



NVE



Høringsutkast

Veileder for flomberegninger

Utkast til ekstern høring

SKREVET AV Per Alve Glad, Seija Stenius, Ann-Live Øye Leine, Thomas Væringstad, Erik Holmqvist, Mads-Peter Jakob Dahl, Elise Trondsen, Ina Cecilie Storteig, Sunniva Nordeide

Utkast til ekstern høring – Veileder for flomberegninger

Redaktører: Seija Stenius, Ann-Live Øye Leine, Ina Cecilie Storteig og Sunniva Nordeide

Forfattere Per Alve Glad, Seija Stenius, Ann-Live Øye Leine, Thomas Væringstad, Erik Holmqvist, Mads-Peter Jakob Dahl, Elise Tronsen, Ina Cecilie Storteig og Sunniva Nordeide

Sammendrag: Denne veilederen gir anbefalinger innen flomberegninger i Norge. Målet er å gi et rammeverk som sikrer konsistente og robuste estimater av flomvannføringer for ulike formål. Veilederen vil bidra til å sikre at flomestimatene er tilpasset formålet og mest mulig uavhengig av den som utfører beregningen. Anbefalingene og metodene er oppdatert i henhold til resultater fra relevant FoU-arbeid de siste årene. Målgruppen for veilederen er først og fremst fagkyndige personer med erfaring innen flomberegninger. Veilederen eigner seg også som en innføring i praktisk gjennomføring av en flomberegning.

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

Oktober 2024

Innhold

FORORD	5
1 INNLEDNING	6
1.1 HVEM ER VEILEDEREN RETTET MOT?	6
1.1.1 Hva forutsetter veilederen av forhåndskunnskap?	6
1.2 HVA FINNER DU I DENNE VEILEDEREN?	6
1.2.1 <i>Veilederen er bygd opp som en stegvis utførelse av en flomberegning</i>	7
1.3 ANDRE VEILEDERE: DAMSIKKERHET, SIKKERHET MOT FLOM I REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK, OG OVERVANN	7
2 AVKLAR FORMÅLET MED FLOMBEREGNINGEN	9
2.1 KRAV TIL DAMMER OG VASSDRAGSANLEGG	9
2.2 KRAV TIL BYGGVERK I FLOMUTSATTE OMRÅDER (REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK)	10
2.3 KRAV TIL BYGGVERK I OMRÅDER UTSATT FOR FARE OG SKADE FRA OVERVANN (REGULERINGSPLAN OG BYGGESAK)	11
2.4 KRAV TIL BRUER, KULVERTER OG STIKKRENNER	11
2.4.1 <i>Jernbane</i>	11
2.4.2 <i>Vegbygging</i>	11
2.4.3 <i>Skogsveger</i>	11
2.5 KRAV TIL ENERGI- OG NETTANLEGG	12
3 FÅ OVERSIKT OVER NEDBØRFELTET OG TILHØRENDE FELTEGENSKAPER	13
3.1 NEVINA	13
3.2 NVE TEMAKART	14
4 FINN REPRESENTATIVE VANNFØRINGSSTASJONER	15
4.1 SLIK FINNER DU REPRESENTATIVE MÅLESTASJONER FOR UMÅLTE FELT	15
4.1.1 <i>Faktorer som påvirker hvilken målestasjon du bør velge</i>	16
4.1.2 <i>Vurder middelavrenningen som du får fra avrenningskartet</i>	16
4.2 NVE SERIEKART	17
4.3 ANNEN VANNFØRINGSDATA SOM KAN STYRKE FLOMBEREGNINGEN	17
4.3.1 <i>Konstruerte tilsigsserier – bruk kraftverksdata</i>	17
4.3.2 <i>Konstruerte vannføringsserier</i>	17
4.3.3 <i>Historisk flominformasjon</i>	18
5 BRUK FORMELVERK TIL Å BEREGNE ET FORELØPIG FLOMESTIMAT	19
5.1 OM FORMELVERKET RFFA-2018	19
5.2 OM FORMELVERKET RFFA-NIFS	19
6 VELG BEREGNINGSMETODE	20
6.1 DU BØR BRUKE FLERE BEREGNINGSMETODER	20
6.2 HVILKE METODER KAN JEG BRUKE?	20
6.2.1 <i>Ulike typer flomfrekvensanalyser</i>	21
6.2.2 <i>Ulike typer nedbør-avløpsmetoder</i>	22
6.3 HVA ER RUTING, OG NÅR ER DET NØDVENDIG MED RUTING?	22
7 HVILKE FLOMFREKVENSANALYSER PASSER I ULIKE TILFELLER?	24
7.1 KULMINASJONSFLOM – FLOMFREKVENSANALYSE PÅ FINDATA	25
7.2 DØGNMIDDELFLOM – FLOMFREKVENSANALYSER PÅ DØGNDATA	25
7.2.1 <i>Flomfrekvensanalyser i svært store felt</i>	26
7.3 VURDER OM DU SKAL LEGGE VEKT PÅ FINDATA ELLER DØGNDATA I FLOMFREKVENSANALYSEN	27
7.4 ANDRE TYPER FLOMFREKVENSANALYSER	28
7.4.1 <i>Regulerte vannføringsserier</i>	28
7.4.2 <i>Vannstandsdata</i>	28

7.4.3	Varigheter over mer enn et døgn.....	29
7.4.4	Historisk flominformasjon.....	29
8	SLIK UTFØRER DU EN FLOMFREKVENSANALYSE.....	30
8.1	VELG HVILKE ÅR SOM SKAL VÆRE MED I FLOMFREKVENSANALYSEN.....	30
8.2	ANBEFALT ARBEIDSGANG FOR LOKAL FLOMFREKVENSANALYSE.....	30
8.3	ANBEFALT ARBEIDSGANG FOR «FULL LOKAL + RFFA-2018».....	31
8.4	ANBEFALT ARBEIDSGANG FOR «FORENKLET LOKAL + RFFA».....	31
8.5	SLIK UTFØRER DU ANDRE TYPER FLOMFREKVENSANALYSER.....	32
8.5.1	Regulerte vannføringsserier.....	32
8.5.2	Vannstandsdata.....	32
8.5.3	Varigheter over mer enn et døgn.....	32
8.5.4	Hvordan inkludere historisk flominformasjon i flomfrekvensanalyser?.....	34
8.6	SLIK FINNER DU FORHOLDSTALLET MELLOM KULMINASJONS- OG DØGNMIDDELFLOM (KULMINASJONSFAKTOR).....	35
8.7	BEGRUNN ESTIMATENE I FLOMFREKVENSANALYSEN DIN.....	35
8.7.1	Middelflom.....	35
8.7.2	Vekstkurve.....	36
8.7.3	Kulminasjonsfaktor ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$).....	36
9	HVILKE NEDBØR-AVLØPSMETODER PASSER I ULIKE TILFELLER?.....	37
9.1	PQRUT.....	37
9.2	DEN RASJONELLE METODEN.....	39
9.3	ANDRE TYPER NEDBØR-AVLØPSMETODER.....	39
10	SLIK UTFØRER DU NEDBØR-AVLØPSANALYSER.....	41
10.1	FINN NEDBØR, SNØ OG TEMPERATURDATA.....	41
10.1.1	Nedbør.....	41
10.1.2	Snøsmelting.....	42
10.2	SLIK KONSTRUERER DU ET NEDBØRFORLØP.....	43
10.3	GIR ÅRSNEDBØR ELLER SESONGNEDBØR STØRST FLOM?.....	43
10.3.1	Regulerte vassdrag.....	44
10.4	SLIK INKLUDERER DU SNØSMELTING.....	44
10.4.1	Først må du bestemme snødekningsgraden og snødybden.....	44
10.4.2	Slik beregner du snøsmelting.....	45
10.4.3	Sjekk om beregnet snøsmelting er rimelig i forhold til erfaringstall.....	45
10.4.4	Anbefalinger ved beregning av snøsmelting for flommer opp til Q_{1000}	46
10.4.5	Slik inkluderer du snøsmelting i beregning av påregnelig maksimal flom (PMF).....	46
10.5	ANBEFALT ARBEIDSGANG FOR PQRUT.....	46
10.6	SLIK BEREGNER DU PÅREGNELIG MAKSIMAL FLOM (PMF).....	48
10.6.1	Hva er påregnelig maksimal flom?.....	48
10.6.2	Bruk påregnelig maksimal nedbør ved beregning av påregnelig maksimal flom.....	48
10.6.3	Slik beregner du påregnelig maksimal flom ved å skalere Q_{1000} fra flomfrekvensanalysen.....	49
10.7	ANBEFALT ARBEIDSGANG FOR DEN RASJONELLE METODEN.....	49
10.7.1	Dette bør du kjenne til når du bruker den rasjonelle metoden.....	50
11	SLIK BRUKER DU RUTING FOR Å BEREGNE AVLØPSFLOM OG VANNSTAND.....	51
11.1	VURDER BEREGNINGSGRUNNLAGET FOR RUTING.....	51
11.1.1	Ruting i beregninger for damsikkerhet og sikkerhet mot flom i reguleringsplan og byggesak.....	52
11.1.2	Hva må du ta hensyn til hvis flommen må rutes gjennom flere magasiner?.....	52
11.2	BESTEM DEN TOTALE VARIGHETEN TIL FLOM- ELLER NEDBØRFORLØPET.....	53
11.2.1	Magasinets kritiske varighet.....	53
11.3	VELG TIDSSKRITT.....	54
11.4	KONSTRUER ET FLOMFORLØP.....	55
11.4.1	Flomforløp basert på nedbørdata.....	55
11.4.2	Flomforløp basert på vannføringsdata.....	55

12	FELT DER DU TRENGER Å GJØRE SPESIELLE VURDERINGER	57
12.1	SAMMENSATTE FELT – FELT MED FLERE MAGASINER	57
12.1.1	<i>Tilsigsflommer</i>	57
12.1.2	<i>Fordeling av nedbør over totalfeltet</i>	57
12.1.3	<i>Magasiner med svært ulik flomdempende effekt</i>	58
12.2	STORE FELT.....	59
12.2.1	<i>Store felt med mange magasiner</i>	59
12.2.2	<i>Du kan sette opp nedbør-avløpsmodeller for flere delfelt</i>	60
12.3	SAMLØPSPROBLEMATIKK – DER TO ELLER FLERE ELVER MØTES	60
12.3.1	<i>Samløp – hovedelv og sideelv</i>	60
12.3.2	<i>Samløp – jevnbyrdige sideelver</i>	60
12.3.3	<i>Samløp – elver av ulik karakter</i>	61
12.3.4	<i>Utløp i innsjø</i>	61
12.4	MIKROFELT OG URBANE FELT	61
12.4.1	<i>Mikrofelt</i>	62
12.4.2	<i>Urbane felt</i>	62
13	VELG ENDELIG DIMENSJONERENDE FLOMESTIMAT	63
13.1	SAMMENSTILL FLOMESTIMATENE FRA DE ULIKE METODENE, VELG ENDELIG FLOMESTIMAT OG BEGRUNN VALGET	63
13.2	SAMMENLIGN FLOMESTIMATET MED ANDRE FLOMBEREGNINGER, OBSERVASJONER OG ERFARINGSTALL	63
13.2.1	<i>For damsikkerhet er det et krav å sammenligne med observerte verdier</i>	64
13.2.2	<i>Sammenlign påregnelig maksimal flom med Q_{1000}</i>	64
14	VURDER USIKKERHETEN I FLOMESTIMATENE OG DET HYDROLOGISKE DATAGRUNNLAGET	65
14.1	KLASSIFISER DET HYDROLOGISKE DATAGRUNNLAGET	65
14.1.1	<i>Slik klassifiserer du det hydrologiske datagrunnlaget når du bruker nedbør-avløpsmodell</i>	66
14.2	SLIK KAN DU VURDERE USIKKERHETEN I FLOMESTIMATET.....	66
14.2.1	<i>Vi anbefaler at du gjør en følsomhetsanalyse</i>	67
15	LEGG TIL KLIMAPÅSLAG PÅ FLOMESTIMATET	69
16	DOKUMENTASJON, KONTROLL OG GODKJENNING AV FLOMBEREGNINGER.....	70
17	REFERANSELISTE	71
	VEDLEGG A: ORDLISTE OG DEFINISJONER	75
	VEDLEGG B: FELTEGENSKAPER – FELTPARAMETRE OG KLIMAPARAMETRE	78
	VEDLEGG C: NEVINA.....	81
	C.1 DU KAN BRUKE NEVINA TIL Å FINNE NEDBØRFELT OG FELTEGENSKAPENE	81
	C.2 SLIK HENTER DU ET FLOMESTIMAT FRA NEVINA	83
	VEDLEGG D: NVES DATABASE OG ANALYSEPROGRAMVARE – HYDRA II.....	84
	D.1 DE MEST AKTUELLE PROGRAMMENE I HYDRA II-SYSTEMET.....	84
	D.2 DE MEST AKTUELLE ARKIVENE I HYDRA II-SYSTEMET.....	84
	VEDLEGG E: HYDROLOGISKE DATA.....	87
	E.1 OBSERVERTE VANNSTANDER REGNES OM TIL VANNFØRINGER VIA EN VANNFØRINGSKURVE	87
	E.2 USIKKERHET I VANNSTANDS- OG VANNFØRINGSSERIENE	87
	E.3 USIKKERHET I VANNFØRINGSKURVEN	88
	E.3 OM FINDATA.....	89
	E.4 OM DØGNDATA	89
	E.5 TILSIGSSERIER.....	89
	VEDLEGG F: KVALITETSKONTROLL AV HYDROLOGISKE DATA	92
	F.1 NVES KONTROLL AV HYDROLOGISKE DATA.....	92
	<i>F.1.1 Automatisk kontroll og korreksjon av perioder med isoppstuvning på findata</i>	92

F.2 DU BØR GJØRE EN KVALITETSVURDERING AV DATA SOM DU BRUKER I DIN ANALYSE	94
F.2.1 Hva må du gjøre av kvalitetsvurdering på findata?	94
F.2.2 Hva må du gjøre av kvalitetsvurdering på døgndata?	95
VEDLEGG G: EKSTREMNEDBØR I FLOMBEREGNINGER.....	96
STEG 1: FÅ OVERSIKT OVER TILGJENGELIGE OBSERVASJONER.....	96
STEG 2: ESTIMERE NEDBØRVERDIER	96
Varighet døgn (24 timer).....	96
Kortere varigheter enn døgn (< 24 timer)	97
STEG 3: KONVERTER FRA PUNKTNEDBØR TIL AREALNEDBØR – AREALREDUKSJONSFAKTOR (ARF)	100
VEDLEGG H: PQRUT.....	102
H.1. MODELLSTRUKTUR I PQRUT	102
H.1.1. Valg av modellparametre i PQRUT	104
H.1.2. Ligninger for estimering av modellparametrene	104
H.1.3. Du kan velge metningsgrad i nedbørfeltet.....	105
H.2. DETALJERT ARBEIDSGANG FOR BRUK AV PQRUT	105
H.2.1. Slik estimerer du modellparametre i PQRUT.....	107
H.2.2. Slik kalibrerer du modellparametre i PQRUT	108
H.2.3. Slik bestemmer du startvannføring og metningsgrad i PQRUT	108
VEDLEGG I: DEN RASJONELLE METODE	110
I.1. DETALJERT ARBEIDSGANG FOR DEN RASJONELLE METODEN	110
I.2. SLIK BESTEMMER DU AVRENNINGSFAKTOREN	111
I.3. SLIK FINNER DU DIMENSJONERENDE NEDBØRINTENSITET (I)	113
VEDLEGG J: ERFARINGSTALL FOR FLOMESTIMATER	114
ERFARINGSTALL FOR DØGNVERDIER	114
ERFARINGSTALL FOR KULMINASJONSVERDIER I SMÅ FELT	115
VEDLEGG K: ERFARINGSTALL FOR SNØSMELTING	118
VEDLEGG L: TRINNVIS ARBEIDSGANG FOR FLOMBEREGNINGER	119
VEDLEGG M: REGNEEKSEMPEL: SMÅ NEDBØRFELT – LUNDEBEKKEN	124
FÅ OVERSIKT OVER NEDBØRFELTET OG TILHØRENDE FELTEGENSKAPER.....	124
FINN REPRESENTATIVE VANNFØRINGSSTASJONER	125
HENTE UT FORELØPIG FLOMESTIMAT FRA FORMELVERKET RFFA-NIFS	126
VELG BEREGNINGSMETODE	127
SAMMENLIGNING AV RESULTATER OG VALG AV DIMENSJONERENDE FLOMESTIMAT	133
KLIMAPÅSLAG PÅ FLOMESTIMATET	134
VEDLEGG N: REGNEEKSEMPEL: REGULERT NEDBØRFELT	135
FINN REPRESENTATIVE VANNFØRINGSSTASJONER	138
HENTE UT FORELØPIG FLOMESTIMAT FRA FORMELVERK	140
KLASSIFISERING AV FLOMBEREGNING	152
VIDERE ARBEID FOR Å FULLFØRE BEREGNINGEN	152

Forord

Flomberegninger er grunnlaget for dimensjonering av infrastruktur som for eksempel dammer, bruer og kulverter, og for utarbeidelse av flomsonekart. Det er derfor viktig at du baserer dine flomberegninger på anbefalt metodikk og det beste datagrunnlaget som er tilgjengelig. I *Veileder for flomberegninger* gir vi anbefalinger til hvordan du bør utføre flomberegninger.

