

Sikkerhet mot flom

Utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak



NVE Veileder nr. 3/2022

Sikkerhet mot flom

: utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat
Forfattere: Monica Bakkan, Per Ludvig Bjerke (Rambøll/NVE), Truls Erik Bønsnes, Ida Eggen, Astrid Flatøy, Finn Herje, Ole Fjellstad Holt, Erik Foldvik Humlen, Martin Nørman Jespersen, Turid Bakken Pedersen, Camilla Meidell Roald, Peer Erik Sommer-Erichson og Thomas Væringstad
Forsidefoto: Flom i Nesbyen i Hallingdal i 2018. Foto: Drone/NVE

ISBN: 978-82-410-2279-1
ISSN: 2704-0356
Saksnummer: 202221496

Sammendrag: Veilederen beskriver hvordan flomfare bør vurderes og utredes i forbindelse med reguleringsplaner og bygge- og dispensasjonssaker for å dokumentere om et område eller en tomt tilfredsstiller kravene til sikkerhet mot flom i plan- og bygningsloven og byggt teknisk forskrift. Den skal gi grunnlag for å vurdere om det er fare for flom, og veilede om hvordan en utredning av flomfare bestilles. Veilederen gir også veiledning om hvordan utredningen bør gjennomføres og dokumenteres, og hvordan resultatet bør presenteres.

Emneord: Flom, flomfare, vassdrag, erosjon, arealplan, reguleringsplan, byggesak, utredning, kartlegging, sikkerhet

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

Telefon: 22 95 95 95
E-post: nve@nve.no
Internett: www.nve.no

desember 2022

Innhold

Forord	6
1 Innledning	7
1.1 Formål og virkeområde	7
1.2 Målgruppe	7
1.3 Oppbygging av veilederen	7
DEL 1: OM FLOM OG FLOMFARE	9
2 Hva er flom?.....	9
2.1 Ulike farer ved flom.....	9
2.1.1 Tilstopping og vann på avveie	10
2.1.2 Erosjon, massetransport og sedimentasjon.....	10
2.1.3 Isgang, ispropp og svellis.....	12
2.2 Flomstørrelse og gjentakintervall	12
2.3 Flomfarekart	13
2.3.1 Kart for ulike plannivå	13
2.3.2 Aktsomhetskart for flom – for å identifisere mulig flomfare	13
2.3.3 Flomsonekart – reell flomfare	14
2.3.4 Stormflo og flomsone i elvas utløpsområde i havet.....	14
2.3.5 Sikkerhetsspåslag i flomfareutredninger	15
2.3.6 Når bør et flomsonekart oppdateres?	15
3 Sikkerhet mot flom	15
3.1 Vurderinger i arealplaner og byggesaker.....	15
3.2 Krav til sikkerhet mot flom	16
3.3 Klimatilpasning av bygninger og konstruksjoner	17
DEL 2: NÅR MÅ FLOMFAREN UTREDES?	19
4 Reguleringsplaner og byggesaker krever avklaring	19
4.1 Prosedyre 1: vurdering av mulig flomfare.....	19
5 Slik bestilles en flomfareutredning.....	20
5.1 Hva bør inngå i bestillingen?	21
5.2 Bestill eventuelt en uavhengig kvalitetssikring	21
5.3 Informasjon om ulike metoder for utredning	22
DEL 3: UTREDNING AV FLOMFAREN.....	24
6 Slik utføres en flomfareutredning.....	24
6.1 Krav til kompetanse	24
6.2 Ansvar for valg av metode	24
6.3 Prosedyre 2: utredning av flomfare	25
7 Flomberegning	26
8 Klimaendring og klimapåslag	27

9	Hydraulisk modellering	27
9.1	Valg av modell og ligningssett	27
9.2	Befaring	28
9.3	Terrengdata	28
9.3.1	Laserdata og ekkolodd	28
9.3.2	Supplerende oppmåling	29
9.4	Vannføring, grensebetingelser og initialtilstand	29
9.4.1	Eksempler	30
9.5	Konstruksjoner	31
9.5.1	Bruer	31
9.5.2	Kulverter	32
9.5.3	Flomvoller	32
9.5.4	Fyllinger, ledevoller og murer	32
9.5.5	Bygninger	33
9.5.6	Dammer og kraftverk	33
9.5.7	Strømningshindringer	33
9.6	Modellering av elver med stor massetransport	33
9.7	Ruting gjennom innsjø eller reguleringsmagasin	34
9.8	Ruhetsverdier	34
9.9	Kalibrering og kalibreringsdata	35
9.10	Følsomhetsanalyse	37
10	Sikkerhetspåslag	38
10.1	Klassifisering av hydraulisk modell	38
10.2	Klassifisering av flomberegning	39
10.3	Anbefalt sikkerhetspåslag	40
11	Vurdering av andre farer i vassdraget	41
11.1	Tilstopping, vann på avveie og erosjon	41
11.2	Isganger og isdammer	42
11.3	Oversvømmelse på grunn av oppdemning fra skred	42
12	Kvalitetssikring	43
12.1	Plansaker	43
12.1.1	Intern kvalitetssikring	43
12.1.2	Uavhengig kvalitetssikring	44
12.2	Byggesaker	44
12.2.1	Kontroll med eget arbeid	45
12.2.2	Uavhengig kontroll	45
13	Dokumentasjon	45
13.1	Fremstilling av resultat	45
13.1.1	Analyseområde	45
13.1.2	Flomsone	45
13.1.3	Flomvannstand fra 1D hydraulisk modell	46
13.1.4	Flomvannstand fra 2D hydraulisk beregning	47
13.1.5	Flomvannstander presentert i lengdeprofil	48
13.1.6	Vanndybde	48
13.1.7	Vannhastighet og strømningsretning	49

13.2	Leveranser	49
13.2.1	Rapport	49
13.2.2	Kart	49
13.2.3	Digitale leveranser	50
13.3	Innmelding av fareutredninger til NVE	50
14	Definisjoner	51
15	Referanser	54
	Vedlegg	55
	Vedlegg 1: Forenklet og konservativ utredning av flomfare.....	55
	Vedlegg 2: Er det flomfare?	58
	Vedlegg 3: Eksempel på beregning av sikkerhetspåslag.....	61
	Vedlegg 4: Innhold i dokumentasjon på utredning av flomfare.....	63
	Endringslogg	65

Forord

Flom kan være dramatisk og føre til store skader på bebyggelse, konstruksjoner og anlegg – og ikke minst være en fare for liv og helse. NVE har siden begynnelsen av årtusenskiftet kartlagt flomsoner for omtrent 150 elvestrekninger.

NVE har det overordnede ansvaret for statlige forvaltningsoppgaver innen forebygging av flomskader og skredulykker. Dette omfatter blant annet at vi gir veiledning i forbindelse med kommunal arealplanlegging.

Den beste måten å forebygge flomskader på er å unngå å bygge ut i områder som er utsatt for flomfare. Ved å utrede flomfaren i planprosessen er det mulig å identifisere de fareutsatte områdene, eller bruke utredningen som grunnlag for å planlegge risikoreducerende tiltak.

Denne veilederen beskriver hvordan en kan gå frem for å vurdere om det er flomfare i forbindelse med reguleringsplaner og byggesaker. Den viser også hvordan en bør utføre flomfareutredninger, og hvordan resultatet bør dokumenteres.

Vi vil takke alle for nyttige innspill ved høringen av veilederen sommeren 2021. Disse har vært til stor hjelp i forbindelse med å ferdigstille veilederen.

Vi vil fortsette arbeidet med å gjøre veilederen enda bedre. Derfor ønsker vi hjelp fra dere som bruker veilederen. Kommentarer og forslag til forbedringer kan sendes til nve@nve.no merket «202221496 Innspill til veileder 3/2022».

Oslo, desember 2022

Brigt Samdal
direktør
Skred- og vassdragsavdelingen

Kari Svelle Reistad
seksjonssjef
Seksjon for flom, overvann og miljø

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

1 Innledning

1.1 Formål og virkeområde

Denne veilederen beskriver prosessen med å vurdere, utrede og dokumentere om et område eller en tomt tilfredsstiller kravene til sikkerhet mot flom i plan- og bygningsloven (pbl) § 28-1 og byggt teknisk forskrift (TEK17) § 7-2 med veiledning. Denne veilederen utdyper TEK17 § 7-2 og NVE retningslinjer 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar (NVE, 2014).

Veilederen omfatter utredning av flomfare for alle vassdrag etter vannressursloven § 2, inkludert lukkede vassdrag.

Formålet med veilederen er å klargjøre når det er behov for å utrede flomfaren, hvordan utredningen skal utføres, og hva den må inneholde. Veilederen kan også være til hjelp i for eksempel arbeidet med dimensjonering av sikringstiltak mot flom og erosjon. For planlegging og prosjektering av sikringstiltak vises det til Sikringshåndboka (NVE, 2021).

I elver med potensiale for kraftig erosjon i elvetrau og skråninger, kan dette føre til stor massetransport og endrede strømningsforhold, eller det kan føre til at elva brått tar nye løp under en flom. Prosessene er omtalt i denne veilederen, men den gir ingen detaljert fremgangsmåte for utredning av slike farer, da det ikke finnes standardiserte metoder der både hydrauliske og geomorfologiske problemstillinger modelleres samlet. Disse problemstillingene må vurderes og modelleres som ulike prosesser i forbindelse med utredning av flomfare.

Denne veilederen beskriver ikke fare knyttet til overvann, altså vann som renner av på overflaten som følge av regn eller smeltevann. Hvordan overvann skal tas hensyn til i arealplanlegging, er beskrevet i NVE veileder 4/2022 Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar (NVE, 2022a). NVE vil i løpet av 2023 supplere denne med en separat veileder om urbanhydrologisk modellering.

1.2 Målgruppe

Målgruppen for veilederen er fagkyndige som skal utrede faren for flom, og andre som er involvert i arealplan- og byggesaker. Dette er for eksempel plankonsulenter, tiltakshavere og kommuner/arealplanleggere som skal vurdere om det er behov for å utrede flomfare, i tillegg til oppdragsgivere som skal bestille en utredning.

Veilederen vil også være et viktig referansegrunnlag for kommunene som plan- og byggesaksmyndighet når de skal vurdere om sikkerheten mot flomfare er tilstrekkelig ivarettatt i henhold til kravene i plan- og bygningsloven og byggt teknisk forskrift.

1.3 Oppbygging av veilederen

Veilederen er bygd opp slik at deler i veilederen er skrevet for plankonsulenter, tiltakshavere eller kommuner/arealplanleggere som målgruppe, mens andre deler i veilederen er skrevet for fagkyndige som skal utrede flomfaren. Likevel må både de

som skal bestille en utredning, og de som skal utrede flomfaren, gjøre seg kjent med innholdet i hele veilederen.

Veilederen er delt inn i 3 deler.

Del 1 gir en beskrivelse av aktuelle farer knyttet til flom og hvilke krav til sikkerhet mot flom som gjelder for reguleringsplaner og på byggesaksnivå. Denne delen av veilederen er nyttig for alle, enten du har kunnskap om flom fra før eller du ikke har kunnskap om flom.

Del 2 er skrevet for plankonsulenter, tiltakshavere og kommuner/arealplanleggere. Disse kapitlene viser hvordan en går frem for å vurdere om det er behov for en fagkyndig utredning av flomfaren for en plan eller et tiltak.

Del 3 er skrevet for fagkyndige som skal utrede faren for flom. Denne delen beskriver hva som skal inngå i en utredning, og hvordan utredningen skal utføres og dokumenteres.

DEL 1: OM FLOM OG FLOMFARE

Denne delen av veilederen gir en oversikt over farer knyttet til flom, beskriver hvilke kartprodukter som finnes og hvilke krav som gjelder til sikkerhet mot flom.

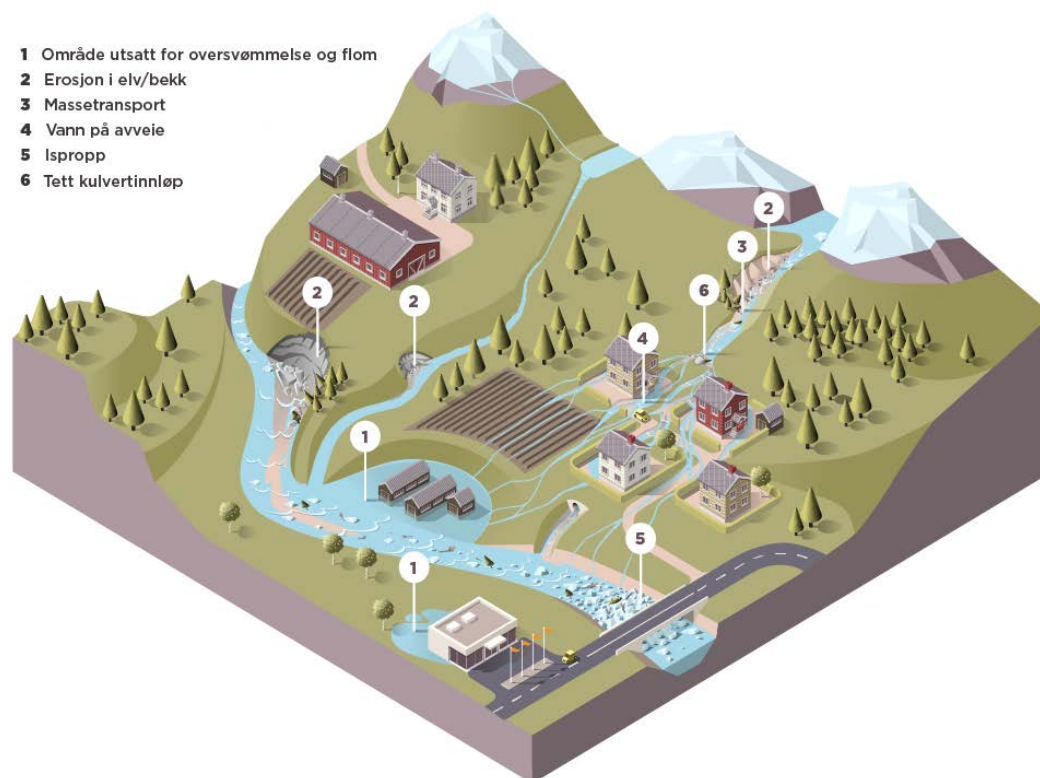
2 Hva er flom?

Det finnes ingen klar og entydig definisjon av hva flom er, men i denne veilederen bruker vi flom i henhold til definisjonen i TEK17. I TEK17 er flom definert som oversvømmelse på grunn av økt vannføring og høy vannstand i elver, bekker og vann. Dette kan være forårsaket av stor nedbør, snøsmelting eller av oppdemming som følge av isgang eller skred.

2.1 Ulike farer ved flom

Alle vassdrag er utsatt for flomfare. Med flomfare menes fare for høy vannstand, høye vannhastigheter og oversvømmelse. Flom fører ofte til erosjon og massetransport og kan føre til tilstopping i kritiske punkt og vann på avveie.

Hvilke faremoment som kan oppstå, er avhengig av de lokale forholdene i nedbørfeltet, der både naturgitte forhold og menneskelig påvirkning kan være av betydning. Utfordringene vil variere fra vassdrag til vassdrag. Figur 2-1 illustrerer noen av utfordringene som kan oppstå.



Figur 2-1 Ulike typer utfordringer som kan oppstå i forbindelse med flom. Illustrasjon: Klipp og Lim AS for Sikringshåndboka.

2.1.1 Tilstopping og vann på avveie

Kritiske punkt i et elveløp der det er stor fare for tilstopping og vann på avveie, er der elva på grunn av innsnevring har en redusert hydrauliske kapasitet. Dette kan skyldes ei bru, en kulvert eller en fylling. Et eksempel på dette fikk vi i Ålen i 2011, da elva tok nytt løp, som figur 2-2 viser. Også naturgitte forhold som naturlige innsnevring og terskler kan forårsake tilstopping.

Faren for tilstopping og at elva tar nye løp, øker ved flom. Det er derfor viktig å være oppmerksom på og eventuelt dokumentere slike punkt. Dette kan gjøres ved befaring eller kan baseres på kunnskap fra tidligere hendelser, alternativt at det gjøres beregninger.



Figur 2-2 Flommen i Ålen i Holtålen kommune i 2011. Brua hadde for liten kapasitet, slik at vannet tok et nytt løp. Foto: Luftforsvaret 330 skvadron.

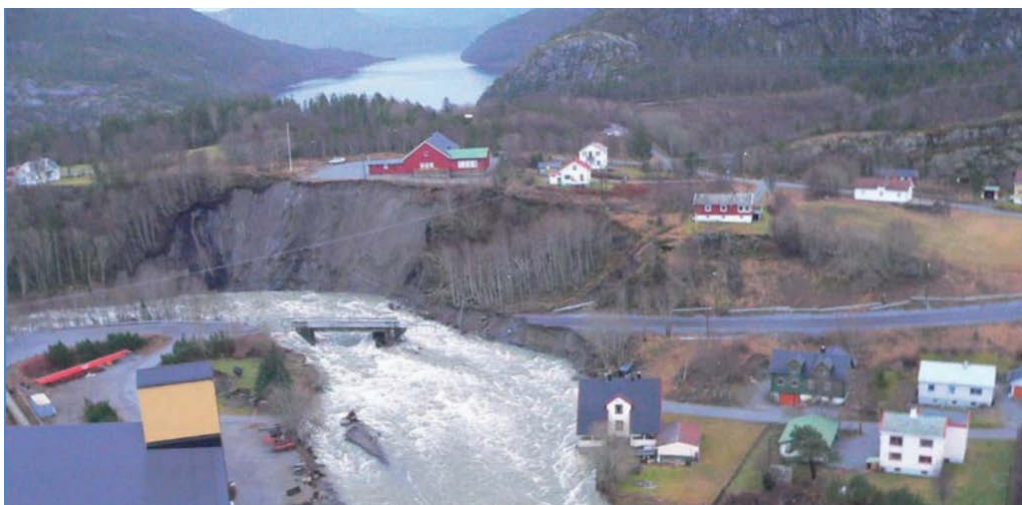
2.1.2 Erosjon, massetransport og sedimentasjon

I de fleste elver foregår det kontinuerlige prosesser som erosjon, massetransport og sedimentasjon. Disse prosessene pågår mer eller mindre i alle elver.

En forutsetning for erosjon og massetransport i ei elv, er at det finnes kilder for dette. Slike kilder kan være løsmasser i elveleiet, langs elvebredden eller i skråninger langs elva. Løsmasser som eroderes, blir transportert med vannet. Vannets evne til å transportere løsmasser er avhengig av hvor bratt elva er, og hvor raskt vannet renner. Erosjonen og massetransporten vil derfor som regel være størst ved store flommer.

I 2006 var det en stor flom i Lauvsnes i Flatanger. Figur 2-3 viser at flommen i elva førte til kraftig erosjon i foten av en skråning, og at det oppstod betydelige skader på omgivelsene, der både et hus og ei bru ble tatt av flommen.

Når vannhastigheten avtar, oppstår det sedimentasjon. Det kan være på strekninger der elva flater ut, eller der vannhastigheten avtar på grunn av oppstuvning nedenfra, for eksempel på grunn av demninger eller terskler. Det samme gjelder i områder der ei elv har utløp i en innsjø, eller der den renner ut i ei anna elv. Der vil hastigheten avta, og masser den fører med seg, vil falle til bunns. Over tid bygges det opp elvevifter. De groveste massene avsettes først, mens de finere massene føres videre nedover elva. De finere massene avsettes på de mer rolige partiene og kan der danne store sandbanker.



Figur 2-3 Flommen i Lauvsnes i Flatanger kommune i 2006 medførte at elva eroderte i foten av skråningen i yttersvingen, noe som igjen førte til skred i skråningen. Foto NVE.

I masseførende elver vil bunnen som følge av disse prosessene, heve eller senke seg over tid. Dette kan føre til at strømningsmønsteret og vannstanden ved flom endrer seg. Der bunnen endrer seg i stor grad, kan elva tvinges ut av sitt vanlige leie og finne et nytt løp utenfor elveleiet.

