan være vanskelig, eller de benyttes så sjelden at det er usikkert om de kan åpnes. Mange av disse lukene er heller ikke dimensjonert for flomavledning, hyppig manøvrering eller å stå i delvis åpen stilling. Normalt tillates det derfor ikke å regne med flomavledning gjennom nåleløp, bjelkeløp, tappeløp, omløp og kraftstasjoner, men det kan under visse forutsetninger være mulig å få dispensasjon etter § 8-2 fra den generelle bestemmelsen i § 5-7 sjuende ledd.

Intensjonen i damsikkerhetsforskriften § 5-7 sjuende ledd (og § 5-8 niende ledd) er å sørge for sikker flomavledning. Ved en søknad om dispensasjon må søker derfor dokumentere at det er «forsvarlig ut fra en sikkerhetsmessig vurdering» å fravike bestemmelsen (jf. § 8-2), at fravikelsen ikke vil være i konflikt med relevante forskriftsbestemmelser, og at det ikke medfører fare for brudd på gjeldende konsesjon. Det innebærer at de aktuelle lukene/løpene må tilfredsstillende alle krav i § 5-8 og § 5-14

som gjelder for manøvrerbare løp og flomluker og at manøvreringsreglementet gitt i konsesjonen må følges. Relevante krav i forskriften er blant annet § 5-8 fjerde og sjuende ledd og § 5-14. For luker som skal regnes med i flomavledningskapasiteten må også konsekvensene ved funksjonssvikt utredes i samsvar med § 5-7 niende ledd (Tabell 5-7.1).

Ved bruk av manøvrerbare løp øker sannsynligheten for at flomforholdene i vassdraget nedstrøms blir verre enn i naturlig tilstand. Det må dokumenteres at dette ikke er tilfelle for de lukene som skal inkluderes i flomavledningen, med mindre det er tillatt gjennom konsesjon, jf. § 5-8 fjerde ledd.

Flomavledning gjennom manøvrerbare løp tillates også bare der de sikkerhetsmessige konsekvensene ved funksjonssvikt er små, jf. § 5-8 sjuende ledd. Ved noen dammer kan manøvrerbare løp være eneste mulige løsning. Hvis de sikkerhetsmessige konsekvensene ved funksjonssvikt da er store, er det krav om ekstra sikkerhetstiltak, for eksempel reserveflomløp.

I en vurdering av konsekvensene ved funksjonssvikt vil dammens konsekvensklasse ha betydning. Manøvrerbare løp ved dammer i lav konsekvensklasse vil være lettere å få regnet med i den totale flomavledningen enn manøvrerbare løp ved dammer i høy konsekvensklasse. I en vurdering av hvilke manøvrerbare løp som kan tillates medregnet vil også dammens sårbarhet for skader forårsaket av langvarig og/eller stor overtopping bli vektlagt. I praksis betyr det at det vil være vanskeligere å få aksept for manøvrerbare løp ved fyllingsdammer og alle dammer som er fundamentert på løsmasser, enn for betongdammer fundamentert på fjell.

Relevante krav i § 5-14 gjelder blant annet manøvreringsikkerhet ved alle aktuelle driftsforhold, og spesielle krav om funksjonssikkerhet ved valg av type og arrangement for tappeorgan i flomløp (§ 5-14 b)). I dette ligger at funksjonssikkerhet må vurderes under alle omstendigheter (for eksempel storm, flom og vinterforhold). Luker som forutsettes benyttet til flomavledning, skal ellers være dimensjonert for gjentakende manøvrering i alle grensetilstandene som nevnes i damsikkerhetsforskriften § 5-14 tredje ledd.

## 4.5 Tilstopping

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, fjerde punktum:  
Der det er aktuelt skal flomberegningene også omfatte beregninger av flomvannstander og avløpsflommer som følge av tilstopping av flomløp og manøvreringssvikt av flomluker.*

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 åttende ledd:  
Ved fare for tilstopping skal det i bruddgrensetilstand regnes med minimum 25 % tilstopping i flomløpet ved avledning av  $Q_{dim}$ .*

Tilstopping inntreffer når ulike former for drivgods som fraktes med flomvannet blir liggende og blokkerer flomløp. Typiske former for drivgods er trær, flytetorv, is, snø, og løse gjenstander som har vært lagret nært vassdraget. Dersom det er gjort tilstrekkelige

tiltak for å stoppe drivgodset oppstrøms flomløpet, for eksempel utlegging av kraftige lenser, kan man se bort fra tilstopping.