Anbefalingene i denne utgaven av *Veileder for flomberegninger* NVE Veileder X/2025 er de samme som i tidligere utgave ([NVE Veileder 1/2022](#)), men strukturen er vesentlig endret og teksten er bearbeidet for å bedre oppfylle NVEs klarspråkprinsipper. Det har vi gjort for å gjøre veilederen mer anvendelig for deg som utfører flomberegninger. Det er årsaken til at også mye av generell teori innen flomhydrologi er fjernet fra denne veilederen.

Noe er imidlertid nytt:

- digitalt klimakart utviklet for vurdering av klimapåslag (Kapittel 15)
- oppdaterte erfaringstall for flom (vedlegg J)
- nye arkiver i Hydrall (vedlegg D)
- NVE sekundærkontrollerer findata fra og med 2024 (vedlegg E og F)

Har du innspill til denne veilederen? Send e-post til nve@nve.no med saksnummer 202202981 i emnefeltet.

Oslo, oktober 2024

1 Innledning

Denne veilederen hjelper deg med å utføre en flomberegning etter gjeldende krav (kapittel 2) og våre anbefalinger. NVE ønsker å sikre konsistente flomestimater og at den som utfører flomberegningen vurderer usikkerheten i flomestimatene.

1.1 Hvem er veilederen rettet mot?

Veilederen er rettet mot fagpersoner innen hydrologi som utfører flomberegninger.

Veilederen egner seg både for deg som er en erfaren hydrolog, og for deg som trenger en praktisk innføring i flomberegninger. Veilederen er ikke skrevet med tanke på deg som trenger en grunnleggende teoretisk innføring i flomberegninger. For mer detaljerte beskrivelser av teori og metoder anbefaler vi å lese aktuell litteratur fra referanselisten.

1.1.1 Hva forutsetter veilederen av forhåndskunnskap?

Veilederen forutsetter at du har grunnleggende forståelse for hydrologi, og at du har utdanning eller erfaring innen faget hydrologi. Innføring i hydrologi er derfor ikke en del av denne veilederen.

Å utføre en flomberegning krever at du må gjøre flere faglige vurderinger underveis, og at du må begrunne valgene du gjør.

For flomberegninger for dammer er det egne krav¹ ([NVE Veileder 2/2022](#)) til kompetanse til deg som utfører og kontrollerer flomberegningene.

Skal du utføre flomberegninger som skal brukes til vurdering av sikkerhet mot flom i reguleringsplan og byggesak kan du lese mer om anbefalt kompetanse i Veilederen [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\), kapittel 6.1.](#)

1.2 Hva finner du i denne veilederen?

I denne veilederen gir vi anbefalinger for hvordan du bør utføre flomberegninger i Norge. Metodene vi anbefaler er velprøvde og mye benyttet innen flomhydrologi. Vi har tatt utgangspunkt i det mest oppdaterte datagrunnlaget som er tilgjengelig, og vi gir konkrete anbefalinger om hvilke metoder som er hensiktsmessige ut fra tilgjengelige data. Vi har lagt vekt på at metodene skal være veldokumenterte, at usikkerheten lar seg kvantifisere og at det finnes verktøy som gjør det enkelt å bruke metodene.

I denne veilederen får du vite hvordan du beregner vannføring for ulike gjentaksintervall. Veilederen omfatter ikke hydraulisk ruting (for flomsonkart), eller hvordan du kartlegger arealer utsatt for fare eller skade fra overvann. Se kapittel 1.3 for aktuelle veiledere for disse temaene.

Denne veilederen erstatter [Veileder for flomberegninger \(NVE Veileder 1/2022\)](#).

¹ «Flomberegningene skal utføres og kontrolleres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde IV jf. § 3-5. Kvalifisert fagperson, som ikke er NVE-godkjent fagansvarlig, kan ikke gjennomføre både utarbeiding og kontroll. Én av oppgavene må gjennomføres av godkjent fagansvarlig.» (damsikkerhetsforskriften § 5-7 andre ledd). Les mer på [Kvalifikasjonskrav og -godkjenning \(nve.no\)](#).

1.2.1 Veilederen er bygd opp som en stegvis utførelse av en flomberegning

Veilederen er bygd opp ut ifra vår anbefalte fremgangsmåte til en flomberegning. De fleste kapitlene tilsvarer ett steg i flomberegningen.

Vi anbefaler at flomberegningen gjøres i følgende rekkefølge:

- Avklar formålet med flomberegningen (kapittel 2).
- Få oversikt over nedbørfeltet og tilhørende feltegenskaper (kapittel 3).
- Finn representative vannføringsstasjoner (kapittel 4).
- Bruk formelverk til å beregne et foreløpig flomestimat (kapittel 5).
- Velg beregningsmetode (kapittel 6).
 - Hvilke **flomfrekvensanalyser** passer i ulike tilfeller? (kapittel 7)
 - Hvilke **nedbør-avløpsmetoder** passer i ulike tilfeller? (kapittel 9)
- Utfør flomberegningen.
 - Slik utfører du en **flomfrekvensanalyse** (kapittel 8).
 - Slik utfører du en **nedbør-avløpsanalyse** (kapittel 10).
- Velg endelig dimensjonerende flomestimat (kapittel 13).
- Vurder usikkerheten i flomestimatet og det hydrologiske grunnlaget (kapittel 14).
- Legg til klimapåslag på flomestimatet (kapittel 15).
- Dokumenter flomberegningen (kapittel 16).

Hvis flomberegningen er for utløpet av en innsjø eller du har magasiner i nedbørfeltet som demper flommen, kan du lese mer om bruk av ruting for å beregne avløpsflom og vannstand i kapittel 11.

I kapittel 12 får du vite hvilke spesielle hensyn du bør ta når du gjør beregninger for sammensatte felt, store felt, mikrofelt eller urbane felt.

1.3 Andre veiledere: damsikkerhet, sikkerhet mot flom i reguleringsplan og byggesak, og overvann

Flomberegninger for dammer, flomløp og andre vassdragsanlegg

Skal du gjøre flomberegninger for dammer, flomløp og andre vassdragsanlegg? Les [Flomberegninger for dammer – Veileder til damsikkerhetsforskriften \(NVE Veileder 2/2022\)](#). Denne utdyper bestemmelsene i § 5-7 om flomberegninger i forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften).

Utredning av flomfare i arealplaner og byggesak

Skal du utrede eller bestille en utredning av flomfaren i reguleringsplan eller byggesak? Veilederen [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#) beskriver hvordan du oppfyller kravene til sikkerhet mot flom etter plan- og bygningsloven § 28-1

og byggtknisk forskrift (TEK17) § 7-2, i forbindelse med reguleringsplaner og bygge- og dispensasjonssaker. Du må bruke denne veilederen (NVE Veileder X/2025) i kombinasjon med [NVE Veileder 3/2022](#) i utredninger av flomfare.

Veileder 3/2022 inneholder også veiledning knyttet til hydraulisk modellering og hydraulisk ruting.

Kartlegging av overvannsfare

Ønsker du å kartlegge om et område er utsatt for overvannsfare bør du lese [Kartlegging av fare fra overvann \(NVE Veileder 2/2023\)](#). I [Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar; Korleis ta hensyn til vassmengder \(NVE Veileder 4/2022\)](#) kan du lese om hvordan du forebygger fare og skade fra overvann gjennom arealplanlegging, og hvilke anbefalinger NVE har til hvordan du kan vurdere om et område ligger tilstrekkelig sikkert for skade og fare fra overvann.

UTKAST

2 Avklar formålet med flomberegningen

Start med å beskrive formålet med flomberegningen. Skal du beregne dimensjonerende flom for en bru eller en kulvert, eller beregne påregnelig maksimal flom til en dam? Når du har definert formålet med beregningen, vil det være enklere å avgjøre hvilket gjentakstintervall du skal gjøre beregningen for.

Tiltak eller konstruksjoner som for eksempel dammer, bruer, kulverter og flomsikring i vassdrag har ofte et krav om å tåle en flomvannføring med et visst gjentakstintervall (årlig sannsynlighet). Hvilket gjentakstintervall du skal legge til grunn for dimensjonering av et tiltak, avhenger av type tiltak, risikovurdering og forventet levetid.

Hva er et gjentakstintervall?

Et gjentakstintervall er et mål for hvor mange år det i gjennomsnitt er mellom hver gang en bestemt vannføring overskrides. Gjentakstintervaller brukes for å anslå (statistisk) hvor sjelden en hendelse av en viss størrelse er. I en uendelig lang tidsserie vil for eksempel en flom med gjentakstintervall 200 år, også kalt en 200-årsflom, i gjennomsnitt opptre hvert tohundrede år. Det betyr at det hvert år er 0,5 prosent sannsynlighet for at en 200-årsflom inntreffer. Det utelukker ikke at en 200-årsflom kan inntreffe to år på rad, selv om det er lite sannsynlig.

2.1 Krav til dammer og vassdragsanlegg

[Damsikkerhetsforskriften \(dsf., 2009, § 5-7\)](#) stiller en rekke krav til utførelsen av flomberegninger. [Flomberegninger for dammer – Veileder til damsikkerhetsforskriften \(NVE Veileder 2/2022\)](#) gir veiledning til bestemmelsene i dsf. § 5-7.

[Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#) beskriver blant annet at vassdragsanlegg i konsekvensklasse 1–4 skal dimensjoneres og kontrolleres for flomstørrelsene gitt i Tabell 1. For noen dammer kan også andre flomrelaterte ulykkesituasjoner (ulykkesflom) være aktuelle. Du finner en mer detaljert beskrivelse av forutsetningene for flomberegninger for vassdragsanlegg plassert i konsekvensklasse 1 eller høyere i [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#).

Tabell 1: Minimumskrav til flomberegninger ved vassdragsanlegg (NVE Veileder 2/2022, s. 10).

Klasse	Bruddgrensetilstand (Q_{dim})	Ulykkesgrensetilstand	
	Generelt krav	Generelt krav	Tilleggskontroll
4 og 3	Q_{1000}	PMF	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
2	Q_{1000}	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$
1	Q_{500}	PMF eller $1,5 \times Q_{dim}$	$Q_{dim} + \text{lukesvikt}$

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

Kvalifikasjonskrav

Den som utfører og kontrollerer flomberegningen må være NVE-godkjent fagansvarlig innenfor fagområde IV², og det må fremgå i flomberegningsrapporten hvem som har utført og hvem som har kontrollert beregningene.

2.2 Krav til byggverk i flomutsatte områder (reguleringsplan og byggesak)

Kravene til sikker byggegrunn, inkludert sikkerhet mot flom og tekniske krav til byggverk, er fastsatt i [plan- og bygningsloven \(pbl\)](#) §§ 28-1 og 29-5 og [byggteknisk forskrift \(TEK17\) kapittel 7](#) med tilhørende veiledning.

«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» ([TEK17 § 7-2](#) første ledd). NVE mener at en plassering utenfor flomutsatte områder basert på beregninger av påregnelig maksimal flom (PMF) vil gi tilstrekkelig sikkerhet for denne typen byggverk.

Det er definert tre sikkerhetsklasser for flom som skal legges til grunn for byggverk i flomutsatte områder ([TEK17 § 7-2](#) andre ledd, tabell 2). Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk tilhører, er avhengig av funksjonen til byggverket og konsekvensene ved oversvømmelse.

«For byggverk i flomutsatt område skal det fastsettes sikkerhetsklasse for flom etter tabellen under. Byggverk skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet i tabellen ikke overskrides. Dersom det er fare for liv, fastsettes sikkerhetsklasse som for skred, jf. § 7-3.» ([TEK17 § 7-2](#) andre ledd).

Tabell 2: Sikkerhetsklasser for byggverk i flomutsatt område (TEK17 § 7-2 andre ledd). T er år.

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet (1/T)
F1	Liten	1/20
F2	Middels	1/200
F3	Stor	1/1000

En detaljert beskrivelse av hvordan utrede flomfaren i forbindelse med bygging i flomutsatte områder finner du i [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#).

² «Flomberegningene skal utføres og kontrolleres av kvalifiserte fagpersoner innen fagområde IV jf. § 3-5. Kvalifisert fagperson, som ikke er NVE-godkjent fagansvarlig, kan ikke gjennomføre både utarbeiding og kontroll. Èn av oppgavene må gjennomføres av godkjent fagansvarlig.» (damsikkerhetsforskriften § 5-7 andre ledd). Les mer på [Kvalifikasjonskrav og -godkjenning \(nve.no\)](#).

2.3 Krav til byggverk i områder utsatt for fare og skade fra overvann (reguleringsplan og byggesak)

Kravene til sikker byggegrunn, inkludert sikkerhet mot fare og skade fra overvann, og tekniske krav til byggverk er fastsatt i [plan- og bygningsloven \(pbl\)](#) §§ 28-1 og 29-5 og [byggteknisk forskrift \(TEK17\) kapittel 7](#) med tilhørende veiledning.

For overvann gjelder de generelle kravene om sikkerhet mot naturpåkjenninger i TEK17 § 7-1 da forskriften ikke definerer et eget sikkerhetsnivå for fare og skade fra overvann slik som den gjør for flom. «Byggverk skal plasseres, prosjekteres og utføres slik at det oppnås tilfredsstillende sikkerhet mot skade eller vesentlig ulempe fra naturpåkjenninger» (TEK17 § 7-1 første ledd). «Tiltak skal prosjekteres og utføres slik at byggverk, byggegrunn og tilstøtende terreng ikke utsettes for fare for skade eller vesentlig ulempe som følge av tiltaket» (TEK17 § 7-1 andre ledd).

Kommunen må ta stilling til tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann. I [Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar: korleis ta omsyn til vassmengder? \(NVE Veileder 4/2022, s.32\)](#) finner du anbefaling for tilstrekkelig sikkerhet mot fare og skade fra overvann som kommunen kan legge til grunn.

2.4 Krav til bruer, kulverter og stikkrenner

2.4.1 Jernbane

I teknisk regelverk for jernbane er det gitt egne krav og anbefalinger til beregning av dimensjonerende vannføring. For dimensjonering av stikkrenner skal 200-årsregn brukes, mens for dimensjonering av bruer skal 200-årsflom brukes. Dette er beskrevet i [Teknisk regelverk – Dimensjonerende vannføring](#) (BaneNor, 2024).