Etter en periode med intens nedbør oppstod det flom i elva Skjøli i Skjåk i 2018. Elva vokste raskt over breddene sine og tok nye løp. Stor vannføring og mye erosjon gjorde at store masser av grus og stein ble ført nedover elva, se figur 2-4. Mye ble avlagret på de slakere nedre delene, og mye ble ført ned til hovedelva.

I elver og bekker med særlig stor tilgang på løsmasser, vil det under flom kunne være så stort innhold av løsmasser at de vanlige hydrauliske modellene ikke gjelder lengre. Dette gjelder blant annet forutsetningen om at strømmingen består av rent vann.

Styrtflom er et fenomen som er forårsaket av intense regnbyger. Dette er en flomhendelse som utvikler seg raskt og der vannet forplanter seg som en flombølge. Styrtflom oppstår brått, men det er lite eller ingen løsmasser som blir transportert med vannet. I motsetning til flom med stort innhold av løsmasser, kan derfor en styrtflom modelleres i en vanlig hydraulisk modell der ligningene for rent vann ligger til grunn for modellen.



Figur 2-4 Under flommen i Skjøli i Skjåk kommune i 2018 transporterte elva store mengder løsmasser. Elva la igjen masser i en avstand på mer enn 150 m fra sitt opprinnelige elveløp. Foto: NVE.

2.1.3 Isgang, ispropp og svellis

Under lange kuldeperioder blir det dannet store mengder is i ei elv. Isen kan enten være frosset til bredden eller den kan dekke hele elva. Ved mildvær eller vannstandsstigning kan isen løsne og/eller isdekket brytes opp og drive nedover elva. Dette kalles isgang.

Når isen driver nedover elva, vil den støte mot bunnen eller bredden og kan forårsake erosjon og skade på eventuelle erosjonssikringer. Denne type erosjon vil likevel ofte være beskjedne og ha lite påvirkning på strømmingen i elva.

I svinger, på grunne partier, ved innsnevringar eller ved bruer kan isgangen stoppe opp og danne en ispropp. Slike ispropper dannes gjerne på samme steder hvert år. En ispropp kan føre til oppdemming og oversvømmelse, men kan også gjøre at vannet tar nye veier utenom elveløpet.

Ved langvarige perioder med kulde og lite snø på bakken kan det i områder med grunnvannstilsig oppstå svellis (kjøving) i bekkene. Når bekken er bunnfryst, vil grunnvannet renne oppå isen som stadig vokser og til slutt fyller hele bekkeløpet. Ved stort grunnvannstilsig i bekker med svellis kan bekken ta nye løp.

Det finnes informasjon om isgang og isdam i [Sikringshåndboka](#) (NVE, 2021), og beskrivelse av hvordan is dannes, finnes i NVE Rapport 20/2010 (NVE, 2010).

2.2 Flomstørrelse og gjentakintervall

Størrelsen på flommen i et gitt vassdrag blir som regel angitt med et gjentakintervall. Dette sier noe om den årlige sannsynligheten for at en flom av slik størrelse inntreffer. Gjentakintervall og årlig sannsynlighet er omvendte størrelser. For eksempel er

sannsynligheten hvert år 1/200, altså 0,5 %, for at en 200-årsflom kan inntreffe. Tilsvarende er det hvert år 1/10, eller 10 %, sannsynlig at en 10-årsflom kan inntreffe.

Tabell 2-1 viser sannsynligheten for at en gitt flomstørrelse inntreffer i løpet av en viss tidsperiode. Det går for eksempel frem av tabellen at det er 63 % sannsynlighet for en 200-årsflom i løpet av en periode på 200 år. Tilsvarende vil sannsynligheten være 22 % i løpet av en periode på 50 år.

Den største flommen som regnes å kunne opptre, er påregnelig maksimal flom (PMF). PMF har ikke noe definert gjentakintervall, men er en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forholdene i et nedbørfelt.

Tabell 2-1 Sannsynlighet for at det kommer minst én T-årsflom i løpet av en periode på L år.

Gjentaksintervall (T-årsflom)	Periodelengde i år (L)				
	10	50	200	500	1000
10	65 %	99 %	> 99 %	> 99 %	> 99 %
50	18 %	64 %	98 %	> 99 %	> 99 %
200	5 %	22 %	63 %	92 %	99 %
500	2 %	10 %	33 %	63 %	86 %
1000	1 %	5 %	18 %	39 %	63 %

2.3 Flomfarekart

2.3.1 Kart for ulike plannivå

NVE forvalter to typer kart som begge skal være til hjelp for å vurdere om et område er utsatt for flomfare.

Det ene kalles aktsomhetskart. Dette er ment til bruk på kommuneplannivå og viser områder med mulig flomfare og der området bør utredes nærmere for å avgjøre om det er flomfare eller ikke.

Det andre kalles et flomsonekart. Det viser områder som er utsatt for flomfare, og er resultatet av en flomfareutredning.

En kort beskrivelse av de to kartproduktene er gitt under.

2.3.2 Aktsomhetskart for flom – for å identifisere mulig flomfare

NVEs aktsomhetskart for flom er et landsdekkende oversiktskart som viser hvilke områder som kan være utsatt for flomfare. Nøyaktigheten på kartet er først og fremst tilpasset kommunens oversiktsplanlegging på kommuneplannivå.

Aktsomhetskartet kan i de fleste tilfeller brukes for å vurdere om tiltak i sikkerhetsklassene F1 og F2 (20-årsflom og 200-årsflom), jf. TEK17 § 7-2 andre ledd, kan være utsatt for flomfare. Dette vil være nyttig som et første vurderingsgrunnlag for å gi en indikasjon på om flomfaren må utredes nærmere. Aktsomhetskartet kan

derimot ikke brukes for tiltak etter TEK17 § 7-2 første ledd og ikke for sikkerhetsklasse F3 (1000-årsflom), jf. TEK17 § 7-2 andre ledd.

Aktsomhetskartet for flom er tilgjengelig i [NVEs karttjenester](#) Temakart og NVE Atlas, og i [Geonorges kartkatalog](#).

I [metodebeskrivelsen](#) står det nærmere beskrevet hvordan aktsomhetskartet er utarbeidet.

2.3.3 Flomsonekart – reell flomfare

Et flomsonekart viser hvilke områder som oversvømmes på grunn av flom ved et gitt gjentaksintervall. Når det utredes flomfare i forbindelse med en reguleringsplan eller byggesak, blir det ofte utarbeidet flomsonekart som viser flomfaren. Flomsonekartet er utarbeidet på grunnlag av

- en flomberegning, som er en beregning av hvor stor vannføring en kan forvente ved et gitt gjentaksintervall. Flomstørrelsene blir som regel bestemt ut fra statistiske analyser av dataserier for vannføringen i det aktuelle vassdraget, en nedbør-avløpsmodell eller estimert ut fra formelverk og data fra lignende, nærliggende vassdrag;
- en hydraulisk beregning, som gjør om vannføring til vannstand ved hjelp av en hydraulisk modell. Det betyr at den gir informasjon om hvor høyt vannet står ved gitte gjentaksintervall. Dette gjøres vanligvis med en endimensjonal (1D) eller todimensjonal (2D) numerisk hydraulisk modell.

Flomsonekart er et av de viktigste verktøyene vi har i arealplanleggingen for å unngå utbygging i områder som kan være utsatt for flomfare. I reguleringsplan- og byggesaksbehandling brukes kartene som grunnlag for å vurdere om et område har tilstrekkelig sikkerhet mot flom, og dokumentere dette. De brukes også for å planlegge og prosjektere risikoreduserende tiltak.

Flomsonekart er dessuten et viktig hjelpemiddel i beredskapssammenheng fordi det gir god oversikt over områder i nærheten av vassdraget som kommunen må være spesielt oppmerksom på under en flomhendelse. Det gir et godt grunnlag for å lage prognoser for vannstander og dermed for å planlegge beredskapsinnsats og skadereduserende tiltak.

NVE har utarbeidet flomsonekart for utvalgte strekninger med stort skadepotensial. Flomsonekartene er tilgjengelige i [NVEs karttjenester](#) Temakart og NVE Atlas, og i [Geonorges kartkatalog](#).

Det finnes også flomsonekart og flomfareutredninger som er utarbeidet av kommuner, utbyggere og eventuell andre myndigheter i forbindelse med plan- og byggesaker. I forbindelse med dambruddbølgeberegninger blir det også utarbeidet flomsonekart.

2.3.4 Stormflo og flomsone i elvas utløpsområde i havet

Områder som ligger ved ei elvs utløpsområde i havet, vil være utsatt for oversvømmelse på grunn av flom i elva og på grunn av stormflo.

Derfor må en i reguleringsplaner og byggesaker i elvas utløpsområder, vurdere både sikkerhet mot flom og sikkerhet mot stormflo. Det er den vannstanden som er høyest av flom og stormflo, som må legges til grunn i reguleringsplaner og byggesaker.

Kart som viser hvilke områder som oversvømmes ved stormflo og ved et fremtidig havnivå er utarbeidet av Kartverket. Dette kartet finnes på [Se havnivå i kart](#) og på [Geonorge](#). Vannstander for stormflo finnes på [Se havnivå](#) (Kartverket, uten år).

Veiledning om stormflo, er gitt i veilederen [Havnivåstigning og stormflo](#) (Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap, 2016).

2.3.5 Sikkerhetspåslag i flomfareutredninger

Vi anbefaler at den som utfører flomfareutredninger, legger til et sikkerhetspåslag på de beregnede flomvannstandene, slik at en tar hensyn til usikkerheter både i den hydrauliske modellen og i flomberegningen, jf. kap. 10.

Sikkerhetspåslaget vil bli mindre desto mer ressurser en legger i modellering og innhenting av grunnlagsdata til flomberegninger og hydrauliske beregninger.

2.3.6 Når bør et flomsonekart oppdateres?

Over tid kan grunnlaget for et flomsonekart eller en flomfareutredning endre seg. Det kan da være behov for å oppdatere flomsonekartet eller å utrede flomfaren på nytt.

Det kan ha vært naturlige endringer i eller langs elveløpet som følge av for eksempel løpsendring, masseavlagring og erosjon som kan ha endret flomsonen. Det kan også være utbygginger eller tiltak som påvirker flomsituasjonen i vassdraget.

Den mest vanlige grunnen til å oppdatere et flomsonekart er at det hydrologiske grunnlaget har endret seg, altså at det har vært flere store flommer i vassdraget siden forrige utredning. Slike store flommer kan medføre at grunnlaget for de statistiske beregningene er endret, slik at flomberegningen må kontrolleres og eventuelt oppdateres.

Flomsonen kan også endre seg hvis forholdene ved kritiske punkt endrer seg, som for eksempel ved en bru eller en kulvert. Dersom det er varige endringer av disse forholdene, må det vurderes om flomsonekartet må oppdateres.

Ny kunnskap og eventuelle nye anbefalinger om klimafremskriving kan også føre til at det trengs en ny utredning, eller at flomsonekartet må oppdateres.

3 Sikkerhet mot flom

3.1 Vurderinger i arealplaner og byggesaker

Kravene til sikkerhet legger føringer for arealplaner og skal sikre at det ikke gjennomføres tiltak i et område som er utsatt for flomfare, uten at sikkerheten er tilstrekkelig ivarettatt. Kravene skal også sikre at en ikke utsetter omgivelsene for økt flomfare som følge av tiltaket. Tilstrekkelig sikkerhet mot flom skal i forbindelse med reguleringsplaner dokumenteres i en risiko- og sårbarhetsanalyse (ROS-analyse), jf. pbl § 4-3.

Det er som hovedregel tiltakshaveren i plansaker og byggesaker som har ansvaret for å skaffe nødvendig dokumentasjon om sikkerheten mot flom. Kommunen som plan- og bygningsmyndighet er ansvarlig for å påse at planen/byggverket oppfyller kravene til sikkerhet.

Flomfaren vurderes på tre nivå i plan- og byggesaker:

- På kommuneplannivå: Det gjøres en vurdering på aktsomhetsnivå eller ved bruk av aktsomhetskart for å identifisere og avgrense aktsomhetsområder. I overordnet arealplanlegging, som kommuneplanens arealdel eller kommuneplaner anbefales det å bruke NVEs retningslinjer Flaum- og skredfare i arealplaner (NVE, 2014). Denne beskriver hvordan en kan gå frem for å ivareta sikkerhetskravene i pbl og TEK17. Fremgangsmåten beskrevet i denne veilederen kan også benyttes dersom en ønsker å utrede reell flomfare på kommuneplannivå.
- På reguleringsplannivå: Den reelle faren avklares, eller det brukes flomsonekart for å identifisere faresoner. Kommunal- og moderniseringsdepartementet presiserer i rundskriv H-5/18 Samfunnssikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2018) at forholdet til sikkerhet skal avklares gjennom selve arealplanarbeidet og ikke utsettes til byggesak. 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.
- I bygge- og dispensasjonssaker: 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.

Ved detaljregulering og byggesaker i områder der flomfaren ikke er utredet på et tidligere plannivå, må det dokumenteres at planområdet eller tiltaket ikke er utsatt for flomfare, jf. krav til sikkerhet i TEK17 § 7-2. En plankonsulent, tiltakshaver eller arealplanlegger kan gjøre dette ved å følge prosedyre 1 i denne veilederens kap. 4.1. Hvis en ikke kan utelukke flomfaren ved å bruke prosedyre 1, må en fagkyndig utrede flomfaren for planen eller tiltaket.

Berørte statlige og regionale organ kan fremme innsigelse til forslag til arealplaner på forhold innen sine saksområder som er av nasjonal eller vesentlig regional interesse, eller som er av vesentlig betydning for organets saksområde, jf. pbl § 5-4. Vi viser i denne sammenheng til NVEs veileder Nasjonale og vesentlig regionale interesser innen NVEs saksområder i arealplanlegging – Grunnlag for innsigelse (NVE, 2017).

Etter pbl § 19-2 fjerde ledd bør ikke kommunen gi dispensasjon i saker hvor en statlig eller regional myndighet har uttalt seg negativt om dispensasjonssøknaden.

3.2 Krav til sikkerhet mot flom

Kravene til sikker byggegrunn, inkludert sikkerhet mot flom, er fastsatt i plan- og bygningsloven §§ 28-1 og 29-5 og byggt teknisk forskrift (TEK17) kap. 7 med tilhørende veiledning. Generelle krav til sikkerhet mot naturpåkjenninger er gitt i innledningen til kapittel 7 i TEK17 med veiledning og i TEK17 § 7-1. Spesielle krav til sikkerhet mot flom

for tiltak¹ og byggverk² er presisert i § 7-2. Sikkerhetskravene i TEK17 gjelder også tiltak og byggverk som ikke er søknadspliktige.

Hvilke krav til sikkerhet som gjelder for de ulike tiltakene og byggverkene, er avhengig av mulige konsekvenser ved en flom. For å kunne bestemme hvilke krav som gjelder for det aktuelle tiltaket, må en derfor først vurdere hvilke konsekvenser en eventuell flom medfører.

For flom gjelder sikkerhetsklassene F1, F2 eller F3, som tilsvarer sikkerhet mot henholdsvis 20-årsflom, 200-årsflom og 1000-årsflom, jf. TEK17 § 7-2 andre ledd. I veiledningen til TEK17 § 7-2 andre ledd er det en oversikt over typene byggverk som inngår i sikkerhetsklassene F1, F2 og F3. Det samme gjelder for tiltak på eksisterende byggverk, bruksendringer og endring eller oppretting av eiendom. Et tilbygg eller påbygg inntil 50 m² på et eksisterende byggverk, uavhengig av dets opprinnelige sikkerhetsklasse, kan plasseres i F1.

«Byggverk som er avgjørende for nasjonal eller regional beredskap og krisehåndtering skal ikke plasseres i flomutsatt område, dersom konsekvensen av flom vil føre til at beredskapen svekkes», jf. TEK17 § 7-2 første ledd. Dette kravet kan oppfylles ved å plassere byggverket utenfor området som blir oversvømt ved påregnelig maksimal flom (PMF), eller ved sikringstiltak mot flom som innebærer at beredskapen ikke svekkes.

Oppføring av byggverk, tiltak og terrenginngrep skal ikke føre til at flomforholdene blir forverret for andre, jf. pbl § 28-1 første ledd og TEK17 § 7-1 andre ledd.

Byggverk skal plasseres eller sikres slik at det ikke oppstår skade ved erosjon, jf. TEK17 § 7-2 fjerde ledd. I veiledningen til TEK 17 er det gitt informasjon om hvordan kravet i fjerde ledd kan oppfylles.

3.3 Klimatilpasning av bygninger og konstruksjoner

Klimaet er i endring, og regjeringen har lagt føringer om at kommunene skal ta høyde for klimaendringene og ivareta klimatilpasning i arealplanleggingen sin, jf.

- Nasjonale forventninger til regional og kommunal planlegging 2019–2023 (Kommunal- og distriktsdepartementet, 2019)
- [Statlige planretningslinjer for klima- og energiplanlegging og klimatilpasning \(SPR\)](#)
- Veiledning til Statlige planretningslinjer for klimatilpasning (Miljødirektoratet, 2019)

Ved utredning av flomfaren skal en også ta hensyn til fremtidige klimaendringer, jf. pbl § 3-1 bokstav g).

¹ For definisjonen av tiltak viser vi til pbl §§ 1-6 og 20-1. Kravene gjelder også for mindre tiltak, som terrenginngrep, som kan utsette andre for fare eller vesentlig ulempe, jf. pbl § 28-1.

² For definisjon av byggverk viser vi til TEK17 § 1-3 første ledd bokstav b, der byggverk er definert som «bygning, konstruksjon eller anlegg».

Klimaendringene vil kunne få betydning for plasseringen av bygninger, jf. TEK17. Hvordan klimaendringer kan innarbeides ved utredning av flomfare, er beskrevet i kapittel 8 i denne veilederen.

Klimaendringene vil føre til økende og mer intensiv nedbør over større deler av året. Ytre kyststrøk og små, bratte og uregulerte vassdrag er særlig utsatt for regnflommer, med en økning i flomvannføringen på inntil 40 %, iht. Klima i Norge 2100 (Miljødirektoratet, 2015). I enkelte større vassdrag i indre strøk vil en flom kunne bli mindre som følge av færre og mindre intense snøsmelteflommer. De fylkesvise klimaprofilene (Norsk klimaservicesenter, 2022) viser hvilke endringer en kan forvente for ulike områder i landet.

DEL 2: NÅR MÅ FLOMFAREN UTREDES?

Denne delen av veilederen beskriver hvordan en kan gå frem for å vurdere om det er behov for å utrede flomfaren, og hva en må vurdere når en skal bestille en utredning av flomfaren.

4 Reguleringsplaner og byggesaker krever avklaring

I forbindelse med reguleringsplaner og byggesaker skal det dokumenteres at kravene til sikker byggegrunn er ivaretatt, inkludert sikkerhet mot flom i henhold til pbl § 28-1 og TEK17 kap. 7. Det er tiltakshaver som har ansvaret for at tiltaket eller bygget har tilstrekkelig sikkerhet mot flom, og at det ikke fører til at flomforholdene blir forverret for andre.

Det er laget to prosedyrer for å vurdere, utrede og dokumentere om et område eller tiltak er utsatt for flomfare.

Prosedyre 1 beskriver hvordan en plankonsulent, en tiltakshaver eller en arealplanlegger kan vurdere om det er behov for å utrede flomfaren, eller om flomfaren kan utelukkes uten en utredning fra en fagkyndig. Denne vurderingen er beskrevet i kap. 4.1 og tar utgangspunkt i aktsomhetskartet for flom og eventuelle tidligere utredninger av flomfaren. Er informasjonen tilstrekkelig som dokumentasjon på at sikkerheten for flom er ivaretatt, er det ikke nødvendig å utrede flomfaren nærmere.

Hvis det ikke er mulig å utelukke flomfaren gjennom prosedyre 1, må flomfaren utredes i henhold til prosedyre 2.