I magasin hvor tilstopping av flomløp kan forekomme skal beregninger av avløpsflommer og flomvannstander gjøres for situasjoner både med og uten tilstopping ved  $Q_{dim}$ . Tilstoppingsgraden skal vurderes ut fra potensiale for drivgodset, drivgodsets størrelse og utforming, flomløpets evne til å avlede drivgodset videre og eventuelt avbøtende tiltak for å hindre tilstopping. Tilstoppingsgraden skal ikke settes lavere enn 25 % dersom tilstopping kan inntreffe. I vassdrag med flere magasin er det verdt å merke seg at tilløpsflommen til det magasinet som betraktes alltid skal beregnes uten tilstopping av oppstrøms flomløp ved  $Q_{dim}$ .

Flomavledningskapasiteten til eventuelle avløpskonstruksjoner nedstrøms overløpsterskler, for eksempel kanaler, sjakter og tunneler, skal kontrolleres for et tilfelle uten tilstopping av terskelen, uavhengig av om DFV inkluderer tilstopping. Tilstopping av avløpskonstruksjoner nedstrøms overløpsterskelen, ved  $Q_{dim}$ , skal kontrolleres som et eget ulykkestilfelle.

Tilstoppingsfare og -grad som følge av flytende trær kan beregnes i samsvar med kriteriene i SINTEFs rapport om tilstopping (SINTEF NHL, 1992).

## 4.6 Lukesvikt

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 niende ledd:*

*For dammer med n antall flomluker skal det ved avledning av  $Q_{dim}$  i ulykkesgrensetilstand regnes med funksjonssvikt på luker i henhold til etterfølgende tabell:*

<i>Antall flomluker (n):</i>	<i>Full svikt på:</i>
1-3	én luke
4-6	to luker
$n \geq 7$	tre luker

For dammer med manøvrerbare flomluker skal det regnes med manøvreringssvikt i samsvar med tabell 5-7.1 i § 5-7. Manøvreringssvikt skal kombineres med dimensjonerende flom ( $Q_{dim}$ ) og resulterende vannstand skal sammenliknes med MFV eller andre vannstander ved ulykkesflom. Hvis manøvreringssvikt i kombinasjon med  $Q_{dim}$  gir høyeste vannstand, skal denne legges til grunn ved kontroll av dammens sikkerhet i ulykkesgrensetilstand.  $Q_{dim}$  skal inkludere eventuell sikkerhetsmargin på tilløpsflommen, i samsvar med kapittel 5.1, men skal ikke kombineres med tilstopping.

Det bør gjøres konservative valg med tanke på hvilke luker som regnes uvirksomme etter damsikkerhetsforskriften § 5-7 niende ledd. Dersom det er ønskelig å regne svikt på andre luker enn de med størst avledningskapasitet, må dette avklares med NVE på forhånd og begrunnes, for eksempel med en risikovurdering av manøvreringssystemer.

## 5 Evaluering av flomberegninger

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, femte og sjette punktum:  
Flomberegninger skal inkludere en presentasjon av eventuelle observerte flommer i vassdraget for sammenlikning med beregnede flomverdier. Kvaliteten på datagrunnlaget skal beskrives.*

Alle flomberegninger er beheftet med usikkerheter i beregningsmetodikk, forutsetninger, datagrunnlag og alle valg som tas underveis. Det stilles derfor krav om å evaluere flomberegningene ved å sammenligne resultatene med eventuelle observerte flommer i vassdraget og ved å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget.

Beregnete flomverdier bør stå i rimelig samsvar med observerte flommer. Ved sammenlikning med observerte flommer må man være oppmerksom på at det vil være usikkerhet og forekomme feil i observerte verdier, og vannstander kan være oppgitt i forskjellige høydesystemer.