2.4.2 Vegbygging

Statens vegvesen anbefaler å dimensjonere bruer, kulverter og stikkrenner etter en flom med gjentaksintervall fra 50–200 år. Dette er beskrevet i [Vegnormal N200 Vegbygging](#) (Statens vegvesen, 2022). Det er årsgjennsnitt og omkjøringsmuligheter som avgjør hvilket gjentaksintervall du bør bruke i beregningen. Du skal også legge til et sikkerhetspåslag til flomestimatet.

2.4.3 Skogsveger

Det er anbefalt å dimensjonere kulverter og stikkrenner til skogsveger etter en flom med gjentaksintervall 20–50 år. Les mer i [veileder Skogsbilveger og skredfare](#) (Fergus mfl., 2011).

2.5 Krav til energi- og nettanlegg

Energi- og nettanlegg er unntatt kravene i plan- og bygningsloven (pbl.) og byggt teknisk forskrift (TEK 17), men [kapittel 5 i kraftberedskapsforskriften](#) (2012) setter krav om sikring av energi- og nettanlegg.

Det er ulike konsesjonsprosesser for nettanlegg og ulike energianlegg. Du kan lese mer om de ulike [konsesjonsprosessene på NVEs nettsider](#).

For konsesjonsøknader for nettanlegg er det laget en egen veileder, hvor du kan lese mer om krav og dokumentasjon ved vurdering av flomfare, som må ligge til grunn ved konsesjonsøknad i [konsesjonsøknad for nettanlegg](#).

UTKAST

3 Få oversikt over nedbørfeltet og tilhørende feltegenskaper

Når du har avklart hva som er formålet med beregningen din, kan du bestemme deg for hvilke punkter i vassdraget du skal gjøre beregningen for. Vis beregningspunktene i et kart. En flomberegning kan inneholde flere beregningspunkter. Du gjør en flomberegning for hvert av beregningspunktene.

I et kart til en flomberegningsrapport anbefaler vi at du tar med

- beregningspunktene
- nedbørfeltgrenser til hvert av punktene og for hele feltet totalt
- reguleringer i vassdraget

Bruk ditt foretrukne kartverktøy for å få oversikt over nedbørfeltet til beregningspunktene. Felt- og klimaparametere for det aktuelle nedbørfeltet finner du ved hjelp av GIS-verktøy. NVEs GIS-verktøy NEVINA og NVE Temakart er forklart under (kapittel 3.1 og kapittel 3.2).

Feltegenskapene kan påvirke flomforholdene i et nedbørfelt og er viktige å ta hensyn til når du skal velge representativ stasjon i en flomberegning (kapittel 4).

3.1 NEVINA

NEVINA er et kartverktøy som gir deg nedbørfeltet og feltegenskapene til et beregningspunkt. NEVINA finner du på nevina.nve.no. En gjennomgang av hvordan generere nedbørfelt og finne feltegenskaper i NEVINA er gjengitt i *Vedlegg C: NEVINA*. Selve [Brukerveiledningen til NEVINA](#) (NVE, 2024) er publisert som en egen rapport.

NEVINA gir deg et utsnitt av nedbørfeltet, med tilhørende klimaparametre og feltegenskaper. Noen av de viktigste feltegenskapene i en flomberegning er:

- **Areal:** Størrelsen på nedbørfeltet har mye å si i en flomberegning, siden det påvirker hvilken metode vi anbefaler. Ulike feltstørrelser vil også føre til ulike flomforhold og prosesser i feltene.
- **Avrenning (Q_N):** Gjennomsnittlig avrenning over en 30-årsperiode.
- **Effektiv sjøprosent (A_{SE}):** Hvor i feltet en innsjø ligger, vil påvirke hvordan feltet reagerer på flom. Innsjøer langt nede i feltet vil ha større effekt på flomdemping enn innsjøer nær vannskillet.
- **Høydefordeling / hypsografisk kurve:** Hvor høyt feltet ligger over havet og hvor stor andel av feltet som ligger over en viss høyde kan ha mye å si for hydrologiske forhold som snøsesong og nedbørfordeling. For eksempel er medianhøyden (H_{50}) er en god sammenligningsparameter.

Det er mulig å velge fem typer rapporter i NEVINA: “nedbørfeltparameter”, “data fra avrenningskartet” «lavvannindekser», og to variasjoner av “flomindekser”. I disse rapportene vil du få ekstra informasjon knyttet til henholdsvis nedbørfeltparametre, lavvann, eller flom.

Svakheter ved NEVINA

NEVINA som verktøy har noen svakheter:

- I de minste feltene øker usikkerheten i nedbørfeltgrensene og derfor også usikkerheten i de genererte parameterne og indeksene i NEVINA.
- NEVINA beregner alle nedbørfeltparametre som om feltet er uregulert. Det vil si at reguleringer, delfelt knyttet til overføringer og andre menneskelige inngrep som veier, kulverter osv. ikke tas hensyn til når NEVINA gjør sine beregninger.
- Der vassdrag krysser grensen til Sverige, Finland eller Russland, kan det oppstå utfordringer med dreneringsgrenser og delfelt.
- Der det er myr eller tjern som drenerer til to vassdrag, der et elveløp deles i to, eller i felt med større breer eller karstområder der vannskillet ikke alltid følger overflatetopografien, har nedbørfeltet usikre feltgrenser.

Hvis ditt felt har noen av disse utfordringene, kan det være lurt å lage en egen avgrensning av nedbørfeltet i et annet GIS-basert verktøy.

Hvis du er usikker på NEVINAs forslag til feltgrensene, kan dette kontrolleres ved feltbefaring. Særlig i flatt terreng kan det være vanskelig å fastlegge vannskillet kun basert på kart eller flyfoto.

For veldig små (mikrofelt og urbane felt) felt vil ikke NEVINA alltid fungere. Grunnen til det er at vassdraget må være definert, og for de aller minste feltene er ikke alltid vassdraget definert i NEVINA. Ved slike tilfeller kan det være lurt å bruke andre GIS-baserte verktøy.

3.2 NVE Temakart

[NVE Temakart](#) er en kartapplikasjon som hjelper deg med å lage kart over nedbørfeltet. På startsidene til NVE Temakart får du opp en mengde kartlag. Eksempel på nyttige kartlag du kan hente inn i NVE Temakart:

- NVE Nedbørfelt (REGINE) – viser inndeling i vassdragsområder, nedbørfelt og delfelt
- NVE Hydrologiske data – viser både aktive og nedlagte målestasjoner for vannføring, vannstand, grunnvann, snø med mer
- NVE Elvenett – viser hovedelver og elvenett
- NVE Vannkraft utbygd og ikke utbygd – viser hvor vannkraftanlegg ligger og er planlagt utbygd
- NVE Flomsone – viser hvor NVE har utarbeidet flomsonekart, med referanse til tilhørende flomberegning- og flomsonekartrapport

I NVE Temakart kan du hente inn shape-filen til nedbørfeltet du har generert i NEVINA eller i et annet program, for å lettere få oversikt over feltet ditt i sammenheng med kartlagene over. Kartet du lager i NVE Temakart kan eksporteres til en pdf- eller jpg-fil.

4 Finn representative vannføringsstasjoner

En representativ vannføringsstasjon er en målestasjon som representerer vannføringen i ditt punkt. Det betyr at avrenningsforholdene vurderes som like, eller like nok, for ditt beregningspunkt. For eksempel må du vurdere om flomsesongen og selvreguleringsevnen til feltet til målestasjonen er lik, eller tilnærmet lik, som i nedbørfeltet til ditt beregningspunkt.

Du må også vurdere kvaliteten og lengden på aktuelle tidsserier.

Du kan lese mer om hydrologiske data og kvalitetskontroll av hydrologiske data i *Vedlegg E: Hydrologiske data* og *Vedlegg F: Kvalitetskontroll av hydrologiske data*.

4.1 Slik finner du representative målestasjoner for umålte felt

I punktlisten nedenfor foreslår vi noen punkter som kan hjelpe deg med å finne representative målestasjoner:

- 1. Identifiser mulige representative målestasjoner i nærliggende vassdrag eller i regionen.** Vi anbefaler at du starter med et bredt utvalg stasjoner. Det kan være aktuelt å vurdere både aktive og nedlagte stasjoner. NVE Seriekart er et fint verktøy for dette, se kapittel 4.2.
- 2. Sammenlign de ulike feltegenskapene til flere stasjoner.** Siden ulike nedbørfelt responderer ulikt på nedbør, må du ta hensyn til selvreguleringsevnen til feltet i kombinasjon med de klimatiske forholdene når du skal finne den mest representative målestasjonen (se kapittel 4.1.1).
- 3. Hvor representativ en målestasjon er, avhenger av hva som skal estimeres.**
 - a. Middelflom:** Når du skal estimere middelflom, bør du vektlegge feltets selvreguleringsevne (feltets respons på nedbør) og klimatiske forhold (avrenning) mer enn lengden på tidsserien.
 - b. Vekstkurve:** Når du skal estimere vekstkurven (forholdet mellom indeksflom og flommer med høyere gjentaksintervall), er klimatiske forhold og antall år med målinger i de fleste tilfeller viktigere enn de fysiske feltegenskapene.

Du kan også **bruke andre målestasjoner som referanse**, selv i tilfeller der du mangler gode representative målestasjoner. Flomestimer fra andre stasjoner, sammen med en vurdering av stasjonenes feltegenskaper og klimatiske forhold, kan hjelpe deg å avgrense flomestimatet for det umålte feltet.

I utgangspunktet kan kun uregulerte tidsserier fungere som representative målestasjoner for umålte felt. Vær oppmerksom på at noen stasjoner som er regulert, likevel kan være ok å bruke i flomberegninger hvis flomvannføringene er lite påvirket av reguleringene.

Ved valg av representative tidsserier kan du ta utgangspunkt i tidsserier som har blitt brukt til å utvikle regionale formelverk for flomberegninger i [Flomdata: Utvalg og kvalitetssikring av flomdata for flomfrekvensanalyser \(NVE Rapport 85/2016\)](#) disse tidsseriene har gjennomgått en kvalitetskontroll. Merk at utvalget av stasjoner i NVE Rapport 85/2016 ikke er oppdatert. Det kan være flere stasjoner som har fått gode flomdata etter 2016 (forbedret vannføringskurve, lengre tidsserie osv.). Bruk derfor alltid nyeste data – flomberegninger er ferskvare.

4.1.1 Faktorer som påvirker hvilken målestasjon du bør velge

Vi anbefaler at du vurderer følgende punkter når du velger representative målestasjoner:

- er stasjonen påvirket av reguleringer, og i hvor stor grad påvirker reguleringene flomvannføringene?
- størrelsen på feltarealet
- effektiv sjøprosent
- snaufjellandel
- breandel
- medianhøyde i feltet
- årlig middelavrenning (spesifikk avrenning)
- klimatiske forhold. En representativ stasjon bør ligge i et tilsvarende klima som feltet du skal gjøre flomberegning for. Vurder følgende punkter:
 - flomgenererende prosesser / flomgenererende sesong
 - nærhet til kyst vs. innland
 - høyde over havet
 - skarpe skiller i nedbørsgradient (for eksempel nord/sør vs. øst/vest på Vestlandet)
- tidsserie:
 - lengde på serien
 - er stasjonen nedlagt eller aktiv?
 - tidsoppløsning på data
- datakvalitet:
 - kvalitet på vannføringskurve ved flom/stor vannføring. Vurder antall vannføringsmålinger, fordeling og kvalitet på vannføringsmålingene.
 - kvalitet på vannstandsregistreringer
 - bestemmende profil (er profilet stabilt eller ikke?)
 - kontinuitet i serien (er det mange hull?)
 - is- eller driftsutfordringer

4.1.2 Vurder middelavrenningen som du får fra avrenningskartet

Avrenningskartet er et kart som viser årlig middelavrenning for Norge. Årlig middelavrenning brukes i flomanalyser for å finne representative målestasjoner, men er spesielt viktig hvis du skal estimere flomstørrelser via formelverk (se kapittel 5).

Du kan finne avrenningsverdiene fra 1961-1990 og 1991-2020 i [NEVINA](#) og i [NVE Rapport 36/2022](#). For normalperioden 1991-2020 angis et forenklet estimat på usikkerheten i middelavrenningen fra

avrenningskartet for et nedbørfelt. Usikkerhetsintervallet angir standardavviket til beregnet middelavrenning (1991-2020).

Hvor stor usikkerhet det er i beregnet middelavrenning fra avrenningskartet vil variere. For noen steder i Norge er det godt samsvar med reell avrenning og andre steder er samsvaret dårligere. Vi anbefaler derfor at du vurderer middelavrenningen for ditt felt. Dette kan du gjøre ved å sammenligne observerte data fra nærliggende målestasjoner med beregnet verdi fra avrenningskart for ditt felt. Om det er store gradienter i avrenningskartet i området, er det større grunn til å tro at usikkerheten kan være stor. Dette vil også gjelde for små nedbørfelt.

4.2 NVE Seriekart

[NVE Seriekart](#) er et verktøy som er utviklet for at du skal finne målestasjoner og identifisere representative og sammenlignbare stasjoner eller tidsserier ut fra gitte kriterier. I NVE Seriekart kan du hente inn shape-filen til nedbørfeltet du har generert i NEVINA eller i et annet program.

Du kan eksportere aktuelle målestasjoner med tilhørende feltparametre og metadata i Excel-format.

4.3 Annen vannføringsdata som kan styrke flomberegningen

4.3.1 Konstruerte tilsigsserier – bruk kraftverksdata

I regulerte vassdrag hvor det finnes gode kraftverksdata (magasin vannstander, driftsvannføringer, flomtap, overførte vannmengder osv.) kan du konstruere tilsigsserier for å beregne tilløpsflom. Dette er et verdifullt supplement til representative vannføringsserier og kan for eksempel hjelpe deg å vurdere uregulert tilsig i et regulert vassdrag.

Hva kan du bruke tilsigsserier til?

Du kan i prinsippet bruke en tilsigsserie til alle formål som andre typer vannføringsserier brukes til, men bruken og nytteverdien av en tilsigsserie vil alltid avhenge av kvaliteten og lengden på tidsserien.

Du kan bruke tilsigsserier til å

- beregne midlere tilsigsflom
- utføre flomfrekvensanalyser
- beregne tilløpsflom til magasiner
- etterregne større flomhendelser i vassdraget

Du kan finne eksempler på beregning av midlere tilsigsflom i [Flomtilsig fra magasindata \(NVE Rapport 50/2018\)](#) og lese mer om tilsigsserier i *Vedlegg E: Hydrologiske data*.

4.3.2 Konstruerte vannføringsserier

En konstruert vannføringsserie (også kalt for tidsserie eller dataserie) kan være veldig nyttig når det mangler observerte vannføringsdata for det aktuelle beregningspunktet.

Hvis det for eksempel finnes data fra to elver som møtes, kan du konstruere en vannføringsserie for elva nedstrøms samløpet. I slike tilfeller kan du lage en ny vannføringsserie ved først å skalere de to vannføringsseriene til å representere vannføringene umiddelbart oppstrøms samløpet. Deretter

legger du sammen de to seriene. Den konstruerte vannføringsserien vil da kunne gi et godt anslag på vannføringsforholdene ved samløpet.

Hvis det finnes vannføringsdata fra hovedelva oppstrøms og nedstrøms samløpet, kan du konstruere en vannføringsserie på tilsvarende måte for å anslå vannføringen i en større sideelv. En slik vannføringsserie kan være følsom for feil eller unøyaktigheter i data og må sjekkes nøye. Du bør sjekke at resultatene harmonerer med eventuelle andre observasjoner av vannføring i vassdraget. Et alternativ kan være å bruke data fra en representativ målestasjon i et nærliggende vassdrag. Dataene må i så fall skaleres etter midlere årsavløp eller feltareal.

Du kan også konstruere en vannføringsserie for å beskrive overføringer. Det gjør du ved å skalere vannføringen fra en representativ målestasjon.