Prosedyre 2 beskriver hvordan et foretak med kompetanse på hydrologi og hydraulikk kan utrede flomfaren og dokumentere den. Utredning av flomfare er beskrevet i kap. 6.3. I noen tilfeller kan flomfaren avklares ved å gjøre en forenklet og konservativ flomfarevurdering, mens det i andre tilfeller må gjøres mer omfattende beregninger med hydraulisk modellering.

4.1 Prosedyre 1: vurdering av mulig flomfare

Prosedyre 1 omfatter trinnene 1 til 3 i tabell 4-1 og skal brukes til å avklare om det er behov for å utrede flomfaren.

Eksisterende kunnskap kan brukes til å vurdere om et tiltak eller område kan være utsatt for flomfare. I vedlegg 2 er det gitt eksempler på hvordan aktsomhetskartet for flom eller et flomsonekart kan brukes for å vurdere flomfaren.

Hvis vurderingene i trinn 1 til 3 utelukker at tiltaket er utsatt for flomfare, kan dette brukes som dokumentasjon på at sikkerheten mot flomfare i henhold til pbl § 28-1 og

TEK17 § 7-2 er ivarettatt. Kan en ikke utelukke at tiltaket er utsatt for flomfare, må det utføres en flomfareutredning i henhold til prosedyre 2 i kap. 6.3.

Tabell 4-1 Prosedyre 1: Vurdering av mulig flomfare og behov for å utrede flomfare. Vurderingen kan utføres av for eksempel en plankonsulent, en tiltakshaver eller en arealplanlegger.

Trinn	Prosedyre 1: vurdering av mulig flomfare
1	Undersøk om flomfaren i tiltaksområdet er kartlagt tidligere Flomsonekart utført i regi av NVE finnes i karttjenestene NVE Atlas og Temakart, og i det nasjonale nettstedet for kartdata Geonorge. Se eksempler på vurderinger knyttet til et flomsonekart i vedlegg 2. Hvis det finnes et flomsonekart og dette kartet viser at det ikke er flomfare for tiltaket, kan flomsonekartet brukes til å utelukke flomfaren. Et flomsonekart som er eldre enn 15 år, bør kontrolleres av en fagkyndig med tanke på eventuelle endringer i datagrunnlaget.
2	Undersøk om tiltaksområdet ligger innenfor NVEs aktsomhetskart for flom Vurderinger ved hjelp av aktsomhetskartet kan kun brukes for tiltak i sikkerhetsklasse F1 og F2, jf. TEK17 § 7-2 andre ledd. Tiltak som ligger utenfor aktsomhetsområdet for flom, er normalt ikke flomutsatt. Se eksempler på vurderinger knyttet til aktsomhetskartet i vedlegg 2. Der finnes det også eksempel på når aktsomhetskartet ikke kan brukes. Hvis tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet, kan kartet brukes til å utelukke flomfaren.
3	Undersøk om tiltaket ligger utenfor soner for erosjon gitt i veiledningen til TEK 17 § 7-2 fjerde ledd Hvis tiltaket ligger utenfor denne sone gitt i figuren «§7-2 fjerde ledd Figur 1: Sikkerhetssone mot erosjon», kan erosjonsfaren utelukkes i henhold til kravene i TEK17 § 7-2 fjerde ledd.

5 Slik bestilles en flomfareutredning

Dersom flomfaren ikke kan avklares i henhold til prosedyre 1 i tabell 4-1, må det utføres en flomfareutredning. For alle utredningsoppdrag, bør det i forbindelse med anskaffelsen oppgis at anbefalingene og kravene i denne veilederen skal følges.

Dette kapitlet beskriver hva en anskaffelse av en flomfareutredning bør inneholde. I tillegg finnes informasjon om beregningsmetoder som er aktuelle ved utredning av flomfare.

5.1 Hva bør inngå i bestillingen?

Hva som skal inngå i bestillingen, er avhengig av formålet. Det bør gå klart frem hvilket område som skal kartlegges, hvilke elver og sidevassdrag som skal være med, og om utredningen skal inkludere vurdering av faren for erosjon.

En utredning av flomfaren utført i henhold til denne veilederen skal inneholde dokumentasjon som beskrevet i kap. 13 og vedlegg 4. I tillegg til hydraulisk modellering må også relevante problemstillinger beskrevet i kap. 11 vurderes.

Det er viktig at oppdragsgiveren opplyser om all kjent informasjon og data til den som skal utføre utredningen. Dette kan for eksempel være

- tidligere utredninger
- kalibreringsdata, data fra vannstandsloggere eller kunnskap om historiske flommer, is- og erosjonsproblematikk eller tilstopping ved konstruksjoner
- data for konstruksjoner på strekningen, for eksempel tegninger av bruer, kulverter, dammer eller andre konstruksjoner i eller nært vassdraget
- egne topografiske data for terrenget eller elvebunnen i vassdraget

En hydraulisk modell som blir laget i forbindelse med utredningen, vil også kunne brukes til andre formål på strekningen, for eksempel til prosjektering av tiltak i vassdraget. I slike tilfeller bør modellen også inngå som en del av leveransen, slik at oppdragsgiveren sikrer seg rettighetene til å benytte modellen i andre oppdrag.

Vi oppfordrer til å melde inn flomsoner og fareutredninger til oss, slik at de blir tilgjengelig for alle i NVEs karttjenester. Der kan flomsonene lastes ned på flere ulike format, eller dataene kan kobles opp via WMS i en egen kartløsning. Flomsonene blir samtidig en del av det offentlige kartgrunnlaget (DOK) og tilgjengelig på nettstedet Geonorge. Kravene til digitale leveranser som skal meldes inn til oss, finnes i innmeldingsløsningen, se kap. 13.3. Arbeidet med å tilrettelegge data og melde inn flomsoner bør derfor inngå som en del av oppdraget.

Krav til eventuelle digitale leveranser som skal inngå i oppdragsgivers kartløsning, må angis av oppdragsgiveren, se kap. 13.2.3.

Der elva har utløp i hav, vil stormflo gi høyere vannstander i deler av utløpsområdet enn en flom i elva. Oppdragsgiveren må vurdere om sikkerheten mot stormflo, jf. TEK17 § 7-2 tredje ledd, skal inkluderes i flomsonen.

5.2 Bestill eventuelt en uavhengig kvalitetssikring

Hvis utredningen har særlig stor kompleksitet og/eller store konsekvenser, anbefaler vi at det gjøres en uavhengig kvalitetssikring av utredningen.

Det er oppdragsgiveren for flomfareutredningen som har ansvar for at et uavhengig foretak utfører en kvalitetssikring av utredningen.

Les mer om dette i kap. 12.1.2.

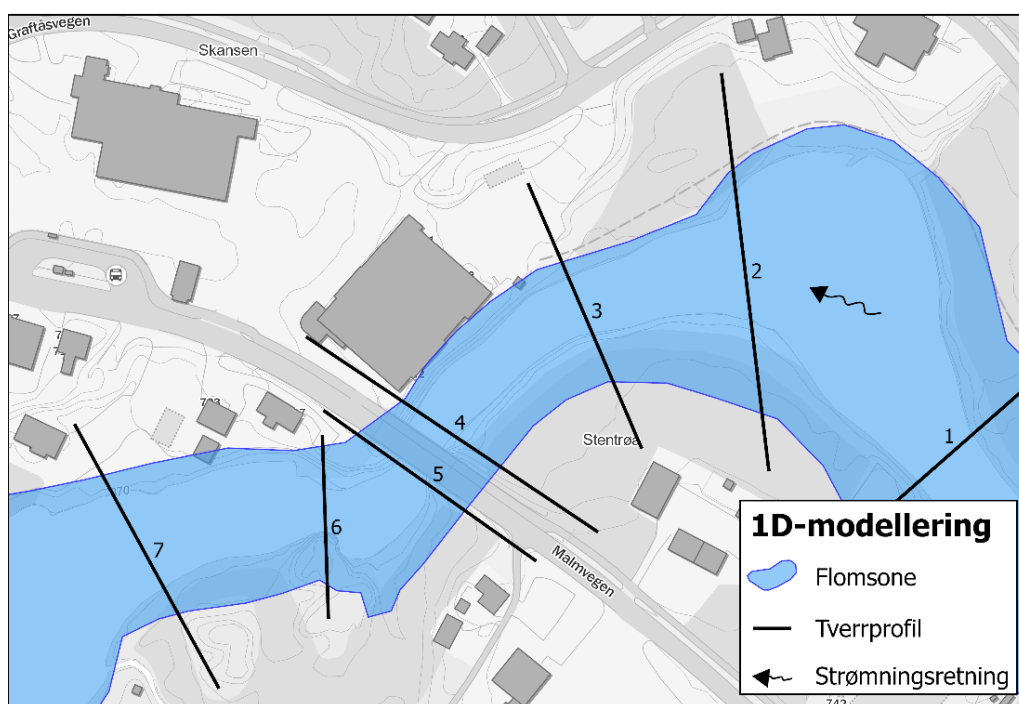
5.3 Informasjon om ulike metoder for utredning

Det er foretaket som utfører flomfareutredningen, som har ansvar for å velge den beregningsmetoden som er best egnet for formålet og kompleksiteten til den aktuelle utredningen. Dette kapitlet er derfor ment som bakgrunnsinformasjon for å gi oppdragsgiveren oversikt over ulike metoder og verktøy som kan være aktuelle å bruke i flomfareutredningen. Kapittel 6.2 inneholder informasjon om ansvaret den utførende har for valg av metode.

I noen tilfeller kan en flomfareutredning ta utgangspunkt i andre eksisterende utredninger. I andre tilfeller kan det foretas en forenklet og konservativ flomfareutredning, slik det står nærmere beskrevet i vedlegg 1.

De fleste flomfareutredninger er basert på hydraulisk modellering. Den hydrauliske modelleringen bør gjennomføres ved bruk av en anerkjent hydraulisk modell.

Det finnes ulike hovedtyper av hydrauliske modeller. Generelt er 1D-modeller, vist i figur 5-1 godt egnet til å beregne vannstand for elvestrekninger der vannet renner i ett definert løp. De fleste konstruksjoner kan også beregnes med god nøyaktighet i en slik modell, for eksempel bruer, kulverter og terskler eller overløp og langsgående konstruksjoner som ikke overtoppes.

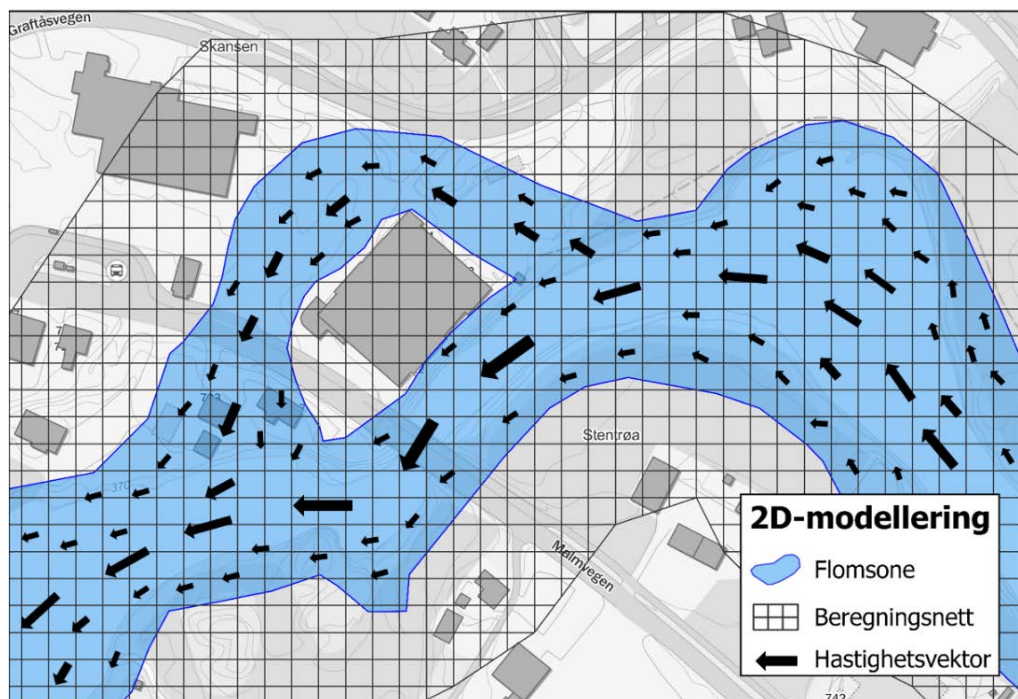


Figur 5-1 I en 1D hydraulisk modell blir vannstander beregnet for hvert tverrprofil. Denne modellen er egnet der elva renner i ett definert løp. Illustrasjon: NVE.

2D-modeller vil være bedre egnet i vassdrag der vannet ikke renner i ett definert løp, eller der vannet vil kunne finne nye og flere løp ved flom, som eksemplet i figur 5-2 viser. En 2D-modell er også bedre egnet dersom det er behov for detaljerte beregninger av vannhastighet og strømningsretning. En god 2D-modell vil kunne gi mer detaljerte svar, men kan medføre større ressursbruk enn en tilsvarende 1D-modell. Dersom strekningen som modelleres, har kompliserte strømningsforhold, bør

en benytte en 2D-modell. Eksempler på dette kan være meandersvinger, overtopping av langsgående konstruksjoner (veier, murer eller flomvoller), deltaområder i innsjøer og hydraulisk kompliserte geometrier.

Ved utredningen av lengre strekninger kan det også være gunstig å kombinere 1D- og 2D-modeller.



Figur 5-2 I en 2D hydraulisk modell blir vannstander og hastigheter beregnet for hver celle i et beregningsnett. Modellen er godt egnet der elva for eksempel tar nye løp ved flom. Illustrasjon: NVE.

DEL 3: UTREDNING AV FLOMFAREN

Denne delen av veilederen er beregnet på foretak som skal utføre utredningsoppdrag for private og offentlige planforslagsstillere og utbyggere. Kapitlene 6 til 13 i denne veilederen beskriver hva som skal inngå i en utredning, og hvordan utredningen skal dokumenteres.

6 Slik utføres en flomfareutredning

Når flomfaren utredes i henhold til denne veilederen, dokumenteres det at det er tilstrekkelig sikkerhet mot flom i henhold til TEK17 § 7-2. Det må også dokumenteres at faren ikke forverres for andre jf. pbl § 28-1 og TEK17 § 7-1 andre ledd. Hvis det er aktuelt å bruke risikoreducerende tiltak for å oppnå tilstrekkelig sikkerhet, for eksempel å heve byggegrunnen og utføre flomsikringstiltak, må det også dokumenteres at tiltaket ikke fører til at andre områder får økt flomfare.

6.1 Krav til kompetanse

Foretak som skal utføre utredning av flomfare i henhold til denne veilederen, må ha formell og tilstrekkelig relevant kompetanse innen hydrologiske og vassdragshydrauliske analyser og i tillegg erfaring fra utredning av flomfare, vassdragshydraulikk, vassdragsteknikk eller tilsvarende.

Alle prosjektmedarbeidere må ha utdanning som minst tilsvarende bachelor i teknologi, ingeniør eller naturvitenskap innen fagområdet vassdragshydraulikk, vassdragsteknikk, hydrologi, meteorologi eller tilsvarende. Fagansvarlig må ha utdanning tilsvarende sivilingeniør eller master i teknologi eller naturvitenskap, innen fagområdet vassdragshydraulikk, vassdragsteknikk, hydrologi eller meteorologi. I tillegg må fagansvarlig ha minimum 5 års relevant arbeidserfaring innen ovennevnte fagområder.

Kravene til utdanning kan reduseres ved relevant etterutdanning og/eller med mer enn 5 års relevant arbeidserfaring.

Kravene til formell kompetanse og relevant arbeidserfaring må kunne dokumenteres i form av CV og relevante referanseprosjekter.

6.2 Ansvar for valg av metode

Det er den som utfører utredningen, som har ansvar for å velge metodene og analyseverktøyene som er best egnet for å gjennomføre oppdraget. Metodene skal være anerkjente og utprøvde. Leveransen skal være i tråd med beskrivelsen av oppdraget i kontrakten.

Den som utfører utredningen, har videre et aktsomhetsansvar for rådgivningen sin, ofte omtalt som et profesjonsansvar. Det kan for eksempel være, å gjøre oppdragsgiver oppmerksom på andre farer den utførende blir kjent med i forbindelse med oppdraget. Ansaret gjelder også utenfor området som utredes.

6.3 Prosedyre 2: utredning av flomfare

Når flomfaren for et plan- eller tiltaksområde ikke kan utelukkes i henhold til prosedyre 1, må flomfaren utredes i henhold til prosedyre 2.

For mange vassdrag finnes det eksisterende utredninger, og det vil som oftest være nyttig å sette seg inn i tidligere beregninger og forutsetninger. Flomberegninger i sammenlignbare nærliggende vassdrag kan også være nyttige.

I noen tilfeller kan en flomfareutredning baseres på eksisterende utredninger som tilpasses den aktuelle situasjonen.

I andre tilfeller vil en forenklet og konservativ utredning som beskrevet i vedlegg 1 være tilstrekkelig.

I de fleste tilfeller må utredningen utføres ved hjelp av hydraulisk modellering som beskrevet i kap. 7 til 11. Utredningen skal dokumenteres og kvalitetssikres i henhold til kapitlene 12 og 13, samt vedlegg 4.

Tabell 6-1 Prosedyre 2: utredning av flomfare. Utredningen må utføres av en fagkyndig med kompetanse som beskrevet i kap. 6.1.

Trinn	Prosedyre 2: utredning av flomfare
1	Samle inn eksisterende informasjon om flomfaren i tiltaksområdet Det kan være • flomsonekart som finnes i NVEs karttjenester NVE Atlas eller NVE Temakart og i Geonorge (flomsonekart som er eldre enn 15 år, bør kontrolleres med hensyn på eventuelle endringer i datagrunnlaget) • flomberegninger i vassdraget • tidligere utredninger av flomfaren i vassdraget • data fra målestasjoner for vannføring/vannstand i vassdraget eller samtidige målinger av vannføring og vannstand • informasjon om flomhendelser og observerte vannstander, for eksempel flomstøtter, flommerker, bilder, flybilder, aviser, medieoppslag og kunnskap fra lokalhistorikere, kommunen, en eventuell regulant i vassdraget eller i NVEs innsynsløsning Flomhendelser.no og i Regobs, som er verktøy for å registrere og dele observasjoner og hendelser • dambruddbølgeberegninger i vassdraget • kartlegginger av kritiske punkt i vassdraget • vurderinger av flomfare i forbindelse med risiko- og sårbarhetsanalyser i kommunen • NVEs aktsomhetskart for flom (se eksempler på vurderinger knyttet til aktsomhetskartet i vedlegg 2)
2	Avgjør om det er behov for å utrede flomfaren Basert på formålet for utredningen og en samlet vurdering av informasjonen i trinn 1 kan en vurdere om a) flomfaren kan avklares ved hjelp av eksisterende utredninger eller aktsomhetskartet for flomfare

Trinn	Prosedyre 2: utredning av flomfare
	b) flomfaren kan avklares ved en forenklet og konservativ vurdering i henhold til vedlegg 1 c) flomfaren må utredes ved bruk av hydraulisk modellering i henhold til trinn 3 til 6 i denne prosedyren
3	Utfør flomberegninger (kap. 7, 8 og veilederen for flomberegninger) I flomberegningen skal en • beregne vannføring og eventuell samtidighet for ulike gjentakintervall ved ulike beregningspunkt • bestemme flomforløp dersom det er aktuelt • bestemme klimapåslag ut fra forventede klimaendringer • klassifisere flomberegningen
4	Sett opp en hydraulisk modell (kap. 9 og 10) Den hydrauliske modelleringen bør belyse • grunnlagsdata, terrengdata m.m. • valg av beregningsmetode og modellverktøy • befaring og eventuell oppmåling av aktuelle strekninger • grensebetingelser og eventuell havnivåstigning ut fra forventede klimaendringer • eventuell kalibrering eller justering av modellen • følsomhetsanalyse og klassifisering av modellen • størrelsen på sikkerhetspåslaget
5	Vurder andre vassdragsrelaterte farer (kap. 11) Dette er typisk massetransport, erosjon, is, tilstopping m.m.
6	Dokumenter prosessen og resultatene (kap. 13) I dette trinnet inngår det å • fremstille resultater • produsere dokumentasjon (se vedlegg 4) • melde inn flomsoner til NVE

7 Flomberegning

Flomberegninger for bruk i flomfareutredninger skal i henhold til denne veilederen utføres i samsvar med Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b).