Metode for klassifisering av datagrunnlag er gitt i *Veileder for flomberegninger*. Der er det også gitt henvisning til hvor man kan finne erfaringstall fra flomberegninger for forskjellige deler av Norge og for små felt.

### 5.1 Datagrunnlag og sikkerhetsmargin

*Damsikkerhetsforskriften § 5-4 andre ledd, andre setning:  
Der datagrunnlaget for flomberegninger er mangelfullt, skal det tillegges en sikkerhetsmargin ved dimensjonering og kontroll av dam og flomløp.*

Usikkerhetene i det hydrologiske datagrunnlaget skal vurderes av fagansvarlig i samsvar med kriterier gitt i *Veileder for flomberegninger*. Vurderingene skal oppsummeres i et forslag til flomberegningsklasse, som er et uttrykk for usikkerheten i det hydrologiske datagrunnlaget. Flomberegningsklassen er ett av kriteriene i NVEs vurdering av behov for sikkerhetsmargin på de beregnede flomverdiene. I de tilfellene NVE mener det er nødvendig å legge på en sikkerhetsmargin blir det som regel gitt vilkår om dette i vedtaksbrevet om godkjenning av flomberegningene.

### 5.2 Følsomhetsanalyse

Følsomhetsanalyser er i utgangspunktet ikke et krav, men ved alltid å gjennomføre følsomhetsanalyser, kan man få et bedre bilde av hvor mye usikkerhetene i flomberegninger kan påvirke damsikkerheten. Følsomhetsanalyser gir innblikk i hvilke parametere som har størst betydning for resultatene og om beregningene er følsomme for endringer i forutsetninger.

NVE anbefaler derfor at dameier inkluderer følsomhetsanalyser i alle flomberegninger, uavhengig av kvalitet på datagrunnlag og forventede klimaendringer. Der det er store usikkerheter i hydrauliske forutsetninger og parametere er det også anbefalt å gjøre egne hydrauliske følsomhetsanalyser.

Ved alltid å gjøre følsomhetsanalyse av dimensjonerende tilløpsflommer vil man spare seg for ekstra-arbeid i tilfeller der NVE konkluderer med at flomberegningene er basert på usikkert datagrunnlag og det er behov for å legge på sikkerhetsmargin, jf. § 5-4 andre ledd (se kap. 5.1). Der største ulykkesflom er basert på dimensjonerende flom, for eksempel  $1,5 \times Q_{dim}$ , eller manøvreringssvikt av luke i kombinasjon med  $Q_{dim}$ , bør det også gjøres følsomhetsanalyse for ulykkesflommen.

Følsomhetsanalyser er beskrevet generelt i *Veileder for flomberegninger*. Under er det gitt anbefalinger som gjelder flomberegninger for dammer spesielt.

### **Hydraulisk følsomhetsanalyse**

Ved følsomhetsanalyse av hydrauliske parametere, for eksempel overløpskoeffisient (C-faktor), effektiv overløpslengde, eller tverrsnitt (areal) i overføringstunneler, benyttes beregnet tilløpsflom til aktuelle magasin som konstant verdi (holdes uendret). Analysen vil klargjøre om det er behov for å hente inn mer nøyaktige data til beregningene, for eksempel oppmålinger, modellforsøk av flomløp med komplisert hydraulikk, eller prøvetapping gjennom flomluker i kombinasjon med vannføringsmålinger. Det må også gjøres en vurdering av nøyaktigheten til metoden som er benyttet i de hydrauliske beregningene (formelverk, modellforsøk osv.).

### **Hydrologisk følsomhetsanalyse**

Følsomhetsanalyse utføres ved å øke tilløpsflommen med henholdsvis 10 %, 20 %, 30 % og 40 % og beregne de tilhørende avløpsflommene og flomvannstandene. Overføringer inn i feltet, som skal antas å være åpne, skaleres normalt ikke. For å ta hensyn til magasinendemping i sammensatte felt, det vil si i felt der flere lokalfelt har magasin, må en i prinsippet skalere tilløpsflommene i lokalfeltene til hvert enkelt magasin og så rute disse nedover vassdraget. I sammensatte felt kan man alternativt benytte en forenklet metode ved å skalere avløpsflommen fra nærmeste oppstrøms magasin og tilløpsflommen fra magasinets lokalfelt. Siden overføringer normalt ikke skal skaleres (se over), er ikke denne forenklingen anbefalt dersom eventuelle overføringer inn til oppstrøms magasin utgjør en stor del av tilløpsflommen til oppstrøms magasin.