Korte vannføringsserier, eller perioder med observasjonsbrudd, kan forlenges eller kompletteres ved å bruke for eksempel regresjonsmodeller eller nedbør-avløpsmodeller. Vi advarer mot å bruke slike vannføringsserier ukritisk, spesielt i flomperioder.

Selv om det kan være stor usikkerhet knyttet til konstruerte vannføringsserier, er de et nyttig supplement til andre metoder for å anslå flomverdier.

4.3.3 Historisk flominformasjon

Historisk flominformasjon kan utvide datagrunnlag ditt, enten ved å inngå i selve flomberegningen eller ved å fungere som støtte når du skal vurdere om flomestimatene virker rimelige. Historisk flominformasjon er registrerte vannstander fra kjente, store flommer som inntraff før vi startet med systematisk registrering av vannstander.

For å ta i bruk historisk flominformasjon i en flomfrekvensanalyse må du kunne ta ut flomhøyder (vannstand) som du igjen bruker til å beregne flomvannføringer. Flomhøyder avmerket på steiner, svaberg, bygninger, bruer eller lignende er derfor svært nyttige. Også beskrivelser av hvor høyt vannet har stått i terrenget, er nyttig. For å kunne bruke slike vannstander i en flomfrekvensanalyse for vannføring forutsetter vi at en hydraulisk modell kan gi et estimat på flomstørrelsen, og at de hydrauliske forholdene i vassdraget over tid er kjent (for eksempel endringer i utløpsforholdene ved et vann).

Historisk informasjon om flommer i Norge kan du blant annet finne i boken *Flom i Norge* (Roald, 2013), i [NVE Rapport 1/2021](#) og på NVEs nettside naturhendelser.varsom.no.

5 Bruk formelverk til å beregne et foreløpig flomestimat

Før du går i gang med selve flomberegningen, enten det er med flomfrekvensanalyse eller nedbør-avløpsmetoder, anbefaler vi at du finner et foreløpig flomestimat ved å bruke regionale formelverk.

Regionale flomfrekvensanalyser (RFFA) gir deg et flomestimat som er basert på resultater fra lokale flomfrekvensanalyser fra et stort antall stasjoner. Man har funnet en sammenheng mellom flomstørrelser og feltegenskaper og brukt denne informasjonen til å lage regionale formelverk slik at du kan få et flomestimat i et umålt felt.

NVE har utviklet to regionale formelverk: et for små nedbørfelt (< 60 km²) kalt RFFA-NIFS, og et generelt formelverk kalt RFFA-2018. Begge er tilgjengelige gjennom det NVE-utviklede verktøyet NEVINA.

Merk deg at NEVINA tar ikke hensyn til reguleringer i vassdraget og beregner alle flomverdier som om nedbørfeltet er uregulert.

NEVINA finner du på nevina.nve.no. Se kapittel 3.1 og *Vedlegg C: NEVINA* for hvordan hente et flomestimat fra NEVINA.

5.1 Om formelverket RFFA-2018

RFFA-2018 er et formelverk som estimerer flomverdier (Q_T), og kan brukes for alle nedbørfeltstørrelser. Formelverket har ligninger som regner ut indeksflom, vekstkurve og forholdstall mellom kulminasjonsflom og indeksflom ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$) i umålte felt. Ligningene baserer seg på nedbørfeltparametre og klimaparametre som hentes fra nasjonale datasett.

Analysene som ligger til grunn for formelverket er beskrevet i [Lokal og regional flomfrekvensanalyse \(NVE Rapport 10/2020\)](#).

5.2 Om formelverket RFFA-NIFS

Formelverket RFFA-NIFS er laget for å estimere kulminasjonsflomverdier i nedbørfelt mindre enn 60 km². RFFA-NIFS har ligninger som beregner middelflommen og vekstkurven til et nedbørfelt.

RFFA-NIFS er utviklet for å estimere flomstørrelser opp til og med 200-års gjentaksintervall. Over dette blir vekstkurven fra RFFA-NIFS veldig bratt, og du bør heller legge vekt på vekstkurvene fra RFFA-2018 og representative stasjoner i området for å finne 500- og 1000-årsflommen. Dette betyr at selv om RFFA-NIFS gir deg en vekstkurve og flomverdier (Q_T) også for 500- og 1000-årsflom, skal du ikke bruke disse for å estimere endelige flomverdier for disse gjentaksintervallene.

Analysene som ligger til grunn for formelverket er beskrevet i [Nasjonalt formelverk for flomberegning i små nedbørfelt \(NVE Rapport 13/2015\)](#).

6 Velg beregningsmetode

I dette kapitlet får du hjelp til å avgjøre om du skal bruke flomfrekvensanalyser, nedbør-avløpsmetoder eller begge deler. Du får også vite hva ruting er og når du bør bruke det.

I kapittel 7 anbefaler vi hvilke typer flomfrekvensanalyser som passer i hvilke tilfeller, og i kapittel 9 anbefaler vi hvilke typer nedbør-avløpsmetoder som passer i ulike tilfeller. I kapittel 8 og 10 viser vi henholdsvis hvordan flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsanalyser kan utføres.

6.1 Du bør bruke flere beregningsmetoder

Vi anbefaler at du alltid bruker flere beregningsmetoder i en flomberegning, fordi det vil gjøre det lettere å vurdere om flomestimatet ditt virker rimelig.

Hvis du har tilgang på representative vannføringsdata, anbefaler vi at du alltid gjør en flomfrekvensanalyse. Lengden på tidsserien din vil avgjøre hvilken type flomfrekvensanalyse som er larest å bruke.

Hvis du bruker nedbør-avløpsmetoder, anbefaler vi at du alltid sammenligner resultatene med flomfrekvensanalyser og formelverk.

6.2 Hvilke metoder kan jeg bruke?

Du velger metode ut fra hvilke data du har tilgjengelig (vannføring og/eller nedbør), og hvilken flomstørrelse (Q_T) du skal beregne for. Noen av metodene er utviklet for en begrenset størrelse på nedbørfeltet.

Metodene deler vi gjerne inn i to hovedgrupper:

1. **Flomfrekvensanalyser** (se kapittel 6.2.1)
 - a. lokal flomfrekvensanalyse
 - b. formelverk (regional flomfrekvensanalyse)
 - i. RFFA-NIFS
 - ii. RFFA-2018
 - c. kombinasjon av lokal flomfrekvensanalyse og formelverk
 - i. Forenklet lokal + RFFA
 - ii. Full lokal + RFFA-2018
2. **Nedbør-avløpsmetoder** (se kapittel 6.2.2)
 - a. PQRUT
 - b. den rasjonelle metoden

Bruk Figur 1 til å se hvilke metoder du kan bruke til å beregne ulike flomstørrelser basert på størrelsen på nedbørfeltet ditt.

En alternativ metode som begynner å bli relativt mye brukt, særlig for små felt og mikrofelt, er modeller som bruker «rain on grid». NVE veileder ikke på denne metoden, men hvis du har kompetanse på dette kan du gjerne bruke den som en alternativ metode. Bruker du alternative metoder (metoder NVE ikke veileder på), så **må metodene beskrives**. Du må også beskrive hvilket verktøy du bruker og begrunne valg som påvirker dine flomestimat.

	0–2 km ²	0–60 km ²	2–800 km ²	Alle feltstr.
Q _M	Den rasjonelle metoden	RFFA-NIFS		RFFA-2018 , FFA
Q ₅₋₁₀₀	Den rasjonelle metoden	RFFA-NIFS	PQRUT	RFFA-2018 , FFA
Q ₂₀₀	Den rasjonelle metoden	RFFA-NIFS	PQRUT	RFFA-2018 , FFA
Q ₅₀₀	Den rasjonelle metoden		PQRUT	RFFA-2018 , FFA
Q ₁₀₀₀			PQRUT	RFFA-2018 , FFA
PMF			PQRUT	

 Kan brukes med begrensninger
 Egnede metode

Figur 1 Figuren viser hvilke metoder som egner seg for å beregne ulike flomstørrelser (Q_T) utfra størrelsen på nedbørfeltet. Merk at anbefalte feltstørrelser er omtrentlige.

6.2.1 Ulike typer flomfrekvensanalyser

Lokal flomfrekvensanalyse

Flomfrekvensanalyser er statistiske analyser som relaterer flomstørrelser for et nedbørfelt til gjentaksintervaller, for eksempel 200-årsflommen (Q_T = Q₂₀₀). Flomfrekvensanalyser utføres på observerte flomdata fra enkeltstasjoner, beregnede tilsigsserier eller konstruerte dataserier. Denne typen flomfrekvensanalyse på enkeltserier kalles også lokal flomfrekvensanalyse.

Regional flomfrekvensanalyse (RFFA)

Regionale flomfrekvensanalyser (RFFA) gir deg et flomestimat som er basert på resultater fra lokale flomfrekvensanalyser fra et stort antall stasjoner. Man har funnet en sammenheng mellom flomstørrelser og feltegenskaper og brukt denne informasjonen til å lage formelverk slik at du kan få et flomestimat i et umålt felt. Eksempler på dette i Norge er formelverkene RFFA-NIFS og RFFA-2018.

Man kan også kombinere lokal flomfrekvensanalyse med informasjon fra formelverkene.

Forenklet lokal + RFFA

I metoden Forenklet lokal + RFFA beregnes indeksflommen som et vektet gjennomsnitt av observasjoner og formelverk, og kombineres med vekstkurven fra formelverket (RFFA-2018 eller RFFA-

NIFS). Observasjonene vektet ut fra lengden på tidsserien. Selv få år med observerte data reduserer usikkerheten i flomestimatene fra RFFA betydelig (NVE Rapport 10/2020).

Full lokal + RFFA-2018

I metoden Full lokal + RFFA-2018 beregnes indeksflommen og vekstkurven ut fra en kombinasjon av observerte data og formelverket RFFA-2018. Hvis du har mange år med observerte data, vektlegges de lokale observasjonene mest. Hvis du har få år med observasjoner, vektlegges informasjon fra formelverket mest.

Mer informasjon om de ulike flomfrekvensanalysene fås i rapporten [Lokal og regional flomfrekvensanalyse \(NVE Rapport 10/2020\)](#).

6.2.2 Ulike typer nedbør-avløpsmetoder

I nedbør-avløpsmetodene blir nedbør, noen ganger i kombinasjon med snøsmelting, gjort om til vannføring ved bruk av en hydrologisk modell eller en formel. For å beregne dimensjonerende flomverdier brukes frekvensanalyser av nedbørdata (IVF) som inngangsdata. De mest brukte nedbør-avløpsmetodene i Norge er PQRUT og den rasjonelle metode. Begge metodene er forholdsvis enkle, og resultatene må alltid sammenlignes med flomestimater fra flomfrekvensanalyser. I dag er det kun PQRUT som kan gi deg et estimat for Påregnelig Maksimal Flom (PMF). PQRUT er tilgjengelig i web-versjon på nettsiden pqrout.nve.no.

Hvis du har kunnskap og tilgang på mer avanserte hydrologiske modeller kan du også bruke de til å finne et flomestimat. Stokastiske simuleringsmetoder kan lage en flomfrekvensfordeling som gjør at resultatene kan sammenlignes med for eksempel statistiske flomfrekvensanalyser.

Forskjellen på nedbør-avløpsmetoder og nedbør-avløpsmodeller

Når nedbøren blir gjort om til vannføring med en hydrologisk modell eller en formel (for eksempel den rasjonelle metode), så kaller vi det en *nedbør-avløpsmetode*. Når nedbøren blir gjort om til vannføring med en hydrologisk modell, kaller vi det en *nedbør-avløpsmodell*. Både PQRUT og den rasjonelle metoden er nedbør-avløpsmetoder, men av de to er det kun PQRUT som er en nedbør-avløpsmodell.

6.3 Hva er ruting, og når er det nødvendig med ruting?

Ruting er en metode som beregner dempingen i et flomforløp når flommen beveger seg gjennom et magasin, en innsjø eller langs en elvestrekning.

Når du skal beregne vannstand og avløpsflom fra et magasin eller en innsjø, er det som regel kun behov for en forenklet tilnærming som løser kontinuitetsligningen. Dette kalles hydrologisk ruting.

En mer avansert tilnærming er hydraulisk ruting (dynamisk flombølge), som beskrives i veileder [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#).

Resultatene består av størrelsen på avløpsflommen, den dimensjonerende vannstanden i magasinet og tidsforsinkelsen av flomtoppen.

Hvis du antar at magasinet eller innsjøen vil dempe flommen betraktelig, er det ofte behov for ruting.

Ruting er nyttig når du skal

- beregne dimensjonerende vannstand og avløpsflom for en dam med et tilhørende magasin

- utforme overløp og flomavledning ved dammer i et magasin
- vurdere effekten av endrede utløpsforhold fra en innsjø
- vurdere effekten av manøvrerings- og tappestrategier i regulerte vassdrag
- vurdere flomforholdene ved inngrep i et vassdrag
- beregne avløpsflommen eller vannstanden i en innsjø, hvis du har en representativ målestasjon for tilløpet til innsjøen

Hva du må ta hensyn til når du skal rute, er beskrevet i kapittel 11.

Flomdempingen i et vassdrag påvirkes i stor grad av evnen til å magasinere vann i magasiner, innsjøer eller langs elvestrekninger (flomsletter).

Hvis den flomdempende virkningen til magasinet eller innsjøen er neglisjerbar, blir avløpsflommen tilnærmet lik tilløpsflommen. Da er det ikke behov for ruting. Dette er ofte tilfellet for elvekraftverk med små inntaksmagasiner eller der innsjøen/magasinet er lite i forhold til vannvolumet under flomhendelsen.

7 Hvilke flomfrekvensanalyser passer i ulike tilfeller?

Du velger flomfrekvensanalyse ut fra hvilket datagrunnlag du har. Anbefalingene om hvilken type flomfrekvensanalyse du bør bruke, er basert på resultatene i rapporten [Lokal og regional flomfrekvensanalyse \(NVE Rapport 10/2020\)](#). Anbefalingene i veilederen er laget for å gi robuste flomestimater med varierende mengde data.

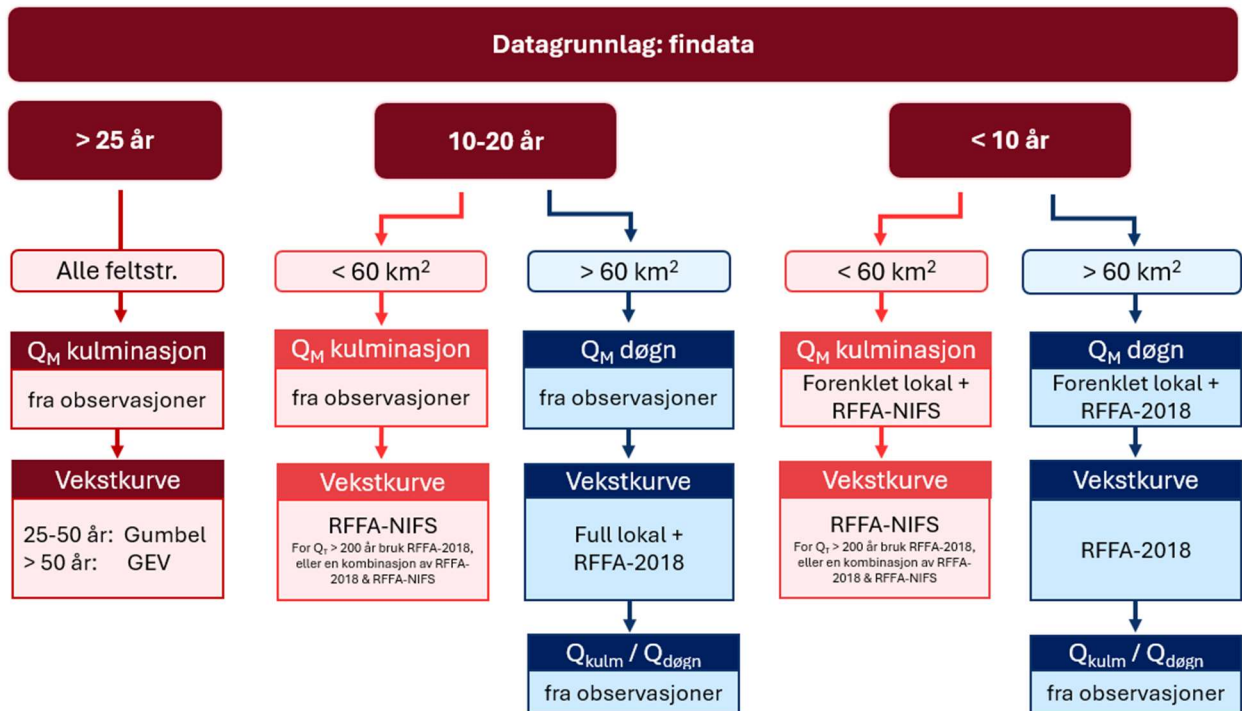
Kapittel 7.1 viser deg hvilke ulike typer flomfrekvensanalyser du kan bruke når du skal beregne kulminasjonsvannføring fra findata. Kapittel 7.2 viser hvilke ulike typer flomfrekvensanalyser du kan bruke for å beregne døgnmiddelflom fra døgndata, og hvilke fremgangsmåter du kan bruke for å regne om døgnmiddelverdien til en kulminasjonsverdi.