I regulerte vassdrag bør flomberegningen samsvare med verdiene beregnet etter veilederen Flomberegninger for dammer (NVE, 2022c). Dersom det beregnes og velges en annen verdi som avviker fra den beregnede flomverdien for dammer, må dette begrunnes.

Det kan i enkelte tilfeller være nok å utføre en forenklet flomberegning for bruk i en forenklet og konservativ flomfareutredning, se vedlegg 1.

I Norge brukes det i hovedsak fire metoder til flomberegning. Alle disse metodene er utførlig beskrevet i Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b).

8 Klimaendring og klimapåslag

Ved utredning av flomfare som tar hensyn til et endret klima, må en inkludere et eventuelt klimapåslag på vannføringen. Dersom elvestrekningen har utløp i hav, må en inkludere klimapåslag på stormflo i den hydrauliske beregningen. Norsk klimaservicesenter har utarbeidet [klimaprofiler](#) (Norsk klimaservicesenter, 2022) for alle fylker i landet. Klimaprofilene gir en oversikt over blant annet forventede klimaendringer og anbefalte klimapåslag for flom og stormflo.

Klimapåslag for flom viser hvor mye dagens vannføring bør økes for å ta høyde for fremtidige klimaendringer, ref. Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b).

Klimapåslag for stormflo viser hvor mye den nedre grensebetingelsen bør økes når den modellerte strekningen har utløp i hav. Klimapåslaget finnes både i klimaprofilene og på [Se havnivå](#) (Kartverket, uten år). Nedre grensebetingelse i den hydrauliske modellen er nærmere beskrevet i eksempel 6 i kap. 9.4.1

Dagens klimafremskrivninger kan endres i takt med et oppdatert kunnskapsgrunnlag. De nyeste klimafremskrivningene bør legges til grunn ved planlegging og utbygging. Det bør komme tydelig frem hvilke klimapåslag som er benyttet i utredningen.

9 Hydraulisk modellering

9.1 Valg av modell og ligningssett

En flomfareutredning vil ofte kreve at det anvendes en hydraulisk modell. Dette kan være alt fra enkle formler til kompliserte 3D-modeller. En av de viktigste oppgavene til den som skal utføre utredningen, er å finne egnede verktøy og modeller for arbeidet. Hvilken eller hvilke modeller som bør brukes, er avhengig av lengden til strekningen, topografien, grensebetingelsene m.m. En generell beskrivelse av 1D- og 2D-modelleringsverktøy er gitt i kap. 5.3.

Nøyaktigheten i elvebunns- og terrengdataene bør være så detaljert at den modellerte strømmingen ikke avviker særlig fra den virkelige strømmingen. For 1D-modeller bør plasseringen av og avstanden mellom tverrprofilene vurderes nøye. For 2D-modeller bør beregningsnettene beskrive alle de hydrauliske elementene som vil påvirke strømmingen i elva.

Generelt anbefaler vi at de mest komplette ligningene for frispelstrømning for den valgte modellen benyttes.

9.2 Befaring

Elvestrekningen som skal utredes, bør befares av dem som skal utføre beregningene. Omfanget av befaringen bør være tilpasset formålet og kravet til nøyaktighet for beregningene. Før befaringen bør særlig viktige områder og objekter identifiseres ved hjelp av kart, terrengdata, bilder og eventuelt foreløpige resultat fra beregningene. I mange tilfeller kan det være hensiktsmessig å sette opp en foreløpig hydraulisk modell eller beregning basert på tilgjengelig informasjon, før strekningen befares.

På befaringen er følgende moment spesielt viktige:

- kritiske punkt
- bunnsstrat og vegetasjonstyper
- hydraulisk bestemmende snitt
- konstruksjoner og sikringstiltak
- grensebetingelser
- historiske flomvannstander
- vurdering av erosjonsfare, massetransport og fare for tilstopping

Oppmåling og registrering av terreng og konstruksjoner bør foregå ved så lav vannstand som mulig, mens befaring av flomforhold og hydrauliske forhold bør utføres ved så stor vannføring som mulig.

Det må vurderes om potensialet for erosjon og massetransport i vassdraget kan ha betydning for strømmingen. Det finnes eksempler med bilder av ulik grad av [erosjon i friksjonsmasser](#) i Sikringshåndboka (NVE, 2021), og eksempler på [erosjon i kohesive masser](#) finnes i vedlegg i NVE Ekstern rapport 9-2020 (NVE, 2020a).

9.3 Terrengdata

Hvor nøyaktig datagrunnlag som er nødvendig, er blant annet avhengig av modellverktøyet og formålet med modelleringen.

Beregninger med en 1D-modell krever terrengdata i form av tverrprofil som beskriver terrenget på utvalgte steder langs elveløpet. Det er spesielt viktig å velge ut profiler der en har markerte endringer i elveløpet. Ved 2D-modellering er det behov for heldekkende terrengmodell både over og under normalvannstand. I mange tilfeller vil det være nødvendig å kombinere terrengdata fra ulike kilder til å lage en terrengmodell for området som skal modelleres.

Datagrunnlaget bør alltid kontrolleres og vurderes før bruk.

9.3.1 Laserdata og ekkolodd

Laserdata for store deler av landet er tilgjengelig på [Hoydedata.no](https://hoydedata.no) (<https://hoydedata.no/LaserInnsyn2/>). De fleste datasettene er basert på målinger med topografisk laser og har derfor kun terrengdata for tørt land og vannflaten ved laserskanningen. Der det finnes flere ulike sett med laserdata, bør en vurdere hvilket datasett som er mest detaljert og representativt for området en skal modellere. Dekningsgraden langs vassdraget vil variere etter vannstanden på tidspunktet for skanningen. Som hovedregel bør de nyeste laserdataene brukes. I noen tilfeller kan

det være hensiktsmessig å kombinere ulike sett med laserdata og eventuelt fysisk målte data for å få en god terrengmodell for området i og langs elva.

En rekke større vassdrag er kartlagt med multistråleekkolodd og/eller batymetrisk/grønn laser, slik at terrenget under vann også til en viss grad er kartlagt. På strekninger som ikke er kartlagt, der det er gamle data eller data av lav kvalitet, kan det være aktuelt å samle inn nye data.

9.3.2 Supplerende oppmåling

Ved bruk av generelle terrengmodeller vil det i mange tilfeller være behov for å supplere eller oppdatere terrengdataene med oppmålinger. Dette kan for eksempel være mindre bekkeløp og andre terrengformasjoner. Oppmålingen kan i noen tilfeller begrenses til hydraulisk bestemmende snitt og andre objekter som ikke er tilstrekkelig nøyaktig representert i eksisterende terrengdata. Eksempler på dette er smale terrengmurer, terskler, veifyllinger mv. Slike konstruksjoner bør legges inn i terrengmodellen som bruddlinjer.

Supplerende oppmålinger kan for eksempel gjøres ved hjelp av dronebasert fotogrammetri eller laserskanning, GNSS, totalstasjon eller laserinstrumenter. Målinger med ADCP-utstyr eller ekkolodd kan også gi nyttig informasjon.

9.4 Vannføring, grensebetingelser og initialtilstand

Vannføring

Den dimensjonerende vannføringen for strekningen beregnes i henhold til Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b). Avhengig av om det er en stasjonær eller ikke-stasjonær modell, legges vannføringen inn som en konstant verdi eller som et hydrogram.

Der elvestrekningen som kartlegges, inneholder større sideelver, bør det gjøres en analyse for å finne hvilke kombinasjoner av vannføringer som opptrer i elvene. Dette bør gjøres fordi en modellering basert på en antagelse om samtidig kulminasjon i de fleste tilfeller vil gi en for konservativ vannstand i samløpsområdet. En annen grunn er at flommer i ei sideelv kan gi en høyere vannstand i samløpsområdet enn flommer i hovedelva, se nærmere om samløpsproblematikk i Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b).

På lengre elvestrekninger uten større sideelver kan økningen i vannføringen nedover elva fordeles jevnt langs beregningsstrekningen i samsvar med at størrelsen på nedbørfeltet øker nedover elva.

Grensebetingelser

I tillegg til geometriske data og vannføring må en hydraulisk modell ha grensebetingelser. Grensebetingelser er nødvendig for å gi modellen vannstander å starte beregningene fra. Grensebetingelsene bør i så liten grad som mulig påvirke beregningene i området som skal utredes. Derfor bør de ligge i god avstand fra analyseområdet, noe som gjør at modellområdet som oftest blir større enn området som skal utredes.

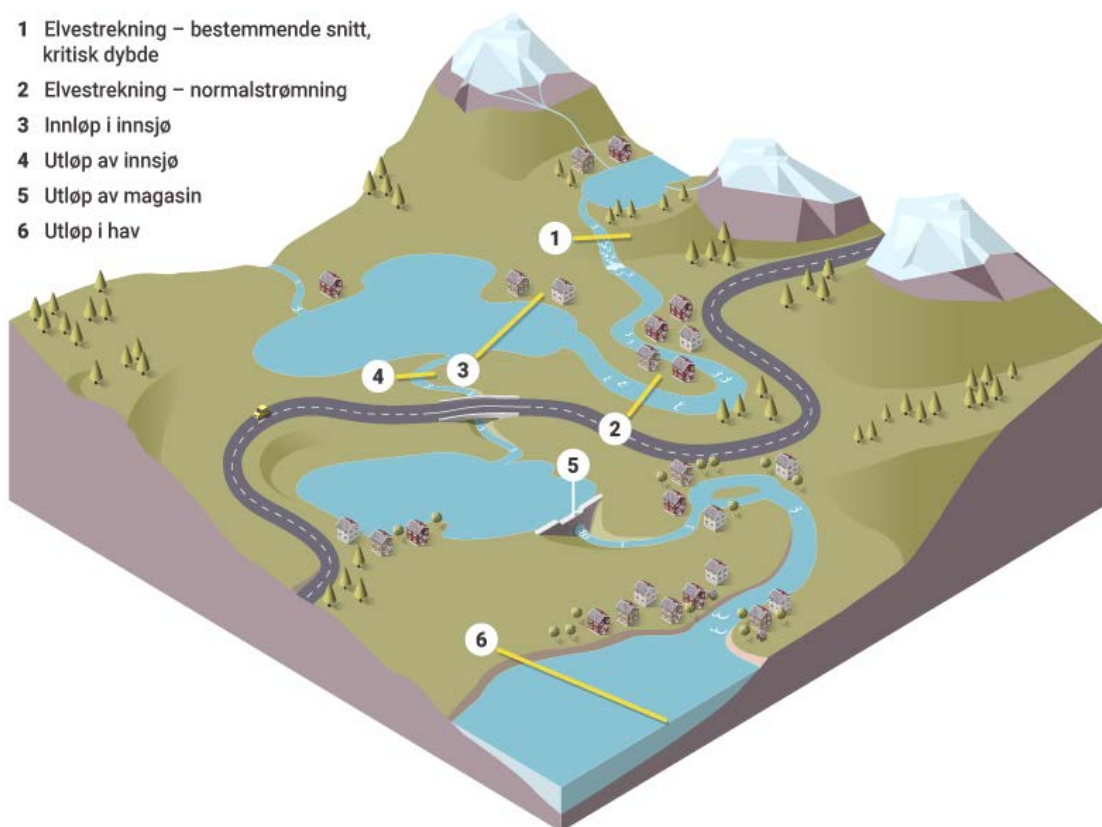
Dersom den hydrauliske modellen ender i havet, en innsjø eller et magasin, kan den nedre grensebetingelsen være vannstanden i henholdsvis havet, innsjøen eller magasinet. Det er viktig å være oppmerksom på at den dimensjonerende vannstanden i havet, innsjøen eller magasinet, stort sett er høyere enn grensebetingelsen som er brukt i beregningen.

Initialtilstand

En ikke-stasjonær modell må i tillegg ha en initialtilstand. Den vanligste metoden er å legge inn vannføringen i oppstrøms ende, og en initialvannstand på eventuelle innsjøer eller magasin. Angivelse av initialvannstanden er spesielt viktig ved ikke-stasjonær modellering av innsjøer og magasin da dette påvirker både dempingen/fordrøyningen og kulminasjonsverdien.

9.4.1 Eksempler

I figur 9-1 er det gitt eksempler på mulig plassering av grensebetingelser ved hydraulisk modellering. En nærmere beskrivelse av de 6 eksemplene finnes under figuren.



Figur 9-1 Eksempler på ulike tverrsnitt i et vassdrag, som er aktuell å bruke som grensebetingelser. Grensebetingelsene er nummerert fra 1 til 6. Illustrasjon: Klipp og Lim AS.

1 Elvestrekning – bestemmende snitt, kritisk dybde

Den aktuelle grensebetingelsen er vannstanden i et bestemmende snitt der strømningen er kritisk, for eksempel terskler, fosser eller stryk.

2 Elvestrekning – normalstrømning

Den aktuelle grensebetingelsen er vannstanden beregnet ut fra normaldybden under antagelsen om normalstrømning. Grensebetingelsen må plasseres så langt nedstrøms at de beregnede vannstandene i utredningsområdet ikke påvirkes vesentlig av grensebetingelsen.

3 Innløp i innsjø eller 4 Utløp av innsjø

Den aktuelle grensebetingelsen er vannstanden i innsjøen. Vannstanden kan enten være konstant eller gitt som en funksjon av vannføringen (en vannføringskurve).

Dersom det er et bestemmende snitt eller strekning ved utløpet av innsjøen (grensebetingelsen merket med 4) kan vannstanden (vannføringskurven) brukes som grensebetingelse. Modellen må da forlenges gjennom innsjøen slik at vannføringen kan rutes gjennom innsjøen.

5 Utløp av magasin

Den aktuelle grensebetingelsen er vannstanden fra kapasitetskurven fra den gjeldende flomberegningen for dammen i utløpet. En slik kapasitetskurve (vannføringskurve) kan også brukes for andre typer hydrauliske konstruksjoner når kurven er kjent og kontrollert. Modellen må da forlenges gjennom magasinet slik at vannføringen kan rutes gjennom magasinet. Dersom modellen ikke dekker hele magasinet, kan en vannstand lik den høyeste regulerte vannstanden (HRV) ofte brukes som grensebetingelse. Ved slik bruk er det viktig å kontrollere at grensebetingelsen ikke påvirker de beregnede vannstandene i utredningsområdet.

6 Utløp i hav

Den aktuelle grensebetingelsen er vannstanden i havet. Vi anbefaler å bruke vannstand ved 1 års stormflo som nedre grensebetingelse. I enkelte tilfeller kan lokale forhold tilsi at en bør benytte et høyere gjentaksintervall for stormflo, for eksempel dersom en har historiske hendelser som viser større samtidighet mellom flom og stormflo.

Ved klimafremskrivning inkluderes klimapåslaget på den nedre grensebetingelsen, det vil si 1 års stormflo med klimafremskrivning til år 2100, se kap. 8.

Vannstander for stormflo og havnivå finnes på [Se havnivå](#) (Kartverket, uten år).

9.5 Konstruksjoner

Det må hentes inn data for alle konstruksjoner som har betydning for vannstanden på den beregnede strekningen. De vanligste konstruksjonstypene i forbindelse med hydrauliske beregninger er bruer og kulverter. Slike konstruksjoner bør alltid befares og måles opp. Dersom det avdekkes at det er fare for tilstopping eller at konstruksjonen ikke fungerer, bør dette tas hensyn til i modelleringen. Eksempler på dette kan være løsmasser som avlagres eller drivgods som setter seg fast i konstruksjonen.

9.5.1 Bruer

For de fleste større bruer finnes det normalt tegninger hos brueierne, for eksempel Statens vegvesen, Bane Nor, kommunen eller fylkeskommunen. Dimensjonene på

brua, som blant annet lysåpning samt lengde og bredde, bør alltid kontrollmåles. Fortrinnsvis bør de måles inn med absolutte høyder. Alle deler av konstruksjonen som har betydning for vannstanden, må legges inn i modellen og tas hensyn til i beregningen. Dette gjelder blant annet toppen og bunnen av brudekket (inklusive eventuelle elementer, rør og kabler under dekket), brukar og pilarer.

I 1D-modeller bør disse modelleres der energitapet beregnes ved hjelp av empiriske verdier. Ved sannsynlig overtopping bør geometrien for brubanen tas med. Rekkverk og autovern bør vurderes for hvert enkelt tilfelle. Hvordan disse elementene skal modelleres, bør vurderes ut fra blant annet tilstopningsfaren, vannhastigheten eller terrengforhold rundt brua. Vurderingene kan baseres på erfaringer fra tidligere hendelser.

Ved bruk av 1D-modeller bør en projisere brukonstruksjonen slik at den blir vinkelrett på elveløpet, selv om brua ikke krysser elveløpet vinkelrett. Ved bruer, der det er uryddige strømningsforhold, bør en vurdere å bruke ineffektivt areal og singulære energitap i modelleringen.

I 2D-modeller må størrelsen av beregningselementene tilpasses, slik at kompleks elve- og brugeometri (pilarer, brukar mv.) modelleres med tilstrekkelig nøyaktighet.

9.5.2 Kulverter

Alle kulverter i elveløpet bør inkluderes i den hydrauliske modellen. Dersom geometrien til kulverten ikke er kjent, bør den måles opp. Tilstanden til kulverten med tanke på tilstopping bør kontrolleres på befaring. Kulverter med kompleks geometri som ved samløp, endringer i tverrsnitt og/eller retningsendringer m.m. må modelleres med et egnet modelleringsverktøy.

Dersom lukkede vassdrag eller kulverter har for lav kapasitet, må flomveiene kartlegges.

9.5.3 Flomvoller

Flomvoller som er prosjektert og bygd som tette konstruksjoner, kan behandles som tette for vannføringene de er dimensjonert for. Tilsvarende kan det forutsettes at flomvoller som ikke overtoppes, beholder formen og ikke går til brudd ved flom. For flomvoller som overtoppes, bør det gjøres egne vurderinger.

Der en ikke har kjennskap til oppbygningen av flomvollen, må en dokumentere vurderingene en gjør. Dersom det er usikkerhet knyttet til flomvollens funksjon og høyde på tetning, må dette avklares og dokumenteres. Konsekvensene av overtopping eller brudd i flomvoller kan være alvorlige med rask flomstigning med sterk strøm, store vannmengder og dybder bak flomvollen.

9.5.4 Fyllinger, ledevoller og murer

Jernbanefyllinger er i mange tilfeller bygd med drenerende masser og vil normalt ikke være vanntette i flomsituasjoner. Veifyllinger har større variasjon i oppbygging og er generelt mindre permeable. For flomfareutredninger kan det legges til grunn at lave, brede fyllinger er vanntette for flomhendelser med kort varighet.

Ledevoller er konstruert for å styre vannstrømmen og redusere vannhastigheten. Slike voller er som regel konstruert uten tetning og bør derfor ikke modelleres som vanntette i beregningene. Det samme gjelder for mindre fyllinger og murer, som ofte er for unøyaktig representert i laserdata. Slike konstruksjoner bør derfor alltid måles opp for å kunne modelleres korrekt.

Selv om konstruksjonen ikke er ment å være vanntett, vil den ofte kunne antas å være tett for korte flomvarigheter. Dette gjelder for eksempel for mange murer av betong. For flommer med lengre varigheter bør konstruksjonens funksjon vurderes spesielt. Forutsetningene som legges til grunn i beregningene, skal alltid dokumenteres.

Dersom overtoppingen fører til at store flomsletter settes under vann, kan det også være aktuelt å benytte en ikke-stasjonær modell for å beregne en eventuell magasinerings effekt av vannet på flomslettene.