## **5.3 Klimaendringer**

NVE anbefaler at dameiere tar hensyn til framtidige klimaendringer ved planlegging av nye dammer og tiltak på eksisterende dammer. Klimaendringer og klimatillegg er nærmere omtalt i *Veileder for flomberegninger*.



## 6 Dokumentasjon

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 tredje ledd, første punktum:*

*Flomberegninger med nødvendige opplysninger og forutsetninger skal sendes NVE til godkjenning.*

*Damsikkerhetsforskriften § 5-7 andre ledd:*

*Flomberegninger skal utføres og kontrolleres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde IV, jf. § 3-5. Godkjent fagansvarlig, jf. § 3-7, skal enten utføre eller kontrollere flomberegningene. Det skal fremgå av flomberegningsrapporten hvem som har utført og hvem som har kontrollert beregningene.*

*Damsikkerhetsforskriften § 5-8 andre ledd:*

*Dimensjonering og revurdering av flomløp skal utføres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde V, jf. § 3-5. Både for dimensjonering og revurdering skal godkjent fagansvarlig, jf. § 3-7, enten utføre dimensjonering eller kontroll. Det skal fremgå av dokumentasjonen hvem som har utført og hvem som har kontrollert dimensjoneringen eller revurderingen.*

NVE skal kontrollere og godkjenne alle flomberegninger i konsekvensklasse 1-4. Beregningene skal dokumenteres i en rapport der resultater, forutsetninger og underlag er presentert på en oversiktlig måte.

### 6.1 Flomberegningsrapport

Rapporten skal minimum inneholde:

- Navnet til den ansvarlige for dammen.
- Navnet til dam og vassdraget den er plassert i.
- Navn og signatur på de kvalifiserte fagpersonene og godkjente fagansvarlige i fagområde IV (flomhydrologi), og eventuelt fagområde V (hydraulikk og flomavledning), som har utført og kontrollert rapporten.
- Dato ferdigstilt rapport.
- Sammendrag i samsvar med kapittel 6.2.
  
- Kart over området med dammer og eventuelle overføringer påført
- Beskrivelse av felt- og modellparametere, reguleringssystemet med dammer, flomløp og overføringer.
- Konsekvensklasser og hoveddimensjoner for dammer, flomløp og overføringer.
- Benyttet høydegrunnlag
- Avløpskurver med tilhørende parametere, og resultater og forutsetninger fra eventuelle hydrauliske modellforsøk eller prøvetapping.
- Øvrig dokumentasjon på forutsetninger, beregninger og vurderinger av valg som følger av kapittel 4.

- Begrunnede valg og vurderinger som følger av kapittel 5, inkludert resultater fra følsomhetsanalyser og sammenlikninger med observerte flomverdier.
- Begrunnede valg og vurderinger i forbindelse med de hydrologiske beregningene, herunder:
  - informasjon om det hydrologiske datagrunnlaget (vurdering av målestasjoner og tilsigsserier).
  - Beskrivelse av benyttet beregningsmetodikk for tilløpsflommer (frekvensanalyser, nedbør-avløpsmodell)
- Resultattabeller for dimensjonerende flom og ulykkesflom som viser:
  - Størrelsen på lokale og totale tilløpsflommer beregnet som kulminasjon, middelværdi over 24 timer og ev. middelværdi over flere døgn dersom flomvolum ved lengre varighet er dimensjonerende. Tallene skal oppgis med absolutte og spesifikke verdier
  - Hydrologisk følsomhetsanalyse for tilløps- og avløpsflommer og vannstander, med og uten tilstopping.