Hvis du har observert vannføring for både findata og døgndata, anbefaler vi at du utfører flomfrekvensanalyse på begge tidsseriene og deretter sammenligner resultatene. Kapittel 7.2.1 hjelper deg å vurdere om du bør vektlegge seriene med findata eller døgndataene i analysen din.

Hvis du har flere typer data enn observert vannføring, kan du prøve og utføre flomfrekvensanalyser på andre datagrunnlag. Kapittel 7.4 presenterer flomfrekvensanalyser på regulerte vannføringsserier, historiske data, vannstandsdata og varigheter over et døgn.

7.1 Kulminasjonsflom – flomfrekvensanalyse på findata

Du kan bruke flytskjemaet i figur 2 til å velge hvilken type flomfrekvensanalyse du skal bruke for å beregne kulminasjonsflom ved hjelp av findata. Flytskjemaet viser hvilken flomfrekvensanalyse som egner seg best ut fra hvor mye findata du har for én målestasjon, og størrelsen på målestasjonens nedbørfelt. Tidsserien du har valgt, må ha tilstrekkelig datakvalitet, og målestasjonen må være representativ for ditt beregningspunkt eller nyttig som sammenligningsstasjon.

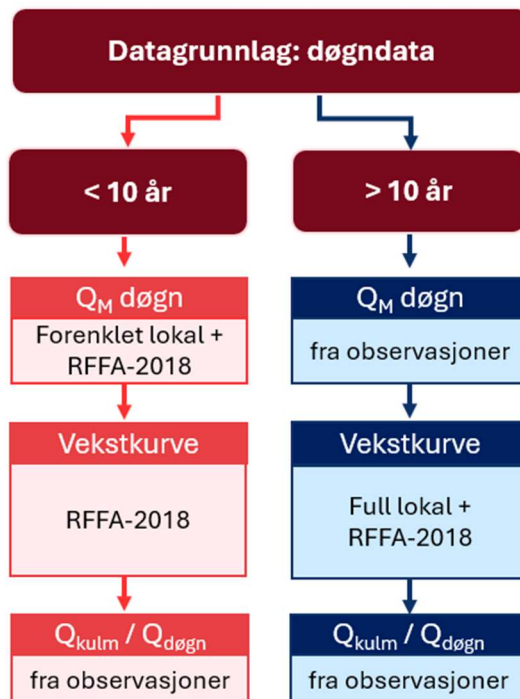


Figur 2 Flytskjema viser anbefalt fremgangsmåte for estimering av kulminasjonsflom ut fra antall år med tilgjengelige findata. Q_M er indekssflom og *vekstkurve* er forholdstallet mellom Q_M og høyere gjentaksintervall Q_T , (Q_T/Q_M).

Full lokal + RFFA-2018 er ikke utviklet for findata. Derfor må flomfrekvensanalyse på findata gjøres som lokal flomfrekvensanalyse (se flyten til venstre i Figur 2).

7.2 Døgnmiddelflom – flomfrekvensanalyser på døgndata

Når du skal beregne døgnmiddelflom, eller beregne kulminasjonsflom fra døgndata, anbefaler vi at du kombinerer observasjoner med informasjon fra formelverket RFFA-2018. Flytskjemaet (Figur 3) viser hvilken flomfrekvensanalyse som egner seg best ut fra hvor mye døgndata du har for én målestasjon. Tidsserien du har valgt, må ha tilstrekkelig datakvalitet, og målestasjonen må være representativ for ditt beregningspunkt eller nyttig som sammenligningsstasjon.



Figur 3 Flytskjema viser anbefalt fremgangsmåte for å estimere døgnmiddelflom (Q_M) og kulminasjonsflom (Q_{kulm}) ut fra tilgjengelig antall år med døgndata.

Ved bruk av Forenklet lokal + RFFA-2018 og Full lokal + RFFA-2018 er det lengden på tidsserien som avgjør hvor mye vekt som legges på de lokale observasjonene i forhold til informasjon fra de regionale analysene (formelverk).

7.2.1 Flomfrekvensanalyser i svært store felt

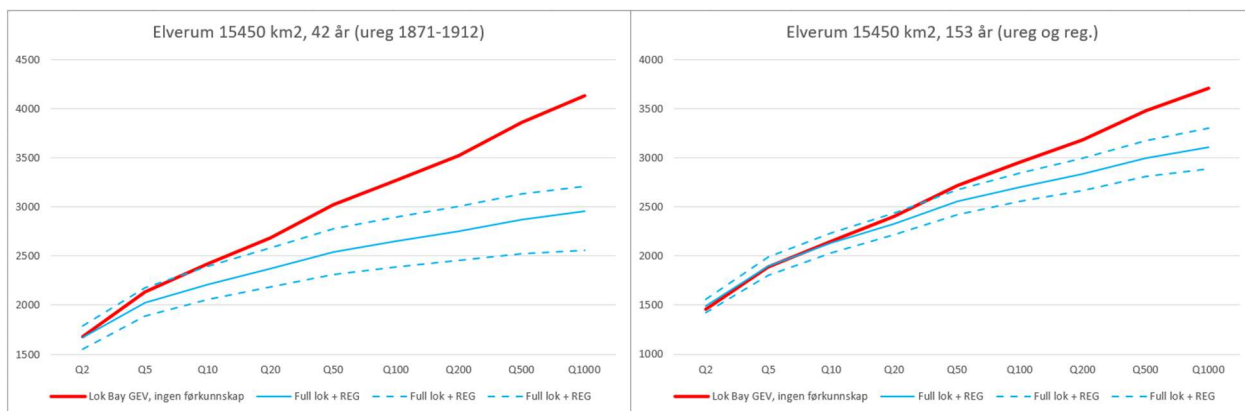
Vår erfaring er at i svært store felt ($> 2000-3000 \text{ km}^2$) så kan Full lokal + RFFA-2018 gi generelt lavere flomverdier sammenlignet med bruk av kun lokal flomfrekvensanalyse (GEV- Bayesiansk i Flomanalyseprogrammet). Svært store felt er i denne sammenhengen felt som er større enn noen tusen kvadratkilometer.

For mange av feltene vi har testet er resultatet ved bruk av kun lokal flomfrekvensanalyse (GEV- Bayesiansk) innenfor øvre estimat fra flomfrekvensanalyse med Full lokal+ RFFA-2018. I Figur 4 ligger flomestimatet fra den lokale frekvensanalysen med Elverum-serien imidlertid over øvre estimat for flomfrekvensanalyse med Full lokal + RFFA-2018, både ved bruk av kun uregulerte data, og med den drøyt 150 år lange serien som er en kombinasjon av uregulerte og regulerte data.

Det som ikke kommer frem av Figur 4 er hvordan observerte flommer legger seg i forhold til disse grafene. For Elverum er det slik at hvis en bruker Full lokal + RFFA-2018 og begrenser seg til data fra før regulering (1871-1912) som grunnlag for frekvensanalysen, så har det i perioden 1871-2023 vært både en 500-årsflom, en 1000-årsflom og en flom større enn 1000-årsflom i løpet av drøyt 150 år. Det virker ikke rimelig. Bruker vi alle data og kun lokal flomfrekvensanalyse har det vært en 200-500-årsflom, én 100-årsflom og en 50-100-årsflom siden 1871. Det er mer rimelig.

Vi anbefaler på bakgrunn av dette å gjøre lokale flomfrekvensanalyser, i tillegg til Full lokal + RFFA-2018, på svært store felt ($>2000-3000 \text{ km}^2$). Dette for å vurdere om Full lokal + RFFA-2018

underestimerer flomverdier med høye gjentakintervaller i ditt nedbørfelt og dermed trenger å justeres ut fra resultater fra lokal flomfrekvensanalyse isteden.



Figur 4 Eksempel på bruk av lokal flomfrekvensanalyse (rød) og Full lokal + RFFA-2018 (blå) for Elverum med kun uregulert serie (venstre) og kombinasjon av uregulert og regulert (høyre).

7.3 Vurder om du skal legge vekt på findata eller døgndata i flomfrekvensanalysen

Vi anbefaler at du gjør flomfrekvensanalyse på både findata og døgndata. Du må deretter sammenligne resultatene fra de ulike metodene og vurdere hva som gir de mest rimelige verdiene.

Legg vekt på døgndata når tidsserien med døgndata er vesentlig lengre enn findata, og

- tidsserien med døgnerverdier inkluderer store flommer som tidsperioden med findata ikke dekker
- det er liten forskjell mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom
- du gjør beregninger for magasiner der magasinets kritiske varighet er ett døgn eller mer

Legg vekt på findata når tidsperioden med findata er like lang, eller nesten like lang, som perioden med døgndata og

- de største flommene er inkludert i periode med findata
- feltet er raskt og det er stor forskjell på kulminasjons- og døgnmiddelflom

Hvis du har mer enn 25 år med findata, erfarer Engeland mfl. (NVE Rapport 10/2020) at du bør vektlegge lokale analyser på findata. Hvis perioden med døgndata er like lang, eller ubetydelig lengre, anbefaler vi også å vektlegge findata. Har du derimot en tidsserie med døgndata som er vesentlig lengre eller inneholder perioder med store flommer som ikke dekkes av findataperioden, kan du gå glipp av mye viktig informasjon ved å ikke bruke døgndata.

Vær oppmerksom på at Full lokal + RFFA-2018 generelt gir mer robuste flomestimer, men metoden er kun utviklet til bruk på døgndata.

7.4 Andre typer flomfrekvensanalyser

Hvis du skal gjøre en flomfrekvensanalyse med data med varighet på to eller flere døgn, tilsigsserier eller andre konstruerte eller regulerte tidsserier, er det kun *lokal flomfrekvensanalyse* som er aktuelt å bruke. Dette er fordi kombinasjonen av lokal flomfrekvensanalyse og formelverk ikke er tilpasset varigheter som er lengre enn et døgn, tilsigsserier, regulerte serier eller andre konstruerte tidsserier som ikke representerer avrenningen fra et naturlig felt.

7.4.1 Regulerte vannføringsserier

For steder med lange tidsserier etter at vassdragsreguleringer er satt i drift, kan du utføre flomfrekvensanalyser direkte på regulerte data. Utfordringene med denne tilnærmingen er blant annet at tidsserier for flommer ikke nødvendigvis er stasjonære i den regulerte perioden. Ofte skjer utbygginger i et vassdrag gradvis, slik at reguleringsgraden og manøvreringsstrategien endrer seg over tid. Manøvreringen vil også kunne variere fra flomepisode til flomepisode og påvirke flomstørrelsene i større og mindre grad.

Regulerte vannføringsserier kan i mange tilfeller egne seg godt til å beregne flommer med lave gjentaksintervaller. For høye gjentaksintervaller bør du bruke dataene med mer forsiktighet. Det er fornuftig å sammenligne regulerte flomverdier med beregninger av uregulerte flomverdier for samme sted.

En mye brukt antakelse er at de største flommene vil nærme seg uregulert tilstand (slik det ville vært i vassdraget før reguleringen). I vassdrag med lav reguleringsgrad vil dette være en ok tilnærming. I vassdrag med høy reguleringsgrad-magasin bør du vurdere om reguleringene har dempende effekt selv på de største flommene.

Ved flomfrekvensanalyser på regulerte tidsserier anbefaler vi at du velger L-moment, ikke Bayesiansk metode. Grunnen til det er at forkunnskapen som er lagt inn for Bayesiansk metode er basert på uregulerte vannføringsserier, og forkunnskapene er dermed ikke nødvendigvis gyldige for regulerte serier.

Du kan også bruke en blandet frekvensfordeling, for eksempel en blandet 2-Gumbel-fordeling (Gumbel-2mixture). Ifølge Hallberg mfl. (Energiforsk Rapport 2016:320) kan en slik tilnærming fungere bedre på ikke stasjonære tidsserier, for eksempel på tidsserier som har både uregulert- og regulerte data eller i vassdrag der reguleringsgraden har endret seg over tid.

7.4.2 Vannstandsdata

På enkelte steder har vi lange tidsserier av vannstand i en innsjø uten at vi har en tilhørende vannføringskurve til vannstandsserien. I slike tilfeller kan det være nyttig å utføre flomfrekvensanalyser direkte på vannstander. En slik vannstandsserie er kun representativ for det aktuelle stedet vannstanden er blitt målt på og kan ikke overføres til andre steder (slik du for eksempel kan gjøre med en representativ vannføringsserie).

Når du gjør flomfrekvensanalyser direkte på vannstand, må du undersøke at utløpet ikke har endret seg på en måte som påvirker de observerte flomvannstandene vesentlig. Det kan for eksempel ha skjedd naturlige profilendringer som følge av erosjon eller sedimentasjon, eller det kan ha skjedd menneskelige inngrep som utsprenning, oppfylling eller dambygging. I vannføringsserier er det tatt hensyn til slike endringer ved revisjon av vannføringskurven.

Hvis du har både vannstandsdata og avløpsdata fra en innsjø anbefaler vi at du først og fremst beregner flomvannstander ved å utføre frekvensanalyse på avløpsserien, og så konvertere

avløpsverdiene til vannstand. Hvis du utfører frekvensanalyse både på vannføringsdata og vannstandsdata fra den samme innsjøen, kan resultatene på dimensjonerende vannstand fra de to ulike metodene avvike. Dimensjonerende vannstand kan avvike selv om du benytter den samme fordelingsfunksjonen, og de samme flomhendelsene i datautvalget. Grunnen til det kan for eksempel være profilforandringer som blir hensyntatt ved revisjon av vannføringskurven, men som gir inhomogenitet i vannstandsserien.

7.4.3 Varigheter over mer enn et døgn

Når du skal lage et flomforløp som varer over mer enn ett døgn trenger du å vite flomvolumet over flere varigheter, for eksempel flomvolumet over to, tre og fem døgn.

Hvordan vi anbefaler at du utfører flomfrekvensanalyser på varigheter over mer enn ett døgn finner du i kapittel 8.5.3.

7.4.4 Historisk flominformasjon

Når du skal inkludere historisk flominformasjon i en flomfrekvensanalyse, anbefaler vi å kombinere observerte data med informasjon fra formelverk (Full lokal + RFFA-2018). Du må kjenne til hvor mange flommer som har overskredet en høy terskelverdi over en gitt periode. Størrelsen på flommene bør helst også være kjent. Både ved analyse av historiske flomvannstander og flomvannføringer må de hydrauliske forholdene i vassdraget over tid være kjent for at du skal kunne vurdere om for eksempel utløpsforholdene fra en innsjø har vært stabile eller ikke.