9.5.5 Bygninger

Bygninger som kan ha påvirkning på vannstanden, bør som hovedregel modelleres som en tett konstruksjon i en 2D-modell. Med tilstrekkelig nøyaktighet på modellelementene vil det da være mulig å beregne lokale strømninger rundt de enkelte bygningene. For store åpne bygg (overbygg, lager m.m.) og bygg på påler kan det være aktuelt å modellere dem som åpne eller delvis åpne.

9.5.6 Dammer og kraftverk

I regulerte vassdrag bør flomberegningen samsvare med verdiene beregnet etter veilederen Flomberegninger for dammer (NVE, 2022c). For flommer med gjentakintervall mindre enn 500 år, bør manøvreringsreglementet i vassdraget i størst mulig grad følges.

For modellering av kraftverk bør en undersøke hva som er den mest sannsynlige driften ved flom, og bruke denne i beregningene. Informasjon om drift av kraftverket kan innhentes fra kraftverkseieren. Den hydrauliske beregningen kan eventuelt gjennomføres både med og uten driftsvannføring i kraftverket.

Dersom en har en dam og kapasitetskurven fra flomberegningen for denne, bør kapasitetskurven brukes direkte i den hydrauliske modellen som en intern grensebetingelse. Alternativt må en legge inn dammens geometri med overløp, tappeluker osv. i den hydrauliske modellen.

9.5.7 Strømningshindringer

Strømningshindringer i form av flytebrygger, elvegress, oppgangshindringer for fisk og andre typer konstruksjoner lar seg i større eller mindre grad modellere. Dersom slike hindringer påvirker strømmingen på den modellerte strekningen, bør det beskrives hvordan dette er tatt hensyn til.

9.6 Modellering av elver med stor massetransport

Det finnes i dag ingen standardiserte metoder for å kartlegge flommer med særskilt stor masseføring. Dette gjelder situasjoner der vannmassene i ei elv er inhomogene på grunn av et stort innhold av løsmasser, slik at antagelsene som ligger til grunn for ligningene som er benyttet ved den hydrauliske modelleringen, ikke er oppfylt.

Utredning og farekartlegging av vassdrag med særlig stor masseføring krever kunnskap om både hydrauliske og geomorfologiske prosesser. En slik integrert kartlegging vil kreve et samarbeid der både kompetanse innen skred og vassdragshydraulikk inngår. Viser vurderingen at flomskred er en aktuell prosess, må dette utredes i henhold til veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng (NVE, 2020b).

En kartlegging av erosjonsfaren bør baseres på hydrauliske beregninger av skjærspenning, vannstand og vannhastighet for de aktuelle flomstørrelsene. Resultatet av beregningene må sees i sammenheng med synlig erosjon og informasjon om løsmasser i og langs vassdraget. Dette vil være en del av grunnlaget for å vurdere potensialet for erosjon ved fremtidige flomhendelser, også der det ikke er synlig erosjon.

Effekter av bunnendring og eventuelle tiltak kan tas hensyn til og analyseres ved å justere elvebunnen i en hydraulisk modell. Hydrauliske modeller med sedimentmodul, kan også brukes til å vurdere erosjon og massetransport i ei elv.

9.7 Ruting gjennom innsjø eller reguleringsmagasin

Hvis beregningsstrekningen fortsetter gjennom en innsjø eller et magasin med vesentlig volum i forhold til flommen, bør flommen rutes gjennom. Det kan i de fleste tilfeller være nok med hydrologisk ruting. Det kan imidlertid være hydrauliske forhold som gjør det nødvendig med hydraulisk ruting, for eksempel ved trange sund i vannet/magasinet eller dersom vannet/magasinet er langt og smalt.

For et reguleringsmagasin skal initialvannstanden være lik den høyeste regulerte vannstanden (HRV), og lukene skal reguleres i henhold til manøvreringsreglementet. Kapasitetskurven bør brukes som indre grensebetingelse for overløpet siden den ofte er godt gjennomarbeidet. Dersom denne ikke finnes, kan i stedet overløpsgeometrien legges inn i modellen.

For en naturlig innsjø eller et naturlig vann skal initialvannstanden være lik vannstanden ved middelvannføring. Utløpet bør måles opp og brukes som et tverrprofil i modellen.

Beregning av tilløpsflommen er beskrevet i Veileder for flomberegninger (NVE, 2022b).

9.8 Ruhetsverdier

I 1D- og 2D-modeller benyttes ruhetsverdier, ofte uttrykt ved ulike verdier for Mannings-koeffisienten, som en modellparameter for å beregne falltap. Eksempler på slike tap kan være turbulens, retningsendringer, singulærtap, luftinnblanding m.m. Størrelsen på parameterverdien er blant annet avhengig av modellverktøyet og ligningssettet som benyttes i modellen. Generelt trenger 1D-modeller høyere ruhetsverdier enn 2D-modeller fordi 2D-modeller beregner noe falltap direkte i beregningsnett. Andelen av falltapene som beregnes i beregningsnett i en 2D-modell, er imidlertid avhengig av oppløsningen. For noen 3D-modeller beregnes falltapene direkte i geometrien. Ruhetsverdiene i modellen bør derfor tilpasses erfaringsverdier for det aktuelle modellverktøyet.

Hvor store falltap det er langs et vassdrag, er også avhengig av årstiden, arealbruken på flomslettene og typene masser i elva. Tilsvarende vil endret arealbruk kunne medføre at falltapene på flomslettene endrer seg over tid. I et vassdrag vil en på høsten etter løvfall ha lavere falltap enn midtsommers når det er tett vegetasjon med mye bladverk.

Anbefalinger i brukermanualene til modellverktøyene, erfaringsverdier og vurdering av falltap i elva ved befaring bør legges til grunn når en fastsetter ruhetsverdiene i modellen. Dersom modellen kalibreres, fastsettes ruhetsverdiene i henhold til kap. 9.9.

9.9 Kalibrering og kalibreringsdata

Ved utredning av flomfare, anbefales det å kalibrere modellen. Ved kalibrering justeres parametrene (primært ruheten) i modellen slik at den beregnede vannstanden blir mest mulig lik den observerte. For å kalibrere en modell er en avhengig av at det finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring. Dette kan være måling av vannstander direkte på vannkanten under en flomhendelse, der man har samtidige vannføringsmålinger eller data fra nærliggende målestasjoner med pålitelig vannføringskurve.

Kalibreringspunkt bør helst være plassert jevnt fordelt på den modellerte strekningen og slik at de fanger opp vesentlige knekk i vannlinjen. Ofte kan det finnes kalibreringspunkt kun på en liten del av strekningen som utredes. I slike tilfeller blir kalibreringen mer usikker jo lengre bort fra punktene en kommer. Dette må tas med i vurderingen ved klassifisering av modellen i kap. 10.1.

I etterkant av en flomhendelse kan kulminasjonsvannstander måles på ulike spor i terreng og på bygninger eller ved andre manuelle registreringer av vannstanden. I slike tilfeller er registreringen av vannstanden ofte usikker fordi terrengsporene kan være vesentlig påvirket av bølger, vegetasjon som «flyter» eller bøyes av vannstrømmen, eller andre lokale forhold. Kjennskap til kulminasjonsvannføringen er en forutsetning for at slike punkt kan brukes til kalibrering.



Figur 9-2 Eksempel på en gunstig lokalitet for å registrere vannstand (den røde stiplede linjen) til kalibreringsformål. Bildet er tatt 17. september 2015 av flom i Nidelva i Arendal kommune. Foto: NVE.

Figur 9-2 viser et eksempel på en gunstig lokalitet for å registrere vannstand. Dette viser en entydig vannstand ut fra tydelige terrengspor, fra en sannsynlig kulminasjonsvannstand. Figur 9-3 viser eksempel på spor i terrenget etter en flom. Dette kan skyldes bølgepåvirkning og/eller at vannstanden synker. Bildet viser også at den registrerte vannstanden ved vannkanten ikke nødvendigvis er representativ for hele elvetverrsnittet. Eksemplet i figur 9-4 viser en lokalitet der urolig vannstand gjør registrering vanskelig og dermed lite egnet for å gjøre en god kalibrering av en modell.



Figur 9-3 Eksempel på terrengspor (den røde stiplede linjen) fra urolig vannstand. Vannstandsregistreringen må brukes med forsiktighet til kalibreringsformål. Bildet er tatt under flommen i 2011 i Driva i Sunndal kommune. Foto: NVE.



Figur 9-4 Eksempel på vannstander som er lite egnet til å gjøre en god kalibrering. Bildet viser Opo i Odda kommune under flommen i oktober 2014. Foto: NVE.

Kvaliteten på kalibreringen er avhengig av de lokale hydrauliske forholdene og av nøyaktigheten på den målte vannstanden og vannføringen.

I tilfeller der det ikke finnes samtidige målinger av vannstand og vannføring, kan det være verdifullt å måle opp vannlinjen og estimere samtidig vannføring. Dette kan gi grunnlag for å tilpasse en hydraulisk modell. Det vil ikke tilsvare en kalibrering, men gir ved fornuftig bruk mye mer informasjon enn ingen observasjoner overhodet. Slike estimater bør foretas med utgangspunkt i en eller flere lokale elvestrekninger med ryddige strømningsforhold. Estimater for flere lokale delstrekninger vil bidra til bedre nøyaktighet for vannføringsestimatet på strekningen. En hydraulisk modell betegnes som tilpasset når den tilpasses en estimert vannføring.

For elver der modellen er kalibrert, bør avviket i hovedsak være mindre enn 10–30 cm, og for elver som er tilpasset bør det være mindre enn 30 cm. Enkelte målinger kan ha større avvik.

En bør alltid tilstrebe å kalibrere eller tilpasse den hydrauliske modellen mot så store flommer som mulig. I tillegg bør det alltid foretas en kontroll mot middelvannføring og tilhørende normalvannstand.

9.10 Følsomhetsanalyse

En følsomhetsanalyse av den hydrauliske modellen utgjør en del av grunnlaget for valget av sikkerhetspåslaget. Analysen utføres for å vurdere hvor robuste de hydrauliske beregningene er for endringer av ulike parametre. Den bør som et minimum omfatte følsomheten for endringer i vannføring og ruhet. For den modellerte strekningen, bør økningen i vannføring være anslagsvis 20 %, og endringen i ruhet bør være mellom 15 og 20 %, avhengig av forholdene beskrevet i kap. 9.8. Der det er relevant, bør det også utføres følsomhetsanalyser av for eksempel

grensebetingelser, endring av geometri som følge av massetransport eller detaljeringsgrad for beregningsnettene ved 2D-modellering.

Vurdering av følsomheten baseres på gjennomsnittlig endring i beregnet vannstand for strekningen. En følsomhetsanalyse bør utføres separat for hver parameter som endres.

10 Sikkerhetspåslag

Det vil alltid være usikkerheter knyttet til både flomberegninger og hydrauliske beregninger. Til praktisk bruk, for eksempel i forbindelse med arealplansaker og byggesaker, tar en hensyn til dette ved å legge på en ekstra høyde på de beregnede vannstandene.

Sikkerhetspåslaget kan uttrykkes på flere måter. I tidligere flomsonekartlegginger utført av NVE ble det estimert en ekstra høyde som ble lagt direkte på den beregnede vannstanden. I denne veilederen er det anbefalt å gå veien om et prosentvis påslag på vannføringen som via en hydraulisk modell gjøres om til en ekstra høyde, kalt sikkerhetspåslag som skal legges på den beregnede vannstanden. Da får en inkludert de hydrauliske effektene av elvas varierende geometri.

Denne ekstra høyden kan en finne ved å beregne vannstanden både med og uten det prosentvise påslaget på vannføringen. Differansen mellom disse høydene utgjør sikkerhetspåslaget.

Kvaliteten på flomberegningen og den hydrauliske modellen vurderes ved hjelp av en klassifisering av beregningene i henhold til en rekke kriterier. Den valgte klassen for henholdsvis flomberegning og hydraulisk beregning gir grunnlaget for valget av det prosentvise påslaget på vannføringen.

10.1 Klassifisering av hydraulisk modell

Klassifiseringen av den hydrauliske modellen bestemmes ut fra en vurdering av kvaliteten av modellen.

Det beste grunnlaget for å vurdere kvaliteten på den hydrauliske modellen er hvor godt den er tilpasset pålitelige kalibreringsdata. Kalibreringen utføres i henhold til kap. 9.9, og resultatet brukes til å plassere modellen i enten klasse A, B eller C i tabell 10-1.

Modellen vurderes som ikke kalibrert dersom det gjennomsnittlige avviket er større enn 30 cm.

Dersom det ikke finnes kalibreringsdata, brukes resultatet fra følsomhetsanalysen til å plassere modellen i klasse D eller E i tabell 10-1.

Tabell 10-1 Klassifisering av hydraulisk modell.

Klasse	Klassifiseringskriterier
A	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mindre enn 10 cm.
B	Modellen er kalibrert for en vannføring tilsvarende en 20-årsflom eller større, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak mellom 10 og 30 cm.
C	Modellen er kalibrert for en vannføring som er mindre enn en 20-årsflom, og avviket mellom de beregnede og observerte vannstandene er i hovedsak inntil 30 cm.
D	Modellen er tilpasset mot en målt vannlinje, og følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er tilnærmet 30 cm eller lavere.
E	Følsomhetsanalysen viser at endringer i vannstanden er større enn 30 cm. Eventuelt er modellen ikke tilpasset mot en målt vannlinje.

Modellen kan justeres en klasse opp eller ned basert på en skjønnsmessig vurdering av:

- kvaliteten på datagrunnlaget for modellgeometrien: terrengdata, konstruksjoner m.m.
- egnetheten til den hydrauliske modellen
- potensialet for geometriendring og massetransport i vassdraget
- forskjellen mellom den flommen som modellen er kalibrerte mot og den flommen som skal utredes
- om plasseringen av observasjoner/målinger som er brukt i kalibreringen, er fordelt og innenfor analyseområdet, eller om de ligger så nær analyseområdet som mulig hvis de ligger utenfor

10.2 Klassifisering av flomberegning

I tabell 9 i veilederen for flomberegninger (NVE, 2022b) er det beskrevet hvordan en flomberegning skal klassifiseres. En kopi av tabell 9 er gjengitt nedenfor som tabell 10-2 og brukes til å klassifisere flomberegninger i forbindelse med beregning av sikkerhetspåslag i flomfareutredninger.

Tabell 10-2 Klassifisering av flomberegningen.

Klasse	Klassifiseringskriterier
1	Godt hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i vassdraget.
2	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget.
3	Brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.
4	Begrenset hydrologisk datagrunnlag.
5	Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området.

10.3 Anbefalt sikkerhetspåslag

Valg av anbefalt sikkerhetspåslag er en skjønnsmessig vurdering som må foretas av den fagkyndige som utfører utredningen.

Sikkerhetspåslag legges på alle flomvannstander som ligger til grunn for reguleringsplaner og byggesaker. Dette gjelder også flomvannstander der det er tatt hensyn til forventede klimaendringer. Det vil si at det anbefalte sikkerhetspåslaget også skal legges på vannstander som inkluderer klimapåslag.

For å komme frem til et anbefalt sikkerhetspåslag som skal legges på de beregnede vannstandene, kan en bruke en fremgangsmåte med tre trinn:

- Bestem et prosentvis påslag på vannføringen ved å bruke tabell 10-3. Dette prosentvise påslaget er basert på en kombinasjon av klassifiseringene av den hydrauliske modellen i tabell 10-1 og flomberegninger i tabell 10-2.
- Beregn størrelsen på sikkerhetspåslaget. Dette gjøres ved å legge på det prosentvise påslaget på vannføringen og ved hjelp av den hydrauliske modellen beregne vannstanden både med og uten påslag i vannføringen. Differansen mellom de to beregnede vannstandene utgjør det beregnede sikkerhetspåslaget.
- Det beregnede sikkerhetspåslaget er grunnlaget for å bestemme den ekstra høyden, det vil si endelige anbefalte sikkerhetspåslag som skal legges på flomvannstandene. Et eksempel på beregning og valg av anbefalt sikkerhetspåslag er vist i vedlegg 3.

Bruk av tabell 10-3 forutsetter at flomberegningen og de hydrauliske beregningene er gjennomført etter best mulig faglig skjønn. I beregningene skal det derfor ikke være foretatt konservative parametervalg eller andre påslag for å ta hensyn til forskjellige usikkerheter. Dersom det likevel er gjort konservative antagelser i flomberegningen, bør en vurdere å ta hensyn til dette ved det endelige valget av sikkerhetspåslaget.

Tabell 10-3 Grunnlag for å beregne et sikkerhetspåslag som inkluderes som et prosentvis påslag på vannføringen.

Prosentvis påslag på vannføringen

Klassifisering av hydraulisk modell, tabell 10-1	Klasse E	40 %	45 %	50 %	60 %
	Klasse D	20 %	30 %	40 %	50 %
	Klasse C	15 %	20 %	30 %	40 %
	Klasse B	10 %	15 %	20 %	30 %
	Klasse A	5 %	10 %	15 %	25 %
		Klasse 1	Klasse 2	Klasse 3	Klasse 4 og 5

Klassifisering av flomberegning, tabell 10-2

For elver der massetransport kan påvirke vannstanden og elvestrømningen, bør sikkerhetspåslaget vurderes spesielt, for eksempel ved bruk av energihøyde.

Basert på en totalvurdering bør det anbefalte sikkerhetspåslaget i de fleste tilfeller være mellom 10 og 100 cm.

11 Vurdering av andre farer i vassdraget

11.1 Tilstopping, vann på avveie og erosjon

I vassdrag kan det finnes kritiske punkt der det ved flom kan være fare for tilstopping og redusert hydraulisk kapasitet. Dette kan føre til at elva finner nytt løp utenfor det normale elveleiet og en får vann på avveie.

Ved slike kritiske punkt bør konsekvensen av tilstopping vurderes. Dette kan gjøres ved å tilpasse den hydrauliske modellen og kjøre beregninger for ulike scenario med tilstopping. Detaljerte terrengdata i GIS-analyser som avdekker alternative flomveier ved tilstopping kan også brukes. Råd og tips om blant annet kartlegging av kritiske punkt i bekker finnes i NVE Retningslinjer 3/2015 (NVE, 2015). De samme prinsippene kan også brukes for kritiske punkt i vassdrag.

Faren for fremtidig erosjon og konsekvensene av dette må vurderes med tanke på at det kan oppstå fare dersom erosjonen fortsetter. Historiske flomhendelser kan ofte fortelle om det har vært utfordringer med erosjon i vassdraget tidligere.

Tilsvarende må større løsmassekilder i hovedelva og i nærliggende sideelver vurderes med tanke på fare for erosjon i foten og mulig utrasing av skråningen.

Løsmasser som blir transportert og avsatt på ellevifter, kan også føre til at elva tar nye løp på ellevifta. Når flomfaren i vassdrag med slike ellevifter utredes, må det vurderes om eventuelle gamle elveløp er gjenbygd, eller om de nåværende elveløpene har stor nok kapasitet for den aktuelle flommen. Samtidig må det vurderes om det finnes eroderbare masser i overgangen mellom elva og ellevifta. Dette kan i så fall føre til fare for at elva tar nye løp.

11.2 Isganger og isdammer

I elver der isganger og isdammer ofte skaper problem for mennesker og infrastruktur, bør en vurdering av dette inkluderes i utredningen. Dersom vannet tar et nytt løp utenfor elveløpet, kan dette føre til store skader. I vassdrag der en har erfaring fra tidligere hendelser knyttet til isproblematikk, anbefales det at effekten av tilstopping på grunn av for eksempel ispropp kartlegges.

Det er svært sjeldent at vannstandsstigning på grunn av tilstopping fra is overstiger vannstander høyere enn en 200-årsflom.



Figur 11-1 Isgang i Stjørdalselva i februar 2021. Isen stopper opp ved Hegra bru i Stjørdal kommune, og fører til oppdemming og oversvømmelse oppstrøms. Foto: NVE.

11.3 Oversvømmelse på grunn av oppdemning fra skred

Et vassdrag kan demmes opp på grunn av skred som når ned til elva. Skredmassene kan helt eller delvis tilstoppe elveløpet og dette kan forårsake en vannstandsstigning oppstrøms. Hastigheten og størrelsen på vannstandsstigningen vil være bestemt av vannføring, skredmassenes egenskaper og skredets omfang.