I tillegg skal rapporten inneholde følgende vedlegg:

- Målsatte og oppdaterte tegninger av viktige konstruksjoner og vannveier for kontroll av kapasiteter til flomløp, tappearrangementer og overføringer. Benyttet høydegrunnlag, og eventuell sammenheng mellom lokalt og gjeldende nasjonale høydegrunnlag, må oppgis.
- Dokumentasjon av flomforløp som viser tilløpsflom, bidrag fra overføringer, og resulterende avløpsflom og flomvannstand. Ved bruk av nedbør-avløpsmodell skal data for nedbør og snøsmelting være inkludert. Verdiene skal presenteres grafisk og i tabellform med tidsoppløsning på minimum 6 timer
- Annet relevant underlag for hydrologiske og hydrauliske beregninger, som for eksempel flomfrekvensanalyser, nedbør- og snødata, og dokumentasjon av avløpskurve.

Alle valg skal dokumenteres og begrunnes faglig, med referanse til damsikkerhetsforskriften.

## 6.2 Krav til sammendraget

Sammendraget til flomberegningsrapporten skal minimum inneholde informasjon fra dette kapitlet for alle dammene som er omfattet av flomberegningene.

### Generelle data

<b>Konsekvensklasse</b>	4 <input type="checkbox"/>	3 <input type="checkbox"/>	2 <input type="checkbox"/>	1 <input type="checkbox"/>
<b>HRV/Normalvannstand</b>	.....			
<b>Høydesystem</b>	NN1954 <input type="checkbox"/>	NN2000 <input type="checkbox"/>	Annet <input type="checkbox"/> .....	
<b>Feltareal</b>	Lokalfelt .....km <sup>2</sup>		Totalfelt .....km <sup>2</sup>	
<b>Magasinareal ved HRV</b>	.....km <sup>2</sup>			

### Dimensjonerende flom

<b>Q<sub>dim</sub></b>	Q <sub>1000</sub> <input type="checkbox"/>	Q <sub>500</sub> <input type="checkbox"/>
<b>Tilstoppingsgrad</b>	.....%	
<b>Modell tilløpsdata</b>	Flomfrekvensanalyse <input type="checkbox"/>	Nedbør/avløps-modell <input type="checkbox"/>
	Annen <input type="checkbox"/> .....	
<b>Klimatillegg</b>	0 % <input type="checkbox"/>	20 % <input type="checkbox"/>
		40 % <input type="checkbox"/>

### Ulykkesflom

<b>Valgt ulykkesflom</b>	Q <sub>PMF</sub> <input type="checkbox"/>	1,5xQ <sub>dim</sub> <input type="checkbox"/>	Lukesvikt og Q <sub>dim</sub> <input type="checkbox"/>
	Annet tilfelle <input type="checkbox"/>		
<b>Modell tilløpsdata</b>	Flomfrekvensanalyse <input type="checkbox"/>	Nedbør/avløps-modell <input type="checkbox"/>	
	Annen <input type="checkbox"/> .....		

### Resultattabell

	<b>Tilløpsflom</b>	<b>Avløpsflom</b>	<b>Vannstand</b>	<b>Vannstand over HRV</b>	<b>Ev. overtopping</b>
Q <sub>dim</sub>					
Q <sub>dim</sub> m/tilstopping					
Ulykkesflom					

## 7 Referanser

[Lawrence, D. & Hisdal, H., 2011. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE report 5-2011.](#)

[Lawrence, D., 2016. Klimaendringer og framtidige flommer i Norge. NVE rapport 81-2016.](#)

[Norsk Standard, 2008. Laster på konstruksjoner, Norsk Standard NS-EN 1991-1-6:2005+NA:2008.](#)

NVE, 1981. Forskrifter for dammer. Universitetsforlaget, Oslo.

[NVE, 2005. Retningslinjer for flomløp. Oslo, okt. 2005.](#)

NVE, 2011. Retningslinjer for flomberegninger. NVE retningslinjer 4-2011.

[NVE, 2018. Veileder for revurdering av vassdragsanlegg. NVE-veileder 1-2018.](#)

[OED, 2009. Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg \(damsikkerhetsforskriften\). FOR-2009-12-18-1600.](#)

[SINTEF NHL, 1992. Prosjekt damsikkerhet: Tilstopping av flomløp.](#)

Veileder for flomberegninger, [nve.no/veileder-for-flomberegninger](http://nve.no/veileder-for-flomberegninger).