8 Slik utfører du en flomfrekvensanalyse

I dette kapittelet får du vite hvordan du kan utføre en flomfrekvensanalyse. Å gjøre en flomfrekvensanalyse er forholdsvis enkelt rent teknisk – utfordringen ligger i å velge hvilke år som bør være med i analysen, og å vurdere om estimatet du får er representativt for akkurat ditt beregningspunkt.

I kapittel 8.1 får du tips til hvordan du velger hvilke år av en tidsserie du bør ta med i flomfrekvensanalysen din, mens kapittel 8.2 til 8.5 viser arbeidsgangen for ulike typer flomfrekvensanalyser. I kapittel 8.6 får du vite hvordan du konverterer en døgnmiddelverdi til en kulminasjonsverdi. I kapittel 8.7 får du tips til hva du bør tenke på når du velger middelflom og vekstkurve.

8.1 Velg hvilke år som skal være med i flomfrekvensanalysen

Slik gjør du det:

1. Velg største flomverdi fra hvert år (årsflommen) i tidsserien. Denne verdien skal være reell og ikke påvirket av is, instrumentfeil eller lignende.
2. Se *Vedlegg F: Kvalitetskontroll av hydrologiske data* for hvordan du gjør en datakontroll av årsflommer på døgndata og findata.

Hvis du mistenker at høyeste flommen ikke er reell, anbefaler vi at du velger den høyeste reelle flommen fra det året, eller fjerner hele året. Hvis det er store hull, og du er usikker på om årets største flom er observert, anbefaler vi å fjerne dette året.

Du kan bruke NVE-rapporten [Flomdata \(NVE Rapport 85/2016\)](#) fra 2016 som et utgangspunkt når du skal velge hvilke år som skal inngå i flomfrekvensanalysen din. For data etter 2016 må du selv vurdere hvilke år som bør inngå i analysen.

Hvis du er usikker på datakvaliteten på en flomtopp, eller måten en tidsserie er komplett på, ta kontakt med en av NVEs felthydrologer på hydrology@nve.no.

8.2 Anbefalt arbeidsgang for lokal flomfrekvensanalyse

Lokal flomfrekvensanalyse kan du enten gjøre i programmet Flomanalyse eller i programmet Ekstremverdianalyse i FINUT og DAGUT i Hydra II (se *Vedlegg D: NVEs database og analyseprogramevare – Hydra II*). Bruksanvisning til flomanalyse- og ekstremverdianalyseprogrammet finner du på nettsiden [Bruk av Hydra II - NVE](#).

Slik gjør du det:

1. Velg år.
2. Velg statistisk fordeling ut fra lengden på serien:
 - a. Bruk Gumbel-fordeling for 25–50 år med data.
 - b. Bruk GEV-fordeling for mer enn 50 år med data.
3. for å beregne parametrene i de statistiske fordelingene velg:

- a. L-moment for Gumbel-fordeling
 - b. L-moment eller Bayesiansk metode for GEV-fordeling
4. Kjør analyse. Estimat for middelflom (Q_M) og vekstkurve (Q_T/Q_M) fås både grafisk og i tabellform.

Engeland mfl. (NVE Rapport 10/2020) gir ingen tydelig anbefaling om bruk av L-moment eller Bayesiansk metode når du bruker GEV-fordeling. Vi anbefaler derfor å bruke begge, for så å vurdere hvilken metode som gir de mest rimelige resultatene. Dette kan du gjøre gjennom å se på hvor mange observerte flomhendelser som overskrider et gitt gjentaksintervall, for eksempel en 100-årsflom, og vurdere om dette er rimelig i forhold til lengden på dataserien. Hvis du for eksempel har fem 20-årsflommer i en måleserie på 20 år, er det ikke rimelige resultater.

Ved bruk av Bayesiansk metode finner du de mest oppdaterte forkunnskapene i Flomanalyseprogrammet.

NVE har valgt å bruke Gringorten plotteposisjon som standard plotteposisjon når vi gjør flomfrekvensanalyser i Hydra II. Plotteposisjon gir de observerte flommene et gjentaksintervall ut fra tidsseriens lengde. Hvis du velger en annen plotteposisjon, vil de observerte flommene visuelt plassere seg annerledes rundt fordelingsfunksjonen. Dette er grunnen til at vi ikke anbefaler å velge fordelingsfunksjon ut fra kun en visuell vurdering.

I tilfeller hvor du for eksempel har 48 år med data, anbefaler vi at du tester både Gumbel- og GEV-fordeling og vurderer hvilken fordelingsfunksjon som gir de mest rimelige resultatene.

8.3 Anbefalt arbeidsgang for «Full lokal + RFFA-2018»

Full lokal + RFFA-2018 kan kun gjøres i programmet Flomanalyse i Hydra II. Bruksanvisning til flomanalyseprogrammet finner du på nettsiden [Bruk av Hydra II - NVE](#).

Slik gjør du det:

1. Velg arkiv.
2. Hent måleserie og velg år.
3. Kjør analyse.

8.4 Anbefalt arbeidsgang for «Forenklet lokal + RFFA»

Forenklet lokal + RFFA gjøres i NEVINA. Det finnes to varianter: én for felt mindre enn 60 km² og kulminasjonsverdier (Forenklet lokal + RFFA-NIFS), og én for større felt og døgnverdier (Forenklet lokal + RFFA-2018).

Slik gjør du det:

1. Generer feltparametre for ditt beregningspunkt i NEVINA.
2. Under «Generer indekser» krysser du av for «Jeg vil legge inn egne målinger av flommer».
3. Legg inn egne verdier for årsflommer. Velg om du skal legge inn kulminasjonsverdier eller døgnmiddelverdier.

4. Kjør analyse.

En graf viser hvor mye usikkerheten er redusert med etter at du la inn observerte årsflommer.

8.5 Slik utfører du andre typer flomfrekvensanalyser

Hvis du skal gjøre flomfrekvensanalyser på regulerte vannføringsserier eller vannstandsdata eller med varigheter mer enn et døgn, må du gjøre disse analysene som en *lokal flomfrekvensanalyse* i flomanalyse- eller ekstremverdianalyseprogrammet i FINUT eller DAGUT i Hydra II.

8.5.1 Regulerte vannføringsserier

Slik gjør du flomfrekvensanalyser på regulerte vannføringsserier:

1. Vurder reguleringsgraden i feltet ditt. Hvilken effekt har reguleringen på små og store flommer? Dette vil påvirke vekstkurven din, se også kapittel 7.4.1.
2. Del inn tidsserien i uregulert og regulert periode.
3. Kjør flomfrekvensanalyse som beskrevet i kapittel 8.2 og 8.3.
4. Juster vekstkurven slik at det er en fornuftig overgang fra sterkt regulerte flommer til store, tilnærmet uregulerte flommer.

Du kan også bruke en blandet fordeling, for eksempel en blandet 2-Gumbel-fordeling (Gumbel-2mixture). Denne fordelingen finner du under Ekspert-modus i programmet FLOM_ANALYSE i Hydra II. Metoden er også nærmere omtalt i Hallberg mfl. (Energiforsk Rapport 2016:320).

8.5.2 Vannstandsdata

Flomfrekvensanalyse på vannstandsdata kan du gjøre på samme måte som lokal flomfrekvensanalyse. Se fremgangsmåte i kapittel 8.2.

Du bør vurdere resultatene opp mot resultater fra andre tilnærminger. Det kan du gjøre for eksempel ved å bruke representative sammenligningsstasjoner til å beregne tilløpsflommen til den aktuelle innsjøen for ulike gjentaksintervaller, og deretter rute den gjennom innsjøen for å beregne flomvannstander.

8.5.3 Varigheter over mer enn et døgn

Flomfrekvensanalyse med varigheter over mer enn et døgn må du gjøre i ekstremverdianalyseprogrammet i DAGUT. En slik analyse gjøres for å finne flomvolumet til et flomforløp som har en varigheter på mer enn et døgn.

Slik gjør du det:

1. Hent inn en måleserie i DAGUT.
2. Kryss av på glidende midling (avkrysningsboksen nest lengst til høyre i raden).
 - a. I vinduet som dukker opp:
 - i. velg boks-midling under midlingstype

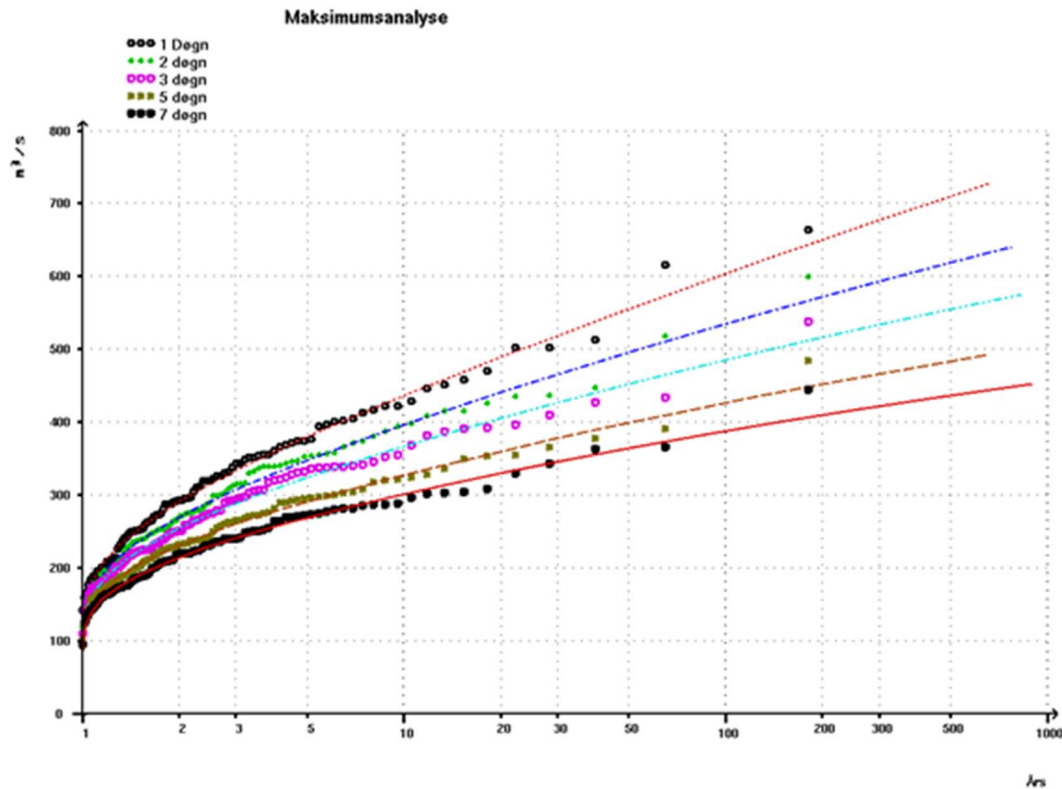
- ii. skriv inn hvor mange dager du vil midle over, for eksempel 3, under midlingsboksens lengde.
 - iii. velg dager som tidssteg (boksen til høyre for midlingsboksens lengde)
 - iv. trykk ok, og steng vinduet for glidende midling
3. Velg år som skal være med i analysen
4. Velg statistisk fordeling ut fra lengden på serien:
 - a. Bruk Gumbel-fordeling for 25–50 år med data.
 - b. Bruk GEV-fordeling for mer enn 50 år med data.
5. Velg L-moment-metoden for å beregne parametrene i de statistiske fordelingene.
6. Kjør analyse.

Hvis du henter inn serien flere ganger kan du konstruere serier med ulike varigheter og utføre flomfrekvensanalyser på ulike varigheter samtidig. Figur 5 viser et eksempel på en flomfrekvensanalyse ved en målestasjon med varigheter fra ett til sju døgn.

Bayesiansk tilpasning skal ikke brukes over flere døgn, siden bayesiansk førkunnskap ikke er tilpasset tidsserier over lengre varigheter enn et døgn.

Indeksflommen vil avta med økende varighet, og frekvenskurven blir som regel slakere. Du må passe på at flomstørrelsene for et gitt gjentaksintervall ikke øker med økende varighet, og at verdiene virker rimelige. Bruk skjønn, og sjekk at flomstørrelsen over flere døgn aldri er større enn over færre døgn (7-døgnsflommen skal aldri være større enn 5-døgnsflommen).

Siden du tilpasser hver individuell kurve, kan kurver med ulike varigheter i enkelte tilfeller krysser hverandre. I slike tilfeller kan du IKKE bruke resultatene. Da må du endre frekvensfordelingen eller tilpasningen.



Figur 5 Eksempel på flomfrekvensanalyse over flere døgn som grunnlag for flomforløp

8.5.4 Hvordan inkludere historisk flominformasjon i flomfrekvensanalyser?

Flomfrekvensanalyser som inkluderer historisk informasjon, kan du kun gjøre i flomanalyseprogrammet i Hydra II (Full lokal + RFFA-2018). Bruksanvisning til flomanalyseprogrammet og hvordan du inkluderer historisk flominformasjon finner du på nettsiden [Bruk av Hydra II – NVE](#).

Slik gjør du det:

1. Velg arkiv.
2. Hent måleserie og velg år.
3. Legg inn historiske data.
 - legg inn terskel
 - legg inn historiske flomnivåer
4. Kjør analyse.

Terskelnivået tilsvarer laveste observerte historiske flom. Sluttår er året før systematiske observasjoner startet. Hvor lang terskelperioden skal være finner du ved å midle tidsintervallet mellom de historiske hendelsene. Starten på den historiske perioden vil dermed være det midlede tidsintervall før første flommen (NVE Rapport 10/2020, s. 26).

Nå du skal legge inn historiske flomnivåer, inkludert år og dato, må du lage en ny rad. Du kan legge til en nedre og øvre flomverdi dersom det er usikkerhet knyttet til det historiske flomnivået.

8.6 Slik finner du forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom (kulminasjonsfaktor)

Hvis flomfrekvensanalysen er utført på døgndata, må du i de fleste tilfeller også estimere flommens kulminasjonsvannføring. Dette gjør du ved å skalere døgnmiddelveidene med et forholdstall (kulminasjonsfaktoren $Q_{kulm}/Q_{døgn}$) for å få kulminasjonsverdier.

Kulminasjonsfaktoren kan beregnes på to måter:

1. Via observasjoner:

Kulminasjonsfaktoren skal fortrinnsvis anslås ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget hvis du har data for dette. Forholdstallet mellom observert kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring beregner du da for de største flommene ved målestasjoner i vassdraget eller eventuelt fra en representativ målestasjon i nærliggende vassdrag, avhengig av hvor og når det finnes data med fin tidsoppløsning.

2. Fra formelverket RFFA-2018:

Kulminasjonsfaktoren fra formelverket RFFA-2018 beregnes i NEVINA. Vær oppmerksom på at formelverket gir en gjennomsnittlig kulminasjonsfaktor for alle flommer.

Kulminasjonsfaktoren fra RFFA-2018 vil derfor kunne bli lavere enn den du får fra de største observerte flommene. Du må derfor alltid vurdere om kulminasjonsverdien fra formelverket virker rimelig.

Dette bør du være klar over når du bruker kulminasjonsfaktoren $Q_{kulm}/Q_{døgn}$

NVEs database regner døgnmiddelveidier (00-24) og ikke høyeste 24-timers døgnmiddel. Det betyr at kulminasjonsfaktoren ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$) er avhengig av både hvor raskt flommen utvikler seg og tidspunktet på døgnet flommen kulminerer. Kulminasjon rundt midnatt vil gi høyere faktor enn kulminasjon midt på dagen. Dette er en tilfeldig variasjon og vår anbefaling er at du ikke trenger å korrigere for dette.

Kulminasjonsverdiene i NVEs findata-arkiv kan være knekkpunktverdier, timesverdier og i noen tilfeller 15- eller 30-minuttersverdier. Forskjellen mellom timesverdier og knekkpunktverdier er neglisjerbar i de fleste felt, men i veldig små og raske felt kan forskjellen være av betydning.