12 Kvalitetssikring

I dette kapitlet finner du spesifiserte krav til kvalitetssikring. Dette skal sikre tilstrekkelig faglig kvalitet på utredninger av flomfare i forbindelse med blant annet arealplanlegging og byggesaker. Omfanget av kvalitetssikringen må tilpasses den konkrete utredningen og foretaket som gjennomfører utredningen.

12.1 Plansaker

For plansaker finnes det i dag ikke tilsvarende krav om ansvarsrett som ved byggesak. Byggesaksmyndighetene kan imidlertid kreve kontroll av utredningene når de kommer til byggesaker med hjemmel i byggesaksforskriften (SAK 10) § 14-3. Dersom det oppdages feil under byggesaken, kan dette ha store konsekvenser fordi det skjer på et sent tidspunkt i prosessen. Vi anbefaler derfor at det utføres en intern kvalitetssikring av alle utredningene i henhold til interne rutiner i foretaket som utfører disse, før de blir brukt i byggesaker.

For reguleringsplaner og andre utredninger som er komplekse og/eller har store konsekvenser for liv, helse og materielle verdier, anbefaler vi at det i tillegg utføres en uavhengig kvalitetssikring.

Kommunen bør ikke godkjenne faresoner og andre utredninger som ikke er kvalitetssikret i samsvar med denne veilederen.

12.1.1 Intern kvalitetssikring

For utredninger som utføres i henhold til denne veilederen, skal det dokumenteres at en intern kvalitetssikring er gjennomført i samsvar med foretakets rutiner. Dokumentasjonen skal sikre at alle relevante problemstillinger er håndtert. Generelt anbefaler vi en trinnvis gjennomføring av kvalitetssikring i prosjektet, som vist i figur 12-1.



Figur 12-1 Flytdiagram som viser trinnvis kvalitetssikring for en flomfareutredning.

For hvert av de ulike trinnene i kvalitetssikringen er det i tabell 12-1 listet opp moment som minimum bør kontrolleres.

Tabell 12-1 Moment som minimum bør kontrolleres ved en kvalitetssikring. Listen er ikke uttømmende.

Trinn	Moment som bør kontrolleres
Oppgaveløsning	Grunnlagsdata, forutsetninger og modellverktøy.
Flomberegning	Forutsetninger, valgte beregningsmetoder, representativitet for de valgte målestasjonene (vannføring og/eller nedbør), kvalitet på måledataene ¹ og dataseriene ² , valgt spesifikk middelflom og momentanfaktor samt samsvar med erfaringsverdier.
Hydraulisk beregning	Om modellverktøyet er egnet, kontroll av nøyaktighet/egnethet og samsvar med kalibreringsdata, om valgte falltap og ruhetsverdier er realistiske, valgt ligningssett i modellene, modellgeometri, kvalitet på terengdataene og oppmålte konstruksjoner m.m. Kontroll av anbefalte sikkerhetspåslag.
Flomsone	Kontroll av utstrekningen til faresonene, lesbarheten og vurderingene som ligger til grunn.

¹ Godt vannmerke med god vannføringskurve på flom.

² Mange år med sammenhengende data.

12.1.2 Uavhengig kvalitetssikring

Vi anbefaler en uavhengig kvalitetssikring av utredninger med særlig stor kompleksitet og/eller store konsekvenser. Omfanget av kvalitetssikringen vil avhenge av prosjektets størrelse og kompleksitet.

Det er oppdragsgiveren for flomfareutredningen som har ansvar for å engasjere et uavhengig foretak for kvalitetssikringen.

Foretak som gjennomfører uavhengig kvalitetssikring, skal ikke gjennomføre en ny, egen utredning, men være uavhengige rådgivere for oppdragsgiveren for flomfareutredningen. Dette skal sikre at utredningen har tilstrekkelig kvalitet. Den som utfører utredningen, har ansvar for å følge opp innspill fra den uavhengige kvalitetssikringen og står ansvarlig for det endelige produktet. Alle leveranser skal være kvalitetssikret internt før de oversendes til uavhengig kvalitetssikring.

Notatet/rapporten fra den uavhengige kvalitetssikringen skal alltid legges ved den endelige flomfareutredningen når den leveres til oppdragsgiveren.

12.2 Byggesaker

Krav om ansvarsrett ved byggesøknader for prosjektering, utførelse og kontroll er gitt i pbl og SAK 10. For byggesak er hovedregelen i pbl at søknadspliktige tiltak skal være ansvarsbelagt, jf. pbl § 20-3. Ved å legge ansvaret på alle delene av en byggesak kan kommunen sikre faglig kontroll av disse.

12.2.1 Kontroll med eget arbeid

Alle foretak skal utføre kontroll med eget arbeid (internt i eget firma) i samsvar med foretakets rutiner og slik at kravene i plan- og bygningslovgivningen blir oppfylt. Vi anbefaler som et minimum at punktene nevnt i tabell 12-1 inngår i en slik kontroll.

12.2.2 Uavhengig kontroll

Det er krav om uavhengig kontroll av obligatoriske fagområder for prosjekter som er ansvarsbelagt, jf. SAK 10 § 14-2. I byggesaker kan kommunen også pålegge kontroll med hjemmel i SAK 10 § 14-3 utover de obligatoriske kontrollkravene i § 14-2. Vi anbefaler som et minimum at punktene nevnt i tabell 12-1 inngår i en uavhengig kontroll.

13 Dokumentasjon

Alle utredninger av flomfare skal dokumenteres. Omfanget av dokumentasjonen avhenger av utredningens kompleksitet og formål. Det er viktig at konklusjoner og resultater kommer tydelig frem i dokumentasjonen, og at den inneholder tilstrekkelig informasjon til at vurderingene og resultatene kan etterprøves.

13.1 Fremstilling av resultat

Flomsone med tilhørende flomvannstander er hovedresultat for de fleste flomfareutredninger. I en del tilfeller er vannhastighet og vanndybder også viktige resultat. Modellvalg og beregningsmetode er til en viss grad bestemmende for hvordan resultatene kan fremstilles.

13.1.1 Analyseområde

Analyseområdet angir hvilke områder som er inkludert i flomfareutredningen. Det må gå frem om sideelver er inkludert i utredningen.

13.1.2 Flomsone

En flomsone skal vise den oversvømmelsen som er størst av flom i elva, innsjøen eller magasinet. I områder der flere elver har samløp, eller der ei elv renner ut i en innsjø eller et magasin, skal det beregnes flomvannstander i både elv, innsjø og magasin. Flomsone for slike områder bestemmes da ut fra de høyeste beregnede vannstandene. Hvilke gjentaksintervall som skal kombineres, må vurderes i hvert enkelt tilfelle. I de fleste tilfeller vil samtidig kulminasjon være en for konservativ antagelse. Flomsonen skal også vise hvor vannet renner dersom for eksempel ei bru eller et kritisk punkt har for lav kapasitet.

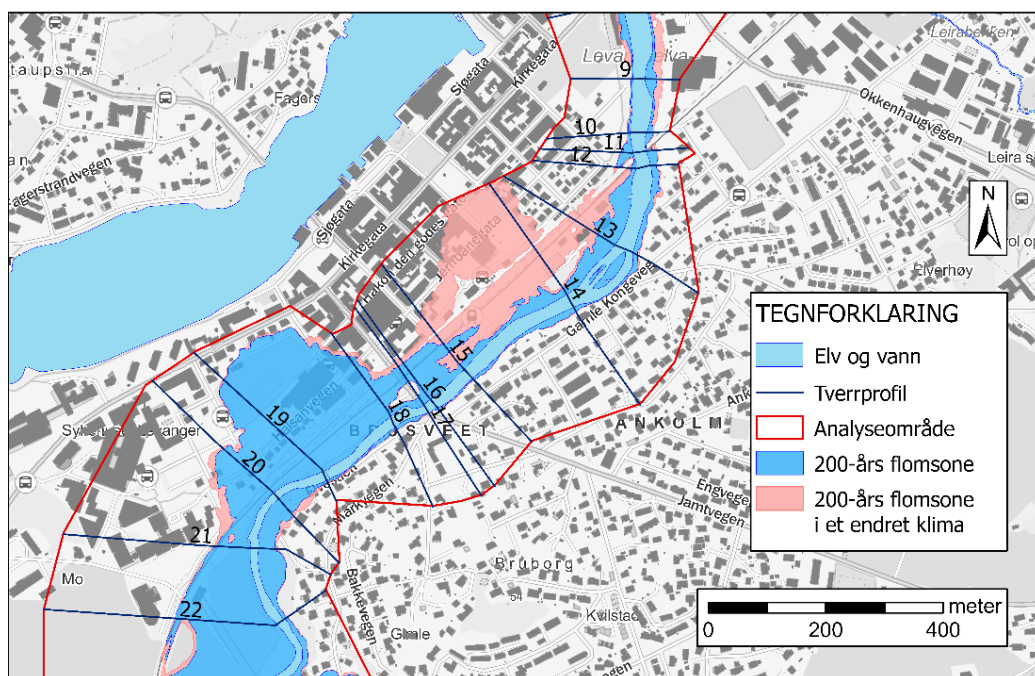
Flomsonen bør fremstilles ved terrenganalyse i dedikert GIS-programvare. I mange tilfeller kan dette gjøres direkte i det hydrauliske modelleringsverktøyet. Flomsone fra 1D-modeller er basert på interpolasjon av vannstander beregnet for tverrprofilene. Flomsone fra 2D-modeller er basert på interpolasjon av vannstander beregnet for cellene i beregningsnettet. Fremgangsmåten skal dokumenteres, og resultatene skal være etterprøvbare.

Nøyaktigheten i terrengdataene tilsier normalt at det ikke er grunnlag for å vise områder der vanndybden er mindre enn 5 cm, og at slike områder derfor ikke bør

inngå i flomsone. Små vandndyp alene eller i kombinasjon med lave vannhastigheter utgjør normalt et neglisjerbart skadepotensial. I noen tilfeller vil bare noen få cm vandndybde likevel kunne være kritisk. Dette gjelder for eksempel overtopping av en flomvoll eller en veifylling der store mengder vann kan komme på avveie. Det samme gjelder ofte når vannet renner langs veier eller stier. Slike områder må derfor også inkluderes i flomsone. For god lesbarhet må avgrensningen av flomflatene justeres, for eksempel ved overlappende eller skjærende flater. Forsiktig glatting kan også være aktuelt, men det må gjøres ved en avveining mellom god lesbarhet og tilstrekkelig nøyaktighet.

Figur 13-1 viser eksempel på en presentasjon av et flomsonekart som også inkluderer klimapåslag. Figur 13-2 viser eksempel på en presentasjon av et flomsonekart som viser vandndybder i flomsone.

I noen tilfeller, for eksempel der det gjøres forenklete og konservative vurderinger, er det ikke alltid nødvendig å presentere resultatene som en flomsone. Likevel må det klart gå frem hvilke vannstander som er beregnet, og hvilke områder som er vurdert.



Figur 13-1 Eksempel på en presentasjon av et flomsonekart for en 200-årsflom, der også flomsone for 200-årsflom i et endret klima er vist.

13.1.3 Flomvannstand fra 1D hydraulisk modell

Flomvannstander som er beregnet med en 1D-modell, presenteres i tabell. I tabellen presenteres vannstander for alle gjentakintervall i nummererte tverrprofil, som vist i tabell 13-1. De anbefalte sikkerhetspåslagene som skal legges på de beregnede flomvannstandene presenteres også i tabellen.

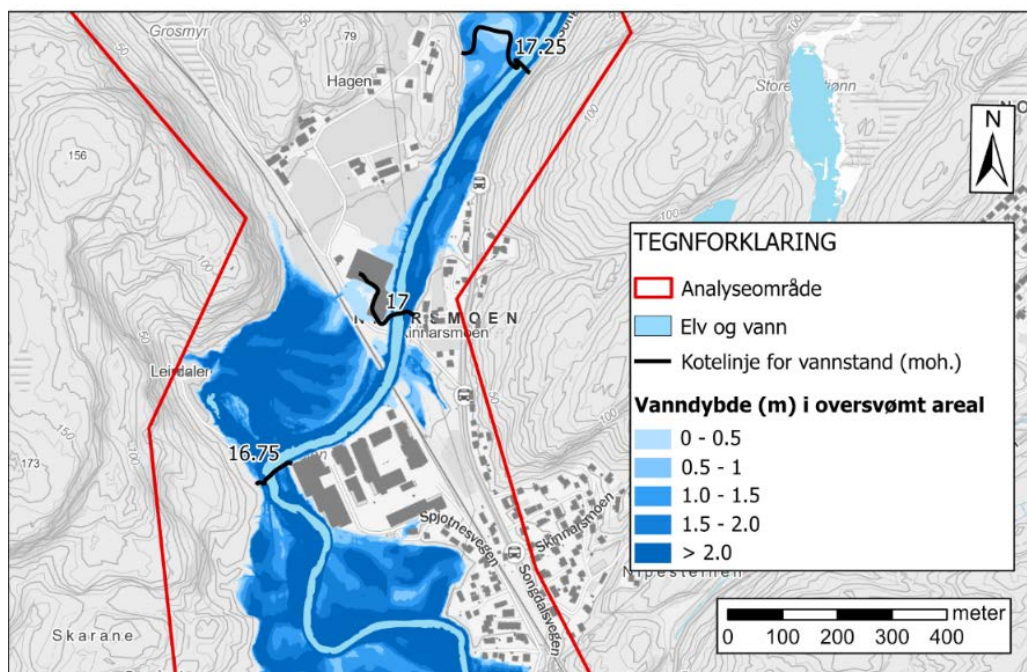
På flomsonekartene presenteres de nummererte tverrprofilene som angir plasseringen av de beregnede flomvannstandene, som flomsonekartet i figur 13-1 viser. Vannstandstabellen kan også presenteres på flomsonekartene.

Tabell 13-1 Eksempel på vannstandstabell som viser beregnede flomvannstander og hvilket sikkerhetspåslag som er anbefalt å legge på alle beregnede flomvannstander.

Tverrprofil nr.	Anbefalt sikkerhetspåslag (m)	20-årsflom (moh.)	200-årsflom (moh.)	200-årsflom inkl. klimapåslag (moh.)	1000-årsflom (moh.)
1	0,2	96,4	96,5	96,6	96,5
2	0,2	96,7	97,1	97,6	97,5
3	0,2	97,3	97,8	98,2	98,1
4	0,2	97,6	98,0	98,5	98,4
5	0,3	98,0	98,5	98,9	98,8
6	0,3	98,3	98,7	99,2	99,1
7	0,3	98,5	98,9	99,8	99,2
8	0,3	98,7	99,1	99,5	99,4
9	0,3	99,0	99,4	99,7	99,6
10	0,3	99,4	99,8	100,1	100,0

13.1.4 Flomvannstand fra 2D hydraulisk beregning

Flomvannstander som er beregnet med en 2D-modell, presenteres som kotelinjer på flomsonekartene, som vist i figur 13-2.



Figur 13-2 Eksempel på en presentasjon av et flomsonekart som viser vanndybder i flomsonen. Flomvannstander er vist som kotelinjer.

Kotelinjene presenteres gjerne med en ekvidistanse på 0,5 m. En mindre eller større ekvidistanse må vurderes når dette kan bedre lesbarheten. Kotelinjene skal ikke skjære eller overlappe hverandre.

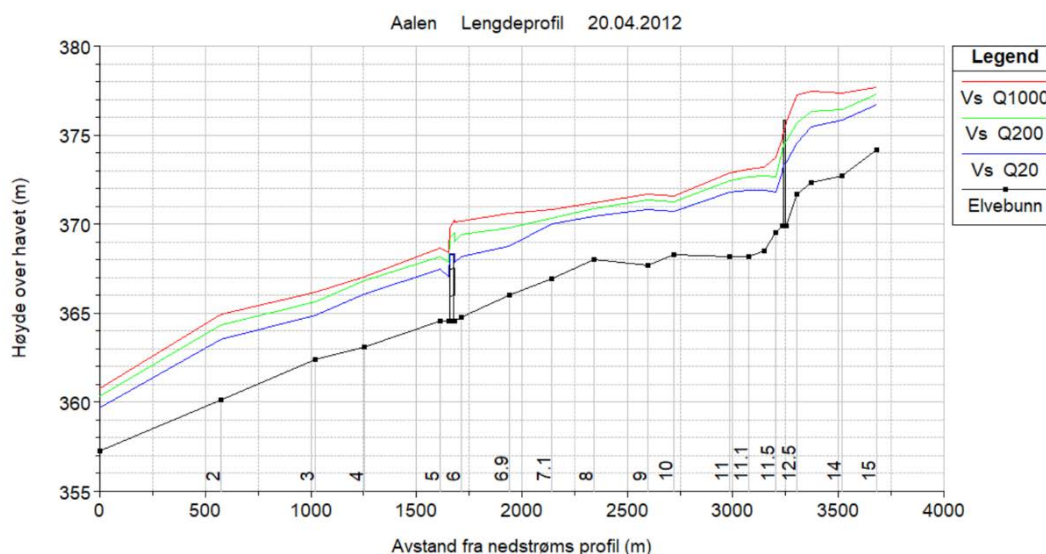
Anbefalte sikkerhetspåslag som skal legges på de beregnede flomvannstandene, presenteres også på flomsonekartene.

Eventuelle punkter av spesiell interesse kan også presenteres på flomsonekartene, gjerne kombinert med en vannstandstabell. På flomsonekartene angis punktene som nummererte punkter, og i tabellen presenteres vannstandene for de nummerte punktene, tilsvarende tabell 13-1.

13.1.5 Flomvannstander presentert i lengdeprofil

Et lengdeprofil langs elveløpet som viser vannstander for flere gjentakintervall, gir en fremstilling både av elvas helning og av vannlinjene for alle gjentakintervallene. Dette kan brukes for å vise vannlinjer fra både 1D- og 2D-beregninger. Kjente punkt, som for eksempel tverrprofil og bruer må også presenteres i lengdeprofilet.

Figur 13-3 viser et eksempel på lengdeprofil, der beregnede vannstander for tre gjentakintervall er presentert. I dette eksemplet viser horisontalaksen avstanden fra nedstrøms ende til oppstrøms ende for den hydrauliske modellen. Verdiene på oversiden av horisontalaksen viser plassering av tverrprofilene, som er nummeret fra 2 til 15. Plassering av to bruer er også presentert i lengdeprofilet, der den ene ligger mellom tverrprofil nr. 5 og 6, og den andre mellom nr. 11,5 og 12,5.



Figur 13-3 Eksempel på presentasjon av et lengdeprofil som viser vannlinjer for gjentakintervall 20-, 200- og 1000-årsflom, samt plassering av 16 tverrprofiler og 2 bruer.