Kulminasjonsfaktoren kan dermed også variere ut fra hvilken type findata du velger og har tilgang til.

Ut fra erfaring ser kulminasjonsfaktoren generelt ut til å øke med økende gjentaksintervall, men dette er ikke dokumentert godt nok. Vi anbefaler derfor at du bruker samme kulminasjonsfaktor uavhengig av gjentaksintervall.

8.7 Begrunn estimatene i flomfrekvensanalysen din

Hvilken middelflom og vekstkurve du velger, vil ha stor påvirkning på det endelige flomestimatet. Det er derfor viktig at du begrunner valgene du gjør. I de neste avsnittene har vi listet opp noen spørsmål som kan hjelpe deg å velge og å begrunne valgene dine.

8.7.1 Middelflom

Ta stilling til disse spørsmålene når du velger middelflom, og bruk svarene til å begrunne valget:

- Har du gjort flomfrekvensanalyse på lokale observasjoner og i tillegg brukt formelverk? Hva har du lagt vekt på, og hvorfor?

- Har du mange eller få år med lokale observasjoner?
- Har du brukt én eller flere representative målestasjoner fordi det ikke finnes observasjoner i feltet? På hvilket grunnlag valgte du disse stasjonene som representative for middelflommen?
- Hvis du bruker formelverk: Er det fordi det ikke var gode representative stasjoner i nærheten, eller fordi du mener formelverket gir et mer troverdig resultat?

8.7.2 Vekstkurve

Ta stilling til disse spørsmålene når du velger vekstkurve, og bruk svarene til å begrunne valget:

- Er vekstkurvene du har valgt, fra lokale eller regionale flomfrekvensanalyser? Hvis de er fra lokale flomfrekvensanalyser, er de fra en målestasjon i nedbørfeltet, eller fra én eller flere representative stasjoner?
- Har du valgt én representativ stasjon og hentet hele vekstkurven fra denne, eller har du midlet resultatet fra flere stasjoner?
- Hvis vekstkurven er fra formelverk: er den fra RFFA-NIFS, RFFA-2018 eller en blanding? Bruker du formelverket sin vekstkurve fordi det ikke var gode representative stasjoner i nærheten, eller fordi du mener formelverket gir et mer troverdig resultat?

8.7.3 Kulminasjonsfaktor ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$)

Hvis du har utført en analyse på døgndata som krever at du regner om døgnflomverdiene til kulminasjonsverdier, må du begrunne valget av kulminasjonsfaktor:

- Hentet du kulminasjonsfaktoren fra formelverket, eller brukte du lokale data fra en målestasjon i nedbørfeltet eller en representativ stasjon? Er det store forskjeller mellom kulminasjonsfaktoren beregnet fra observasjoner og kulminasjonsfaktoren fra formelverket? Hvorfor?
- Hvis du regnet ut kulminasjonsfaktoren basert på lokale observasjoner: Hvor mange år med flom har du inkludert?
- Er flommene representative for den største flommen hvert år i vassdraget med tanke på flomsesong?

9 Hvilke nedbør-avløpsmetoder passer i ulike tilfeller?

Du må bruke en nedbør-avløpsmetode hvis du

- skal beregne påregnelig maksimal flom (PMF)
- ikke har gode nok vannføringsdata
- ønsker å ha noe å sammenligne resultatene fra flomfrekvensanalysen din med

I dette kapittelet får du en innføring i når PQRUT, den rasjonelle formel og andre nedbør-avløpsmetoder egner seg, og hva du bør tenke på når du bruker dem.

Ved bruk av enkle nedbør-avløpsmodeller (som PQRUT og den rasjonelle metoden) er det en vanlig antagelse at P_T gir Q_T . Dette er en grov forenkling av virkeligheten. I virkeligheten er flomstørrelsene påvirket av flere faktorer enn kun nedbøren. For eksempel metningsgrad, grunnvannsforhold og snøsmelting.

Mer avanserte nedbør-avløpsmodeller, som for eksempel stokastiske simuleringsmetoder, kan ta hensyn til ulike tilstander i nedbørfeltet, og kombinere disse med ulike nedbørsekvenser. Resultatet blir en flomfrekvensfordeling som kan sammenlignes med for eksempel statistiske flomfrekvensanalyser, mer om dette i kapittel 9.3.

I mangel på brukervennlige alternativer på mer avanserte nedbør-avløpsmetoder brukes PQRUT og den rasjonelle formel fortsatt mye i Norge.

9.1 PQRUT

Du kan bruke PQRUT til å beregne påregnelig maksimal flom (PMF) eller bestemme et flomforløp, for eksempel en 1000-års hendelse. PQRUT fungerer best når

- gjentaksintervallet er 200 år eller mer
- nedbørfeltstørrelsen er fra 2 til 800 km²
- flommene er regndominerte
- effektiv sjøprosent er lav

Hvert av disse punktene blir nyansert under.

Gjentaksintervallet bør være 200 år eller mer

PQRUT er utviklet med en antagelse om at bakken er mettet i forkant av en flomhendelse. Antagelsen fungerer godt for flommer med gjentaksintervall 200 år og høyere, men blir flomestimatet urimelig høyt kan metningsgraden i feltet justeres (se *Vedlegg H.2.3: Slik bestemmer du startvannføring og metningsgrad i PQRUT*).

Nedbørfeltstørrelsen bør være mellom 2 og 800 km²

Anbefalt nedbørfeltstørrelse ved bruk av PQRUT er kun veiledende. For arealstørrelser utover 2–800 km² bør du bruke PQRUT med forsiktighet, fordi resultatene blir mer usikre.

Vær oppmerksom ved bruk av PQRUT i

- **Små felt (mindre enn 10 km²)**

Minste tidsskritt i PQRUT er på én time. Du bør derfor være forsiktig med å bruke resultater fra PQRUT for felt med konsentrasjonstid under en time. I små felt, mindre enn 10 km², er det ofte lite observerte data, og det kan være utfordrende å få til god kalibrering av parametrene. I tillegg er ofte registreringsintervallet til målestasjonen for stor i små og raske felt. Det kan føre til at den reelle kulminasjonsverdien ikke registreres.

- **Store felt (større enn 500 km²)**

Vår erfaring er at PQRUT overestimerer flommer for store felt (større enn 500 km²). Årsaken til dette er sammensatt:

- PQRUT er forholdsvis enkelt bygd opp og tillater ikke intern lagring av vann i feltet gjennom en flomhendelse.
- Antagelsen du gjør om full metning (100 % metningsgrad) vil ikke være realistisk for større felt, fordi metningen vil variere over feltet.
- Det er usikkerhet i ekstremnedbørverdiene og i konverteringen av punktnedbør til arealnedbør.
- Det er vanskelig å få til gode kalibreringer i store felt. Det skyldes at flommer varierer på grunn av ulik fordeling av nedbør i tid og rom og med varierende metningsgrad i feltet.

Flommene bør være regndominerte

I felt hvor snøsmelting utgjør en betydelig del av flommen, er det utfordrende å beregne dimensjonerende flom med en hendelsesbasert nedbør-avløpsmodell. Det skyldes at det er vanskelig å kombinere sannsynligheten for både regn og snøsmelting av et bestemt gjentakintervall ([NVE Report 9/2011](#)). Derfor fungerer nedbør-avløpsmodeller som regel best i felt hvor flommene er regndrevne, og da er også forenklingen med at P_T gir Q_T noe mer realistisk.

Effektiv sjøprosent bør være lav

Modellparametrene i PQRUT er sensitive for effektiv sjøprosent. Derfor bør du ikke ta med arealet til magasinet når du beregner effektiv sjøprosent. Tilløpsflommen må rutes gjennom magasinet for å ta hensyn til dempingen. Dette gjelder også for uregulerte innsjøer i hovedelva mellom magasiner eller mellom magasin og beregningspunkt.

Når effektiv sjøprosent blir stor, får utløpsforholdene fra innsjøene i feltet større betydning for den hydrologiske responsen. Innsjøer med trange utløp tømmer seg raskere i modellen enn i virkeligheten. Derfor bør tilløpet til innsjøen rutes gjennom magasinet/innsjøen for å ivareta utløpsforholdene på en bedre måte enn PQRUT-modellen kan ([NVE Rapport 2/1983](#)).

9.2 Den rasjonelle metoden

Den rasjonelle metoden er egnet for

- små felt³ mindre enn 2 km²
- enkle overslagsberegninger for dimensjonering
- felt med lav effektiv sjøprosent

Nedbørfeltet bør være mindre enn 2 km²

Metoden er utviklet for små felt. I store felt kan flomestimatene erfaringsmessig bli høye sammenlignet med andre metoder

Den rasjonelle metoden kan brukes til enkle overslagberegninger

Den rasjonelle metoden er basert på en direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning. Metoden er basert på en formel (den rasjonelle formel) og gir ikke et flomforløp. Snøsmelting er heller ikke inkludert i den rasjonelle metode. Derfor egner metoden seg kun til enkle overslag av kulminasjonsvannføringen.

Effektiv sjøprosent bør være lav

Den rasjonelle metoden er utviklet for små felt med liten demping. Hvis nedbørfeltet har stor selvreguleringsevne, for eksempel høy effektiv sjøprosent (større enn 1 prosent), øker usikkerheten i flomestimatet.

9.3 Andre typer nedbør-avløpsmetoder

Denne veilederen gir ingen innføring i hvordan du bruker andre nedbør-avløpsmetoder, men i tabell 3 får du en oversikt over relevant faglitteratur for de modellene som er mest brukt eller testet for flomberegninger i Norge.

Avanserte hydrologiske modeller kan gi et mer pålitelig flomestimat enn enklere nedbør-avløpsmodeller som PQRUT, men de stiller større krav til inngangsdata og kan være mer ressurskrevende å sette opp og kalibrere. I komplekse vassdrag kan det være nødvendig å bruke mer avanserte hydrologiske modeller.

³ Anbefalt bruksområde er 0,5 km² i Vassdragshåndboka (Fergus mfl., 2010), men erfaring viser at metoden brukes for større felt. I SSVs håndbok V240 (2020) er anbefalt bruksområde for den rasjonelle metode for felt mindre enn 2 km².

Tabell 3: Relevant faglitteratur for avanserte hydrologiske metoder/modeller.

	Type metode/modell	Relevant faglitteratur
HBV-modellen	Hydrologisk modell	Generell info om HBV-modellen The “Nordic” HBV model (Sælthun, 1996)
DDD-modellen	Hydrologisk modell	Generell info om DDD-modellen A rainfall runoff model parameterized from GIS and runoff data (Skaugen & Onof, 2014)
SCHADEX	Stokastisk simuleringsmetode, MORDOR og DDD som hydrologisk modell	The SCHADEX method: A semi-continuous rainfall-runoff simulation for extreme flood estimation (Paquet mfl., 2013)
Stokastisk PQRUT	Stokastisk simuleringsmetode, PQRUT som hydrologisk modell	A stochastic event-based approach for flood estimation in catchments with mixed rainfall and snowmelt flood regimes (Filipova mfl., 2019)

Stokastiske simuleringsmetoder inneholder en hydrologisk modell, men metodene tar hensyn til at både tilstanden til nedbørfeltet og ulike nedbørsekvenser varierer. Resultatet blir en flomfrekvensfordeling som kan sammenlignes med for eksempel statistiske flomfrekvensanalyser.

I [Nedbør-avløpsmodellering med PQRUT for dimensjonerende flom \(NVE Rapport 34/2021\)](#) gis en status på hvilke stokastiske simuleringsmetoder (SCHADEX-metoden og Stokastisk PQRUT) som er testet for norske nedbørfelt. I tillegg beskriver rapporten hvordan SCHADEX og Stokastisk PQRUT må videreutvikles for å bli brukervennlige alternativer til enklere nedbør-avløpsmodeller som PQRUT.

10 Slik utfører du nedbør-avløpsanalyser

I dette kapittelet får du vite trinn for trinn hvordan du går frem for å sette opp en nedbør- og avløpsmodell. I kapittel 10.1 får du vite hvor og hvordan du finner nødvendig inputdata som nedbør, temperatur og snø. Når du har funnet nedbørdata, må du konstruere et nedbørforløp (kapittel 10.2). Om du bør inkludere snøsmelting, og hvordan du gjør det finner du informasjon om i kapittel 10.3 og 10.4.

Vi gir konkret veiledning til hvordan du bruker PQRUT (kapittel 10.5) og den rasjonelle metoden (kapittel 10.7), men du står fritt til å velge en annen nedbør-avløpsmodell om du foretrekker det.

Hvis du skal beregne påregnelig maksimal flom (PMF), må du bruke PQRUT eller en annen nedbør-avløpsmodell som kan inkludere påregnelig maksimal nedbør (PMP). I kapittel 10.6 får du vite hvordan du beregner PMF.

10.1 Finn nedbør, snø og temperaturdata

Du trenger nedbørdata for å lage et nedbørforløp, og om du skal inkludere snøsmelting trenger du informasjon om snø og temperatur. For å finne blant annet dimensjonerende nedbørverdier og tidsserier med nedbør- og temperaturdata kan du bruke tjenesten [Seklima](#), utviklet av Meteorologisk institutt (MET) og tilgjengelig på [Norsk klimaservicesenter \(KSS\)](#) sine nettsider.

Du kan også se hvor det finnes målestasjoner med nedbør-, temperatur- og snødata på [NVE Seriekart](#) og [SeNorge](#).

10.1.1 Nedbør

Hvor kan du finne og bestille ekstremnedbørdata?

Informasjon om ekstremnedbør i Norge finner du på [Norsk klimaservicesenter \(KSS\)](#) sine sider om [Kraftig nedbør](#). Vi anbefaler også [Dimensjonerende kortidsnedbør \(NVE Rapport 134/2015\)](#).

IVF-verdier (Intensitet-Varighet-Frekvens-verdier) med varigheter inntil 24 timer og gjentakintervaller opptil 200 år, finner du på [Nedbørintensitet \(IVF-verdier\) - KSS](#).

For varigheter lengre enn ett døgn og gjentakintervaller over 200 år må du bestille IVF-verdier direkte fra Meteorologisk institutt på e-postadressen klima@met.no. Dette gjelder også for påregnelig maksimal nedbør (PMP).

NVE har i samarbeid med Meteorologisk institutt utarbeidet en generell arbeidsgang for å finne IVF-verdier som skal brukes i flomberegninger. Anbefalingene våre finnes hos [Hjelp til valg av IVF - KSS](#) og er også gjengitt i *Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger*.

Konvertering fra punktnedbør til arealnedbør med arealreduksjonsfaktorer

Beregnet ekstremnedbør er vanligvis en representativ punktverdi for nedbørfeltet. Det betyr at det i en nedbørsituasjon vil falle mer nedbør enn punktverdien i noen deler av feltet og mindre i andre deler. Punktverdien må derfor omregnes til arealverdi, det vil si justeres for «samtidighet», ved hjelp av arealreduksjonsfaktorer (ARF). Arealreduksjonsfaktorer finner du på [Kraftig nedbør - KSS](#).

10.1.2 Snøsmelting

For å estimere snøsmeltingen i et nedbørfelt trenger du informasjon om hvor store deler av feltet som er dekket av snø og hvor dyp snøen er. Du må også vite når snøsmeltingen foregår, noe du kan estimere ved å se på temperaturdata for feltet. Du kan lese om hvordan du inkluderer snøsmelting i en flomberegning i kapittel 10.4.

Snødekning

Et godt hjelpemiddel for å vurdere snøforholdene er landsdekkende snøkart som finnes på [SeNorge](#). Kartene er beregnet ut fra daglige nedbør- og temperaturobservasjoner fra 1958 til i dag.

Du kan laste ned data fra [Xgeo](#) og [SeNorge](#) ved hjelp av [NVEs GridTimeSeries API](#).

Snødybde

Målestasjoner med observasjoner av snødybde er tilgjengelige i kartapplikasjonen [Seklima](#) hos Norsk klimaservicesenter.