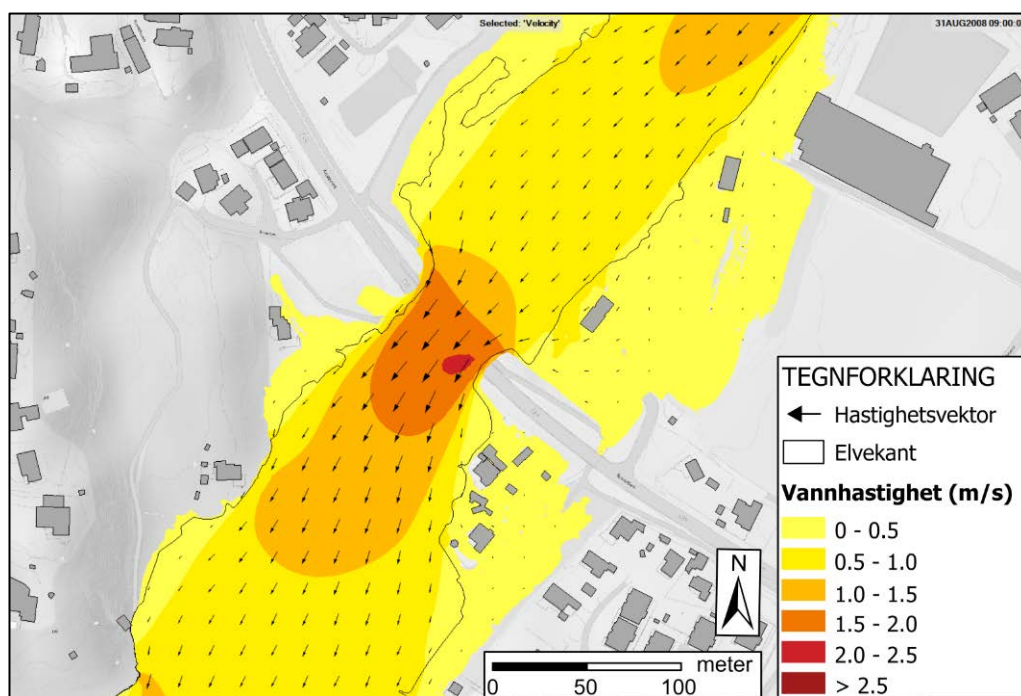
13.1.6 Vanndybde

Vanndybder beregnes som differansen mellom den beregnede vannstanden og terrenghøyden fra terrengmodellen. Beregninger av vanndybder kan enten hentes direkte fra det hydrauliske modelleringsverktøyet eller beregnes i et GIS-verktøy.

I 1D-modeller blir vanndybder basert på interpolerte vannstander fra tverrprofilene. Vanndybder fra 2D-modeller baseres på vannstander fra beregningsnettet. Figur 13-2 viser presentasjon av vanndybder med en blå fargeskala.

13.1.7 Vannhastighet og strømningsretning

I 1D-modeller beregnes vannhastigheter som gjennomsnittsverdier for tverrprofilene. I 2D-modeller beregnes vannhastighet vanligvis som vektorer (altså med størrelse og retning) for hver celle. Vektorene kan presenteres på kart på ulike måter. Et eksempel på en fremstilling av dette er vist i figur 13-4, der vannhastigheten er presentert som heldekkende skravur med en fargeskala og strømningsretningen som hastighetsvektor. En alternativ måte å presentere strømningsretningen, er som retningspiler med lik lengde.



Figur 13-4 Eksempel på en presentasjon av vannhastighet og strømningsretning i flomsonen.

13.2 Leveranser

13.2.1 Rapport

Rapporten skal inneholde en tilstrekkelig detaljert beskrivelse av utredningen som er gjennomført. Omfanget må tilpasses utredningens formål og kompleksitet og må omfatte relevante tema listet opp i tabellen i vedlegg 4.

13.2.2 Kart

Alle utredninger av flomfare skal inneholde kart som viser hvilke områder som er analysert, og flomsoner for de aktuelle gjentaksintervallene. Kartene må være i en målestokk tilpasset utstrekningen og temaet som presenteres.

Utredninger utført i henhold til denne veilederen må inneholde følgende produkter:

- oversiktskart og kart som viser utstrekning av hydraulisk modell;

- kart som viser analyseområdet, flomsoner og flomvannstander. Flomvannstandene presenteres som kotelinjer, eller som nummererte tverrprofil kombinert med en vannstandstabell.

Utredninger kan i tillegg inneholde følgende produkter:

- kart som viser vanndybder i flomsonen
- kart som viser vannhastighet og strømningsretning
- kart som viser plassering av utvalgte punkter av spesiell interesse (2D-modell)

13.2.3 Digitale leveranser

Oppdragsgiveren må spesifisere hvilke krav som gjelder for eventuelle digitale kartleveranser som skal inngå i oppdragsgiverens kartløsninger.

Flomsoner og fareutredninger må meldes inn til NVE for at de skal kunne gjøres tilgjengelig for alle i NVEs karttjenester.

13.3 Innmelding av fareutredninger til NVE

Flomsoner som meldes inn til NVE, blir en del av det offentlige kartgrunnlaget (DOK) som er tilgjengelig i Geonorge og i NVEs karttjenester der alle kan se på flomsonene, laste ned flomsonene på ulike kartformat eller koble opp data via WMS i egen kartløsning.

Flomsoner og utredninger som skal meldes inn til oss, må utformes og leveres i henhold til kravene til digitale leveranser som er spesifisert i NVEs innmeldingsløsning. Innmelding av flomsoner og fareutredninger gjøres via et skjema i Altinn som heter Innmelding av naturfareutredninger (NVE-0055) fra Norges vassdrags- og energidirektorat. Hvis en logger inn i Altinn fra [NVEs nettside om utredning av naturfare](#), kommer en direkte inn i innmeldingsskjemaet.

14 Definisjoner

1D-hydraulisk modell er en numerisk modell som beregner variasjoner i en retning.

2D-hydraulisk modell er en numerisk modell som beregner variasjoner i to retninger.

Aktsomhetskart eller aktsomhetsområde for flom er et landsdekkende oversiktskart som viser hvilke arealer som kan være utsatt for flomfare.

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

Bestemmende snitt eller **strekning** er et tverrsnitt eller en strekning i elveløpet som for en gitt vannføring er bestemmende for oppstrøms vannstand.

Dimensjonerende flom er størrelsen av en flom i m^3/s som legges til grunn for å beregne dimensjonerende flomvannstander for et gitt gjentakintervall.

Erosjon er en prosess der det gradvis fjernes mer masse fra et sted enn det tilføres.

Flom i TEK17 § 7-2 menes oversvømmelse på grunn av økt vannføring og høy vannstand i elver, bekker og vann. Dette kan være forårsaket av stor nedbør eller snøsmelting og oppdemming som følge av isgang eller skred.

Flomberegning er en beregning av hvor stor vannføring en kan forvente ved et gitt gjentakintervall.

Flomskred er et hurtig, flomlignende skred som opptrer langs bratte elve- og bekkeløp, også der det vanligvis ikke er permanent vannføring (NVE, 2020b).

Flomsone eller **flomsonekart** er områdene som oversvømmes på grunn av flom ved et gitt gjentakintervall.

Flomsonekartlegging er kartlegging av områder som oversvømmes på grunn av flom med gitte gjentakintervall. Grunnlaget for flomsonekartet er en flomberegning og en hydraulisk beregning. Resultatet presenteres som flomsoner.

Gjentaksintervall (T) eller returperiode er et mål for hvor mange år det i gjennomsnitt er mellom hver gang en bestemt flomvannføring eller flomhendelse inntreffer.

Hydraulisk modell er en forenklet representasjon av virkeligheten som brukes for å finne verdier for hydrauliske forhold som for eksempel vannstand eller vannhastighet. Kan være både matematiske og fysiske modeller.

Hydraulisk ruting beskriver hvordan vannet beveger seg gjennom ei elv / en kanal eller en innsjø / et vann, basert på kontinuitetsprinsippet og kraft- og energibalanse.

Hydrologi er læren om vannets kretsløp, forekomst og bevegelse.

Hydrologisk modell er en forenklet matematisk eller fysisk representasjon av sammenhenger i vannets kretsløp, forekomst og bevegelse.

Hydrologisk ruting er en forenklet beskrivelse av hvordan vannet beveger seg gjennom en elv/kanal eller en innsjø / et vann, basert på kontinuitetsprinsippet og relasjoner mellom volum, vannstand og vannføring på utvalgte steder.

Intern kvalitetssikring er kvalitetssikring utført internt i det foretaket som utfører arbeidet. Intern kvalitetssikring må gjennomføres i henhold til foretakets rutiner.

Isdam er en betegnelse på oppstuede ismasser (sørpete is, sarr) i elver. Isdammer kan føre til at vannstrømmen i elva reduseres eller blokkeres.

Isgang er når isen i elver og innsjøer brekkes opp pga. økt vannføring og føres med strømmen nedover vassdraget. Det forekommer oftest på våren eller når en isdam har løsnet, gjerne etter en plutselig økning i vannføringen.

Kalibrering av hydraulisk modell er når modellens parametre (primært ruheten) justeres slik at den beregnede vannstanden blir mest mulig lik den observerte vannstanden. En kalibrering krever samtidige målinger av vannstand og vannføring.

Klimapåslag angis i prosent, og legges på vannføringen for å ta hensyn til forventede klimaendringer.

Kritisk dybde er vanddybden med minst spesifikk energi for en gitt vannføring.

Kritisk punkt er tekniske inngrep som bruer, kulverter, stikkrenner og andre inngrep som innsnevrer bekkeløpet/vassdraget slik at kapasiteten reduseres. Kritisk punkt er også naturgitte forhold som innsnevring av bekke- og elveløp, erosjonsutsatte punkt og strekninger, grunne parti på grunn av masseavlagring og bekkeløp som ligger høyere enn terrenget på sidene.

Kulminasjonsverdi (momentanverdi) er den høyeste faktiske verdien av en flomhendelse, altså verdien der flommen kulminerer.

Lukket vassdrag er et vassdrag som går i rør eller kulvert under jorda over en lengre strekning.

Mannings formel kan brukes til beregning av vannlinjen ved normalstrømning.

Manningstall (M) er empiriske verdier som brukes for å beregne friksjonstap ved hydrauliske beregninger.

Mannings-koeffisient (n) er $1/\text{manningstall}$, det vil si $1/M$.

Middelflom (Q_M) er gjennomsnittet av den største vannføringen i året over flere år eller tilsvarende for hver sesong.

Middelvannføring (Q_N) eller **normalvannføring** er den midlere (gjennomsnittlige) vannføringen i en gitt referanseperiode (som regel 30 år). Middelvannføringen bestemmes ut fra observasjoner i feltet eller ut fra avrenningskart for gjeldende klimaperiode. Eventuelt kan en benytte den lengste tilgjengelige dataserien en vurderer kan være representativ for feltet.

Nedbør-avløpsmodell (NA-modell) er en simulering av responsen på nedbør og eventuelt snøsmelteforløp som omregner dette til vannføring i et gitt felt.

Nedbørfelt er et område som har et felles utløpspunkt for sitt avløp.

Normalstrømning er likevektssituasjonen ved stasjonær og uniform strømning der det er lik helning på bunn, vannoverflate og energilinje.

Normalvannstand er vannstand ved middelvannføring (Q_N).

Overvann er vann som renner av på overflaten som følge av regn eller smeltevann.

Påregnelig maksimal flom (Q_{PMF}) er den største flomstørrelsen som kan opptre ved en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forholdene.

Sedimenttransport (massetransport) er transport av alle typer faste partikler i vann som bunnlast, suspendert last eller svevelast.

Sikkerhetsmargin er brukt blant annet i NVEs flomsonekart i perioden 2001–2021 som påslag i beregnet vannstand som følge av usikkerhet i de hydrauliske beregningene. I denne veilederen er dette erstattet med begrepet sikkerhetspåslag.

Sikkerhetspåslag er et påslag i beregnet vannstand for å ta høyde for usikkerhet i flomberegningene og de hydrauliske beregningene. Sikkerhetspåslaget bestemmes via et påslag i vannføringen som ved hjelp av den hydrauliske beregningen resulterer i en ekstra høyde på de beregnede vannstandene.

Tilløpsflom er tilløp fra et uregulert lokalfelt som kommer som et tillegg til avløpsflom fra eventuelle oppstrøms magasin og overføringer. I beregnet tilløpsflom er dermed selvreguleringen i oppstrøms magasin/innsjøer medregnet.

Tilpasset modell er en hydraulisk modell som er tilpasset en estimert vannføring.

T-års flom (Q_T) er en flom med gjentakintervall T år. Det betyr at sannsynligheten for at flommen skal inntreffe et hvilket som helst år, er $1/T$.

Uavhengig kvalitetssikring er når et uavhengig foretak kvalitetssikrer utført arbeid på plansaknivå.

Uavhengig kontroll er når et uavhengig foretak kvalitetssikrer utført arbeid på byggesaksnivå.

Vannføring er vannmengde per tidsenhet, ofte uttrykt i m^3/s eller l/s .

Vannføringskurve beskriver sammenhengen mellom vannstanden og vannføringen for et punkt i ei elv eller en innsjø.

Vannlinjeberegning er beregning av vannstanden langs et vassdrag for en gitt vannføring.

Vassdrag i vannressursloven §§ 2 og 3, regnes som alt stillestående eller rennende overflatevann med årssikker vannføring, med tilhørende bunn og bredder inntil høyeste vanlige flomvannstand. Selv om et vassdrag på enkelte strekninger renner under jorden eller under isbreer, regnes det som vassdrag. Som vassdrag regnes også vannløp uten årssikker vannføring dersom det skiller seg tydelig fra omgivelsene.

Vassdragshydraulikk er læren om naturlovene som gjelder for vannets bevegelse i kanaler og elver med fri overflate og metoder og parametre som benyttes for å beskrive og beregne strømmen og dens virkninger på omgivelsene.

Årssikker vannføring er vannføring som ved middeltemperatur over frysepunktet ikke tørker ut av naturlige årsaker oftere enn hvert tiende år i gjennomsnitt.

15 Referanser

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap. (2016). *Havnivåstigning og stormflo – samfunnssikkerhet i kommunal planlegging*. ISBN 978-82-7768-389-8.

Kartverket. (Uten år). Se havnivå. <https://www.kartverket.no/til-sjos/se-havniva>

Kommunal- og distriktsdepartementet. (2018). *Samfunnssikkerhet i planlegging og byggesaksbehandling* (Rundskriv nr. H-5/18).

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

Miljødirektoratet. (2015). *Klima i Norge 2100* (NCCS report no. 2/2015).
<https://www.miljodirektoratet.no/publikasjoner/2015/september-2015/klima-i-norge-2100/>

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

NVE. (2010). *Hvordan is i vassdrag dannes* (NVE Rapport 20-2010).

NVE. (2014). *Flaum- og skredfare i arealplanar*. Revidert 22. mai 2014 (NVE Retningslinjer 2-2011).

NVE. (2015). *Flaumfare langs bekker. Råd og tips om kartlegging* (NVE Retningslinjer 3-2015).

NVE. (2017). *Nasjonale og vesentlige regionale interesser innen NVEs saksområder i arealplanlegging – Grunnlag for innsigelse* (NVE Veileder 2-2017).

NVE. (2020a). *Oversiktskartlegging og klassifisering av faregrad, konsekvens og risiko for kvikkleireskred. Metodebeskrivelse. Vedlegg A* (NVE Ekstern rapport 9-2020).

NVE. (2020b, 9. september). *Veileder for utredning av sikkerhet mot skred i bratt terreng*.
<https://veileder-skredfareutredning-bratt-terreng.nve.no>

NVE. (2020c). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (NVE Rapport 10-2020).

NVE. (2021). *Sikringshåndboka*. <https://sikringshandboka.nve.no/>

NVE. (2022a). *Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar* (NVE Veileder 4-2022).

NVE. (2022b). *Veileder for flomberegninger* (NVE Veileder 1-2022).

NVE. (2022c). *Flomberegninger for dammer* (NVE Veileder 2-2022).

Norsk klimaservicesenter. (2022, 9. juni). *Klimaprofilene - et kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning*. <https://klimaservicesenter.no/kss/klimaprofiler/om>

Vedlegg

Vedlegg 1: Forenklet og konservativ utredning av flomfare

I noen tilfeller er datagrunnlaget godt nok og skadepotensialet for tiltaket ved flom så lite at det kan utføres en enkel og konservativ flomfareutredning.

En forenklet og konservativ flomfarevurdering stiller store krav til kompetansen, lokalkunnskapen og erfaringen til den som utfører den.

Det finnes flere fremgangsmåter det kan være mulige å benytte ved en forenklet konservativ utredning. Dette gjelder både for flomberegninger og hydrauliske beregninger. Resultatet fra en flomberegning bør alltid sammenlignes med andre beregninger og erfaringsverdier for regionen. De beregnede eller estimerte flomvannstandene må være så konservative at det ikke er nødvendig å legge på et sikkerhetspåslag.

Dersom flere metoder brukes, vil dette gi mer sikre og robuste estimer for flomstørrelser og vannstander. Det bør utføres en følsomhetsanalyse dersom vannstanden bestemmes med beregninger.

Beregningene og vurderingene må dokumenteres. Dokumentasjonen må ta utgangspunkt i relevante kapitler fra tabellen i vedlegg 4. Som et minimum må dokumentasjonen inneholde følgende kapitler:

- Innledning
- Metode og data
- Flomberegning
- Hydrauliske beregninger
- Resultat og konklusjon

Metoder for å finne vannføring

Vassdrag med målestasjoner for vannføring

Hvis det finnes en lang vannføringsserie av god kvalitet i vassdraget, er dette et godt utgangspunkt for en lokal flomberegning. God kvalitet innebærer at dataserien er lang, representativ og kontinuerlig. Det bør dessuten være vannføringsmålinger eller modellberegninger på høye vannføringer som sikrer grunnlaget også for de øvre delene av vannføringskurven. Hvis serien er kort (10–30 år), kan den benyttes til et estimat av middelflommen. Flommer med større gjentakintervall kan deretter beregnes fra middelflommen ved å anvende konservative frekvensfaktorer fra en lokal flomfrekvensanalyse (på en annen, lengre dataserie) eller via en regional kurve for området.

Finnes det en lang observasjonsserie av god kvalitet, kan denne brukes direkte til analyser, også på større flommer. Resultatene bør likevel vurderes opp mot erfaringstall for regionen og regionalt formelverk.

Utføres analysene på døgnmiddelvanntføringer, må resultatene skaleres for å gjelde for kulminasjonsverdier.

Regionalt formelverk for flommer i uregulerte vassdrag

Det er de senere årene utarbeidet to formelverk for flomberegninger i uregulerte felt. Disse er implementert i kartverktøyet NEVINA (<https://nevina.nve.no/>), og analysene kan gjennomføres der.

I små nedbørfelt under ca. 50–60 km², kan det øverste usikkerhetsbåndet (97,5-persentilen) fra NIFS-formelverket benyttes. I større nedbørfelt kan det øverste usikkerhetsbåndet (97,5-persentilen) fra RFFA-2018-formelverket (NVE, 2020c) benyttes. Resultatene må skaleres opp for å gjelde for kulminasjonsverdier for RFFA-2018.

Eksisterende flomberegninger

I mange elver og vassdrag er det allerede utført flomberegninger. Dette kan for eksempel være i forbindelse med tidligere flomsonekartlegging, dimensjonering av bruer eller for klassifisering av dammer.

Kildene til flomberegninger er ofte NVE, regulanter, kommuner, Statens vegvesen eller Bane NOR. Gyldigheten til en eksisterende flomberegning må kontrolleres.

Erfaringstall for flomberegninger viser at 500- eller 1000-årsflom for avløpsflommer i regulerte vassdrag med klassifisert dam vanligvis kan skaleres med henholdsvis 0,92 eller 0,85 for å finne en tilnærmet 200-årsflom.

Om flomberegningen ligger litt opp- eller nedstrøms i samme elv, kan flomstørrelsene arealskaleres. En forutsetning for dette er at flomforholdene er noenlunde like. Innsjøer eller magasin mellom stedene kan gi endrede flomforhold.

Klimapåslag

Vi anbefaler å legge til et klimapåslag på vannføringene, se kap. 8.

Metoder for å finne vannstand

Det finnes flere ulike metoder som kan benyttes for å finne vannstanden langs elva for gitte vannføringer. Et utvalg av disse er presentert nedenfor. Det er viktig at den som utfører beregningene, kontrollerer gyldigheten til de ulike beregningsmetodene.

Vannstanden ved normalstrømning – Mannings formel

Med jevn elveløpsgeometri uten store, lokale endringer som skaper oppstuvning, vil en ofte kunne anta normalstrømning (vannspeilet parallelt med bunnen). Med denne forutsetningen kan Mannings formel brukes iterativt for å beregne vannstanden. I formelen inngår helningen på elva, en friksjonskoeffisient og tverrsnittgeometrien (arealet og vanndybden). Iterasjonen kan gjøres manuelt, i regneark, med nomogrammer eller med enkle programmer som for eksempel Hydraulic Toolbox (<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/toolbox404.cfm>). Ved å velge en konservativ verdi for Manningstallet ($M = 20\text{--}30$) kan en finne en konservativ verdi for vanndybden og dermed vannstanden. Alternativt kan en utføre en følsomhetsanalyse der ruheten økes med minst 50 % i forhold til erfaringsverdiene.

Vannstanden oppstrøms kulverter, bruer, fyllinger mv.

For konstruksjoner som for eksempel ei bru eller en fylling vil en konservativ antagelse være at alle løp (for eksempel kulverter og andre åpninger) gjennom konstruksjonen er tilstoppet. Da vil hele vannføringen måtte gå over eller utenfor konstruksjonen. Ved hjelp av en enkel overløpsformel kan vannstanden rett oppstrøms dermed estimeres. Formelen må justeres i konservativ retning for å ta hensyn til forhold i forbindelse med konstruksjonen. Det er viktig å være spesielt oppmerksom på hvor og hvordan vannet vil renne over og eventuelt rundt konstruksjonen.

Der det er oppstuvning fra en konstruksjon, men ikke antatt fare for full tilstopping, kan vannstanden rett oppstrøms i de fleste tilfeller beregnes ved å benytte konservative modellparametre i enkle programmer som for eksempel HY 8

(<https://www.fhwa.dot.gov/engineering/hydraulics/software/hy8/>). Alternativt kan en utføre en følsomhetsanalyse der ruheten økes med minst 50 % i forhold til erfaringsverdiene.

Vannstanden i innsjøer eller magasin med kapasitetskurve

For en innsjø eller et magasin der det finnes en kapasitetskurve for utløpet, kan en ved hjelp av kapasitetskurven finne en konservativ verdi av vannstanden ut fra tilløpsflommen. På grunn av dempingen vil kulminasjonsverdien for en utløpsflom fra en innsjø eller et magasin alltid være mindre enn kulminasjonsverdien for tilløpsflommen. Dersom en antar at utløpsflommen er lik tilløpsflommen, vil en derfor få en konservativ verdi for vannstanden i en innsjø.

Finne vannstanden fra historiske data

Kunnskap om vannstander og oversvømmelse fra historiske flomhendelser kan ha stor nytte for å finne dimensjonerende vannstander. Ofte har kommunene eller lokalbefolkningen slik kunnskap. Vannstanden kan for eksempel være registrert på et brukar, på et trappetrinn, på toppen av en mur eller som et merke på kledningen av en bygning. Andre kilder til vannstandshøyder er lokale historielag, kraftselskap, bygdebøker, flomstøtter, aviser og media generelt.

Bilder og film av flomhendelser kan i mange sammenhenger være nyttige. Det er imidlertid viktig å være oppmerksom på tidspunktet for når bildet eller filmen er tatt, og at dette ikke nødvendigvis er kulminasjonstidspunktet for flommen. NVE sammenstiller også data knyttet til flomhendelser, se [Flomhendelser.no](https://www.nve.no/flomhendelser).

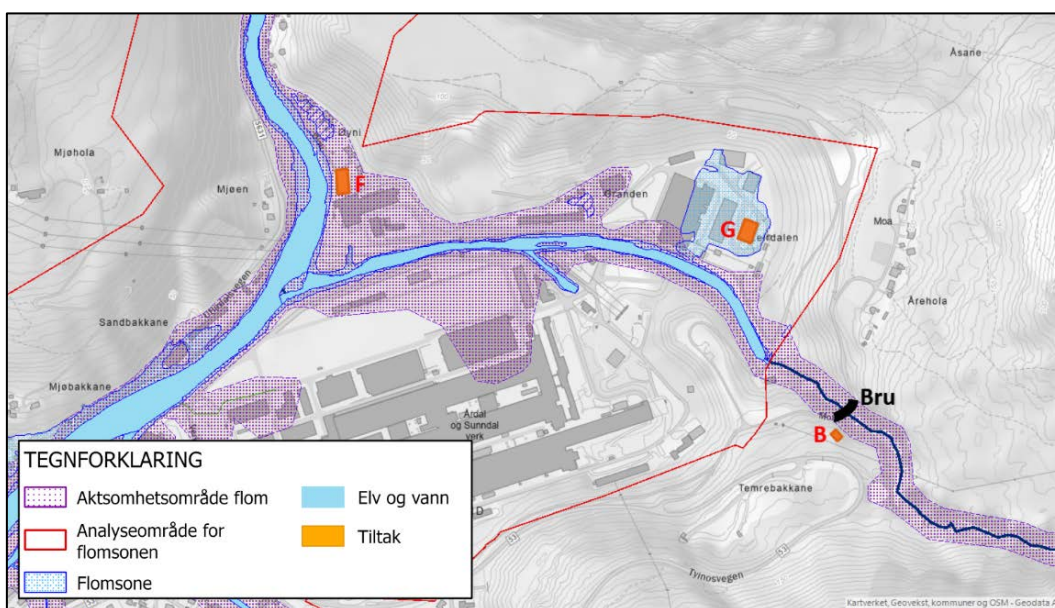
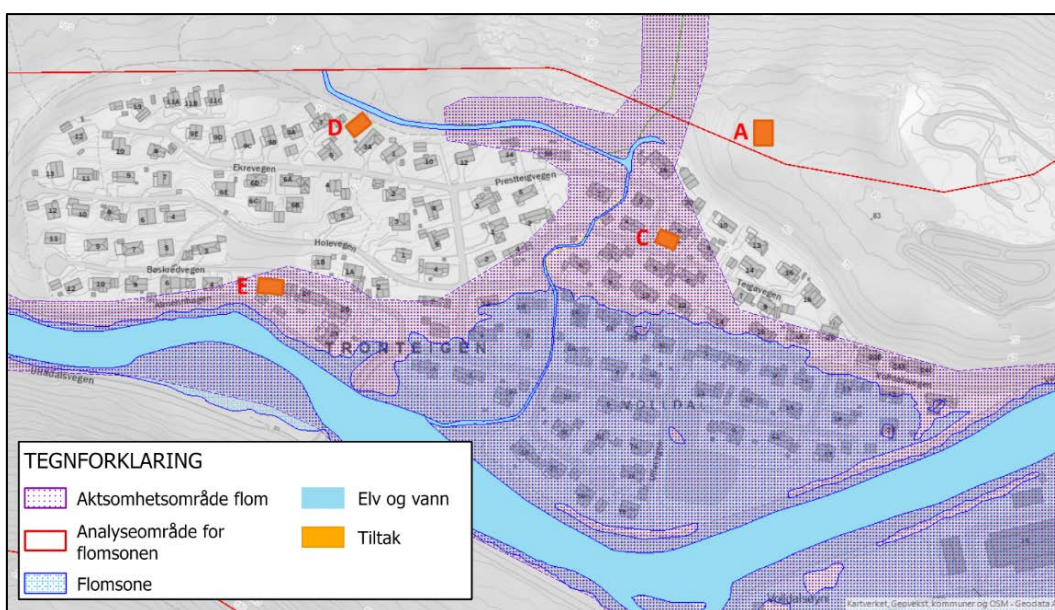
Finnes det en observert vannstand for en flomhendelse som har et kjent gjentaksintervall, kan denne informasjonen brukes til å estimere en flomvannstand for et annet gjentaksintervall. Dette forutsetter at det er utført en flomberegning. Økningen i vannføringen fra en middelflom til en 50-årsflom vil ofte være 1,5–2 ganger, og tilsvarende kan økningen til en 200-årsflom være 3–4 ganger. Det vil derfor være svært konservativt å anta at vannstandsstigningen for en 200-årsflom er 2 ganger større en vannstandsstigningen mellom normalvannstanden og en 50-årsflom.

Dersom det finnes målestasjoner i ei elv med en god vannføringskurve, kan vannstandsstigningen for andre steder i elva estimeres ut fra kurven på denne stasjonen. Dette forutsetter at elvegeometrien er sammenlignbar.

Vedlegg 2: Er det flomfare?

For tiltak etter TEK17 § 7-2 i sikkerhetsklasse F1 og F2 kan for eksempel en tiltakshaver, en plankonsulent eller en arealplanlegger i de fleste tilfeller bruke aktsomhetskartet for flom eller et flomsonekart, om dette finnes, til å vurdere om det er flomfare eller ikke flomfare. Dette kan ikke brukes for tiltak etter TEK17 § 7-2 første ledd eller for tiltak i sikkerhetsklasse F3.

I de 2 kartutsnittene nedenfor er det vist eksempler på 7 ulike problemstillinger, tiltakene A til G. Eksemplene med beskrivelse er ment som hjelp til å vurdere om flomfaren kan utelukkes iht. trinnene 1 og 2 i prosedyre 1.



Tiltak A Tiltaket ligger utenfor analyseområdet for flomsonekartet, slik at aktsomhetsområdet må brukes til å vurdere flomfare for tiltaket. Tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet.

Aktsomhetskartet kan derfor brukes som dokumentasjon på at tiltaket ikke er utsatt for flomfare.

Tiltak B Tiltaket ligger både utenfor analyseområdet for flomsone og utenfor aktsomhetsområdet. Like nedstrøms tiltaket ligger det derimot ei bru. Denne kan føre til oppstuvning ved en flom og forårsake oversvømmelse der tiltaket er plassert. Slike lokale hydrauliske forhold som for eksempel ved ei bru, en kulvert, en innsnevring m.m. er ikke inkludert i analysen for aktsomhetskartet.

Flomfaren må derfor utredes av en fagkyndig person, til tross for at tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet.

Tiltak C Tiltaket ligger innenfor aktsomhetsområdet for sideelva, men utenfor flomsone. Dette flomsonekartet omfatter kun flomfaren i hovedelva, slik at flomfaren for sideelva må avklares.

I aktsomhetskartet kan en ta utgangspunkt i kartlaget «Maksimal vannstandsstigning». Dersom høydeforskjellen mellom tiltaket og sideelva er større enn maksimal vannstandsstigning, kan en bruke aktsomhetskartet som dokumentasjon på at tiltaket ikke er utsatt for flomfare. Terreng høyde for tiltaket og ved elvekanten kan finnes ut fra [Høydedata](#) eller med oppmåling i terrenget.

Dersom høydeforskjellen er mindre enn maksimal vannstandsstigning, må flomfaren for sideelva vurderes av en fagkyndig person.

Tiltak D Tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet for sideelva. I dette tilfellet har aktsomhetsområdet for liten utbredelse, fordi øvre del av sideelva ikke er inkludert i aktsomhetskartet.

I aktsomhetskartet kan en ta utgangspunkt i kartlaget «Maksimal vannstandsstigning», og bruke vannstandsstigningen for elvestrekningen like nedstrøms. Dersom høydeforskjellen mellom tiltaket og sideelva er større enn maksimal vannstandsstigning, kan en bruke aktsomhetskartet som dokumentasjon på at tiltaket ikke er utsatt for flomfare. Terreng høyde for tiltaket og ved elvekanten kan finnes ut fra [Høydedata](#) eller med oppmåling i terrenget.

Dersom høydeforskjellen er mindre enn maksimal vannstandsstigning, må flomfaren for sideelva vurderes av en fagkyndig person.

Tiltak E Tiltaket ligger innenfor aktsomhetsområdet, men utenfor flomsone. Flomsone viser at tiltaket ikke er utsatt for flomfare.

Flomsonekartet kan derfor brukes som dokumentasjon på at tiltaket ikke er utsatt for flomfare.

Tiltak F Tiltaket ligger like utenfor flomsonen. I slike tilfeller må en kontrollere flomvannstandene med høyden på terrenget der tiltaket bygges. Dette må gjøres fordi kartgrunnlaget og dermed utbredelsen av flomsonen alltid har en mindre nøyaktighet enn virkelige terrengforhold.

Hvis laveste terrenghøyde er høyere enn flomvannstandene på flomsonekartet, kan flomvannstandene brukes som dokumentasjon på at tiltaket ikke er utsatt for flomfare. Hvis terrenghøyden er lavere, er tiltaket utsatt for flomfare.

Tiltak G Tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet, men innenfor flomsonen. I dette tilfellet har aktsomhetsområdet for liten utbredelse fordi lokale hydrauliske forhold ikke er inkludert i aktsomhetskartet.

Flomsonekartet er dokumentasjon på at tiltaket er utsatt for flomfare, til tross for at tiltaket ligger utenfor aktsomhetsområdet.

Vedlegg 3: Eksempel på beregning av sikkerhetspåslag

I henhold til kap. 10 anbefales det å legge på sikkerhetspåslag ved praktisk bruk av beregnede flomvannstander i forbindelse med arealplanlegging og byggesaker.

Fremgangsmåten for å beregne sikkerhetspåslag er vist i tabellen på neste side. Beregningen gjøres ved å bruke den hydrauliske modellen til å bestemme en ekstra høyde, det vil si et sikkerhetspåslag på vannstanden. Sikkerhetspåslaget beregnes for hvert beregningspunkt i modellen. Beregningspunkter i 1D-modeller er tverrprofiler, og i 2D-modeller er det celler i beregningsnett.

For praktisk bruk, kan de beregnede sikkerhetspåslagene forenkles hvis de beregnede sikkerhetspåslagene viser store variasjoner. Dette kan forenkles ved å bruke samme sikkerhetspåslag for deler av strekninger eller områder. For 1D-modeller vil dette typisk være delstrekninger og for 2D-modeller vil dette være områder med omtrent samme verdier for sikkerhetspåslaget. I noen tilfeller kan det allikevel være aktuelt å bruke de opprinnelig beregnede sikkerhetspåslagene.

Det kan være hensiktsmessig å bruke samme verdi på sikkerhetspåslaget på alle gjentakintervallene, også for de gjentakintervallene som inkluderer klimapåslag.

I eksemplet har vi valgt å bruke en 200-årsflom for beregning av sikkerhetspåslaget. Vannføringen for 200-årsflommen er $970 \text{ m}^3/\text{s}$. Den hydrauliske modellen bestemmes ut fra klassifiseringskriteriene i tabell 10-1 å tilhøre klasse B, og flomberegningen bestemmes ut fra tabell 10-2 å tilhøre klasse 2. Ved hjelp av tabell 10-3 gir kombinasjonen av klasse B og klasse 2 et prosentvis påslag på vannføringen på 15 %. Vannføringen for 200-årsflommen med 15 % påslag blir da $970 \text{ m}^3/\text{s} \times 1,15 = 1115 \text{ m}^3/\text{s}$. Resultatet av beregningene er vist i tabellen på neste side, med følgende forklaring til tabellen:

Kolonne A Beregning av vannstand for en 200-årsflom

Viser vannstander for en 200-årsflom som er brukt i dette eksemplet. Vannstandene er beregnet med en vannføring på $970 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kolonne B Beregning av vannstand med påslag på vannføringen

Viser vannstander beregnet med 15 % påslag på vannføringen for 200-årsflommen. Vannføringen er $1115 \text{ m}^3/\text{s}$.

Kolonne C Beregning av sikkerhetspåslag

Viser sikkerhetspåslaget på vannstandene beregnet som forskjellen mellom vannstanden i kolonne A og kolonne B.

Kolonne D Anbefalt sikkerhetspåslag for praktisk bruk

Viser forenkling av sikkerhetspåslag for praktisk bruk, ved å velge samme sikkerhetspåslag for flere beregningspunkter. I dette eksemplet er det valgt et sikkerhetspåslag på 0,2 m for beregningspunktene 1-9 og 18-26. For beregningspunktene 10-17 er det valgt et sikkerhetspåslag på 0,4 m.

Beregningspunkt	Kolonne A Vannstand (moh.) for Q_{200} (970 m ³ /s)	Kolonne B Vannstand (moh.) for Q_{200} med 15 % påslag (1115 m ³ /s)	Kolonne C Beregnet sikkerhetspåslag (m)	Kolonne D Sikkerhetspåslag (m) for praktisk bruk
1	4,8	5,1	0,3	0,2
2	6,3	6,5	0,2	0,2
3	7,7	7,9	0,2	0,2
4	8,0	8,1	0,1	0,2
5	9,3	9,5	0,2	0,2
6	9,9	10,1	0,2	0,2
7	10,9	11,0	0,1	0,2
8	12,6	12,8	0,2	0,2
9	14,0	14,2	0,2	0,2
10	16,1	16,6	0,5	0,4
11	16,3	16,9	0,6	0,4
12	17,0	17,4	0,4	0,4
13	17,3	17,7	0,4	0,4
14	18,2	18,4	0,2	0,4
15	18,5	18,7	0,2	0,4
16	19,8	20,3	0,5	0,4
17	22,0	22,4	0,4	0,4
18	23,8	23,9	0,1	0,2
19	26,4	26,7	0,3	0,2
20	28,0	28,2	0,2	0,2
21	29,0	29,2	0,2	0,2
22	31,7	31,9	0,2	0,2
23	32,5	32,8	0,3	0,2
24	33,5	33,7	0,2	0,2
25	34,0	34,4	0,4	0,2
26	35,7	35,8	0,1	0,2

Vedlegg 4: Innhold i dokumentasjon på utredning av flomfare

Kap.	Kapittel-overskrift	Innhold	Hvor i denne veilederen temaet er beskrevet
	Sammendrag	sammendrag av dokumentasjonen	
1	Innledning	- formålet med utredningen - avgrensning med oversiktskart og tekst	
2	Regelverk og krav	- relevant regelverk for utredningen, for eksempel: - plan- og bygningsloven § 28-1 - byggteknisk forskrift § 7-2 - byggesaksforskriften - veileder, håndbok, standard - intern og evt. uavhengig kvalitetssikring	Kap. 3 og 12
3	Metode og data	- valg av metode - tidligere utredninger i nærheten - oppsummering og resultat fra befaring - topografiske data og eventuelle oppmålinger - data for observerte flommer og kalibreringsdata	Kap. 6, 9 og vedlegg 1
4	Flomberegning (eventuelt utarbeidet i et separat dokument)	- data for nedbørfeltet og eventuelle data om reguleringer - hydrologisk og meteorologisk datagrunnlag - flomfrekvensanalyse - nedbør-avløpsmodellering - samtidighetsvurderinger - eventuell ruting - evaluering av resultat og usikkerhet - klassifisering av flomberegningen - klimapåslag	Kap. 7, 8, 12, 13 og NVE veileder 1/2022
5	Hydrauliske beregninger	- modellvalg - terrengmodellering - modellgeometri, tverrprofil, beregningsnett - konstruksjoner - initial- og grensebetingelser - ruhetsverdier - kalibrering/tilpasning - følsomhetsanalyse - klassifisering av hydraulisk modell - sikkerhetspåslag	Kap. 9, 10, 12, 13 og vedlegg 1 og 3

Kap.	Kapittel-overskrift	Innhold	Hvor i denne veilederen temaet er beskrevet
6	Andre farer i vassdraget	• tilstopping og vann på avveie • erosjon og massetransport • isproblematikk	Kap. 11
7	Resultat og konklusjon	• metode for presentasjon av resultat • presentasjon av vannføring og vannstand, ev. vannhastighet og vanndybder • beskrivelse av konsekvenser for bruer, bygninger, veier osv. • vurdering av om sikkerhetskravet i TEK17 § 7-2 er oppnådd • beskrivelse av eventuelt behov for tiltak for å oppfylle kravet til sikkerhet	Kap. 3, 7, 12 og 13
	Referanser	• eventuell referanseliste	
	Vedlegg	• kart med flomsone, vannstander og analyseområdets avgrensning • eventuelle kart med vanndybder og vannhastighet	Kap. 13.2

Endringslogg

Endret 30. august 2023

- **Kap. 3.1:** Teksten sørge for, er endret til påse.
- **Kap. 3.2:** Teksten er endret etter endring i TEK17 § 7-2 første ledd med veiledning den 15.03.2023.
- **Tabell 4.1:** Trinn 3 er endret med henvisning til figuren i TEK17 veiledning til § 7-2 fjerde ledd.
- **Kap. 6.1:** Krav til kompetanse er endret.
- **Vedlegg 1 - Finne vannstand fra historiske data:** Teksten i 3. setning om økning i vannføring er endret.
- **Vedlegg 2:** For tiltakene C og D er det tilføyd at flomfaren for sideelva i noen tilfeller kan avklares med bruk av maksimal vannstandsstigning.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

.....

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

www.nve.no