Du kan også finne observerte snødybde data i [NVE Seriekart](#) og [Sildre](#).

Temperatur

Temperaturverdier for beregning av snøsmelting kan bestilles fra Meteorologisk institutt på e-postadressen klima@met.no. For Sør-Norge kan slike temperaturverdier estimeres fra kart gitt i [Temperatur og snødata for flomberegninger \(MET Rapport 28/1997\)](#).

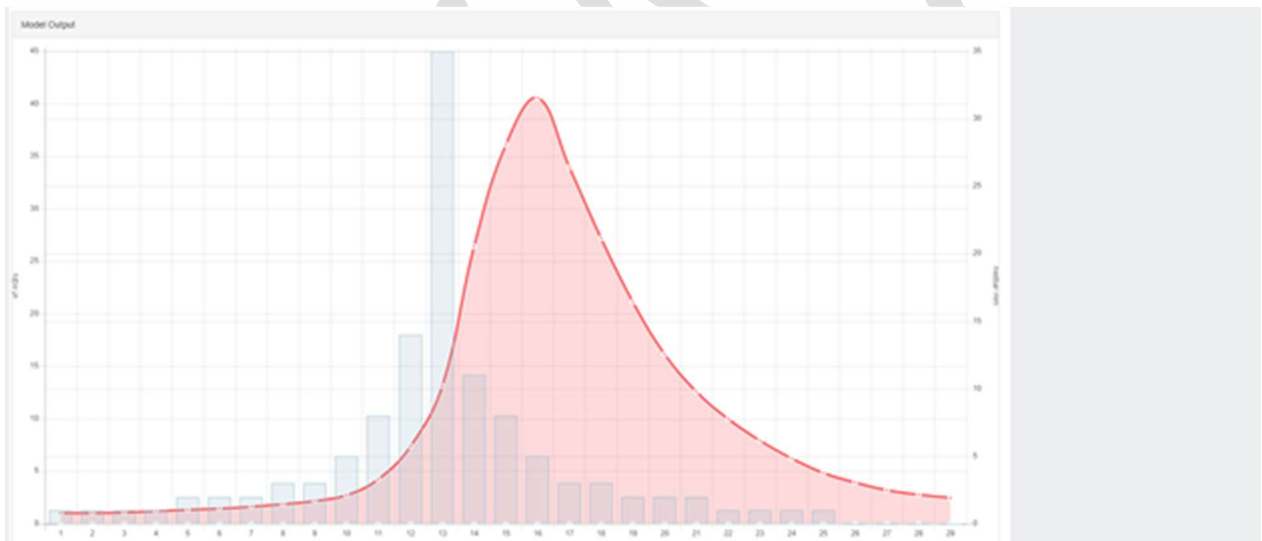
10.2 Slik konstruerer du et nedbørforløp

Når du konstruerer et nedbørforløp, anbefaler vi at du

- konstruerer et forløp ved å kombinere dimensjonerende nedbørverdier for ulike varigheter
- legger nedbørforløpet symmetrisk rundt nedbørmaksimum **når nedbørvarigheten til nedbørforløpet er mindre eller lik to døgn** (se figur 6)
- legger nedbørmaksimum etter den første tredjedelen av varigheten til nedbørforløpet **når nedbørvarigheten er større enn to døgn**

Ved å kombinere dimensjonerende nedbørverdier for ulike varigheter sikrer du at volumet over både konsentrasjonstiden til nedbørfeltet, og den kritiske varigheten til magasin (eller innsjøen), blir ivaretatt. I utgangspunktet er det en konservativ tilnærming. For eksempel inntreffer timesnedbør med returperiode på 200 år svært sjelden i samme nedbørepisode som døgnnedbør med samme returperiode. Vi anbefaler likevel å bruke denne metoden fordi det er få andre metoder som er mer egnet.

I nedbørfelt med stor forsinkelse mellom nedbørtopp og flomtopp (lang konsentrasjonstid) kan det være nødvendig med en annen utforming av nedbørforløpet. Dette er viktig for å sikre et simulert flomforløp som også er tilpasset en magasinruting.



Figur 6 Eksempel på nedbørforløp (blå søyler, mm/nedbør pr. time) og simulert flomforløp i PQRUT (rød strek, m³/s).

10.3 Gir årsnedbør eller sesongnedbør størst flom?

Er det kun regn eller regn i kombinasjon med snøsmelting som gir størst flom?

Hvis de største flommene skyldes regn: Bruk årsnedbør som grunnlag når du beregner tilløpsflommen.

Hvis de største flommene skyldes regn i kombinasjon med snøsmelting: Bruk sesongnedbør kombinert med snøsmelting når du beregner tilløpsflommen.

I enkelte tilfeller er nedbørverdiene større i en annen sesong enn den som er definert som flomskapende. I slike situasjoner må du vurdere hvilken tid på året det er ventet størst flom. I de tilfellene hvor nedbøren på vinteren er størst, men det vurderes som mest sannsynlig at nedbøren faller som snø over store deler av feltet, kan du anta at denne nedbøren ikke forårsaker flom. Dette er blant annet avhengig av hvor høyt feltet ligger.

10.3.1 Regulerte vassdrag

I regulerte vassdrag kan det være behov for å vurdere hvilke sesonger som gir den mest kritiske flommen. Dette gjelder spesielt når du har 1) store magasiner med høy reguleringsgrad eller 2) magasiner som er nedtappet om våren.

Du bør vurdere hvilken sesong som er mest kritisk for avløpsflommen. Det gjør du ved å simulere flomvolumet/flomstørrelsen med

- lav initialtilstand og stort flomvolum (vårflom)
- høyere initialvannstand og mindre flomvolum (f.eks. regnflom om høsten)

Sesongen som gir den mest kritiske flomstørrelsen eller flomvolumet legger du til grunn i den videre flomberegningen.

10.4 Slik inkluderer du snøsmelting

Hvis du utelater snøsmelting i nedbør-avløpsmodellen, skal du begrunne det.

Det er alltid utfordrende å kombinere nedbør og snøsmelting slik at resulterende flom får riktig gjentaksintervall. For eksempel kan Q_{1000} forårsakes av nedbør med gjentaksintervall 1000 år og liten snøsmelting eller nedbør med mindre gjentaksintervall og stor snøsmelting.

Den beregnede snøsmeltingen fordeles vanligvis jevnt over nedbørforløpet og er et tillegg til nedbøren. Tidsperioden som bidrar til snøsmelting avhenger av tilgjengelig snømengde og smeltrate.

For små felt kan det være aktuelt å regne med en døgnvariasjon i snøsmeltingen. Hvis du har snøsmelting før eller etter nedbørepisoden, beregner du snøsmelting med en redusert graddagsfaktor.

10.4.1 Først må du bestemme snødekningsgraden og snødybden

Snøsmelting skal legges til ekstremnedbøren for den aktuelle sesongen hvis snøkartene i [SeNorge](#) viser at det er minst 40 prosent sannsynlighet for at det ligger snø i det aktuelle feltet i den flomskapende perioden.

I nedbørfelt med stor høydeforskjell må du vurdere om det er realistisk å regne med full snødekning i den måneden du antar at flommen opptrer. Om våren og sommeren er det større sannsynlighet for delvis snødekning, mens ved nysnø om høsten vil det være fornuftig å regne med full snødekning.

Du må også vurdere andre forhold som kan føre til redusert snødekning. For eksempel vil snøsmelting på innsjøer ikke bidra til avrenning. Utelat derfor arealet til innsjøer og magasiner når du beregner snøsmelting.

Du må estimere snømengden ved langvarige flomforløp. Dette er for å vurdere om du regner med snøsmelting over hele forløpet eller bare for deler av det. Kartlag med simulert snødybde og

vannekvivalent i [SeNorge](#) er et godt utgangspunkt for slike vurderinger. Vi anbefaler å verifisere snømengdene mot flere kilder, for eksempel snøobservasjoner hos NVE og Meteorologisk institutt eller med oversikten over maksimale snødybder for forskjellige måneder i rapporten [Temperatur og snødata for flomberegninger \(MET Rapport 28/1997\)](#).

10.4.2 Slik beregner du snøsmelting

Vi anbefaler at du beregner snøsmelting basert på graddagsfaktor og lufttemperatur, selv om det finnes modellerte snøkart som angir snøsmelting i [SeNorge](#). Vår erfaring er at snøkartene kan gi for lave snøsmeltemperaturer. Snøkartene er basert på snømodeller som ikke alltid fanger opp ekstreme snøsmelteepisoder som skyldes sterk solinnstråling eller varm, fuktig luft i kombinasjon med vind.

Snøsmelting med graddagsfaktor

Snøsmeltingen (S) beregnet med en graddagsfaktor (C_S) og et estimat av lufttemperaturen (T_L) er gitt som:

$$S = C_S \cdot T_L \text{ [mm/døgn]}$$

Hvis du ikke kan bestemme C_S [mm/°C/døgn] ved kalibrering av nedbør-avløpsmodellen, kan du bruke erfaringstallene for C_S i tabell 4. Graddagsfaktoren er avhengig av hvilken type arealdekning som er dominerende i feltet.

Tabell 4: Anbefalte graddagsfaktorer (oppgitt i mm/°C/døgn) ved flomberegning

	Tett skog	Noe skog	Snaufjell	Bre
Perioder uten nedbør	1,5	2,0	2,5	3,5
Perioder med nedbør	3,0	4,0	5,0	7,0

Du bestemmer den representative temperaturen for feltets medianhøyde ut fra observerte temperaturer under stor nedbør i den flomskapende sesongen ved nærliggende klimastasjoner. Du kan regne om fra klimastasjonens høyde til feltets medianhøyde ved å anta at temperaturen avtar med 0,65 °C per 100 høydemeter i situasjoner med stor nedbør. Ved lang flomvarighet må du ta hensyn til at snømagasinet på den aktuelle tiden av året kan være så stort at det er sannsynlig med snøsmeltebidrag under hele flomforløpet.

10.4.3 Sjekk om beregnet snøsmelting er rimelig i forhold til erfaringstall

Når du skal beregne sjeldne flomhendelser hvor det er rimelig å anta full snødekning, kan du bruke de oppgitte erfaringstallene i *Vedlegg K: Erfaringstall for snøsmelting* for å vurdere hvor rimelig det beregnede bidraget fra snøsmeltingen er.

10.4.4 Anbefalinger ved beregning av snøsmelting for flommer opp til

Q_{1000}

Dette er NVEs anbefalinger når du bruker en nedbør-avløpsmodell for å beregne flommer opp til Q_{1000} :

- **For flommer om våren og flommer i brefelt** må du bruke sesongnedbør i kombinasjon med snø-/bresmelting. For flommer som antas å komme sent på våren eller på sommeren, kan du regne med at arealet som bidrar med smeltevann, er begrenset.
- **For flommer om høsten og vinteren** må du vurdere om det er snø tilgjengelig for snøsmelting, for å avgjøre om snøsmelting skal legges til ekstremnedbøren eller ikke.
- **For flommer opp til Q_{1000}** beregner du Q_T ved å bruke P_T -verdier for den aktuelle sesongen kombinert med 70 prosent av beregnet maksimal snøsmelting under stor nedbør i samme sesong.
- **I lavlandsfelt nær kysten og andre felt der store flommer kan opptre hele året**, bruker du årsverdiene av ekstremnedbør uten snøsmelting. Alternativt bruker du sesongverdien av ekstremnedbør pluss eventuelt snøsmelting hvis dette gir større flom.
- **Hvis sommernedbøren er størst**, må du vurdere om den kan føre til flom.
 - **I små felt og høyfjellsfelt** kan det være riktig å regne flom i sommersesongen som den kritiske.
 - **I store felt** er det sjelden at flommer om sommeren er de kritiske, på grunn av at markvannsunderskuddet som oftest er stort. Det finnes imidlertid flere eksempler på store sommerflommer forårsaket av langvarig nedbør.

10.4.5 Slik inkluderer du snøsmelting i beregning av påregnelig maksimal flom (PMF)

Bruk påregnelig maksimal nedbør-verdier (PMP) for den aktuelle sesongen kombinert med maksimal beregnet snøsmelting under stor nedbør i samme sesong. Det kan også være nødvendig å beregne PMF for forskjellige sesonger for å finne den kombinasjonen av nedbør og snøsmelting som gir størst flom.

10.5 Anbefalt arbeidsgang for PQRUT

Her får du vite hvordan du bruker PQRUT til å finne flomestimer som ikke er påregnelig maksimal flom (PMF). I kapittel 10.6 kan du lese mer om hvordan du beregner PMF.

Slik gjør du det:

1. Vurder om PQRUT er egnet til ditt formål:
 - a. nedbørfeltet er fra 2 til 800 km²
 - b. gjentakintervallet er 200 år eller mer
 - c. flommene er regndominerte
 - d. effektiv sjøprosent er lav

2. Bruk NEVINA til å beregne følgende feltparametre:
 - a. effektiv sjøprosent (A_{SE})
 - b. areal (A)
 - c. nedbør på magasin
3. Kalibrer modellparametrene K_1 , K_2 , og T hvis du har et målt felt, eller beregn modellparametrene hvis du har umålt felt.
4. Konstruer et forløp.
 - a. Finn nedbørverdier
 - b. Beregn eventuell snøsmelting
 - c. Konstruer forløpet, og inkluder snøsmelting ved behov.
5. Legg inn metningsgrad, startvannføring og konsentrasjonstid i modelloppsettet
6. Vurder flomestimatet Q_T ved å sammenligne
 - a. kulminasjonsverdien med observasjoner i vassdraget
 - b. flomverdier fra andre metoder og erfaringstall.
 - c. PMF med statistiske flomberegningsverdier av Q_{1000} .

Detaljer om hvordan du utfører de ulike stegene finner du i *Vedlegg H.2. Detaljert arbeidsgang for bruk av PQRUT*.

PQRUT er en nedbør-avløpsmodell som forenkler de hydrologiske prosessene. Før du tar i bruk PQRUT, bør du være klar over forutsetningene og begrensningene som er listet opp under, og vurdere hvordan de påvirker flomestimatet ditt.

Nedbør

Usikkerhet i ekstremnedbør og arealreduksjonsfaktor overføres til flomestimatet. Derfor vil korte nedbørserier gi usikkert datagrunnlag for store gjentaksintervaller. Ofte kan det være utfordrende å finne en representativ nedbørstasjon.

Ligninger brukt til å estimere modellparametre

Hvis du bruker ligningssettene for å beregne modellparametrene, vær oppmerksom på at usikkerheten til modellparametrene øker hvis du analyserer felt med feltparametre som ligger utenfor gyldighetsintervallet til ligningene. Feltegenskaper som for eksempel bratthet (H_L) vil kunne påvirke flomestimatet mye, alt etter hvilket ligningssett du bruker (1983-ligningene vs. 2016-ligningene).

Det anbefales å bruke ligningssettet fra 2016 etter funn i [Nedbør-avløpsmodellering med PQRUT \(NVE Rapport 34/2021\)](#) som sammenlignet de to ligningssettene fra henholdsvis 1983 og 2016. Hvis et flomestimat (med 2016-ligningene) rimer dårlig med de andre statistiske metodene, bør du også prøve et PQRUT-estimat med 1983-ligningene og begrunne valget. Du kan lese mer om feltegenskapenes påvirkning på modellparametrene K_1 , K_2 og T i *Vedlegg H: PQRUT*.

Tørre felt

Tørre felt med lav spesifikk avrenning og årsnedbør presterer dårligst mot estimater med statistisk flomfrekvensanalyse (NVE Rapport 34/2021).

Våte felt

Våte felt med høy spesifikk avrenning og årsnedbør sammenfaller i stor grad med de statistiske flomfrekvensanalysene (NVE Rapport 34/2021).

Effektiv sjøprosent i feltet

Flomestimater er sensitive for endringer i effektiv sjøprosent. Når effektiv sjøprosent blir stor, vil utløpsforholdene fra innsjøene i feltet få en stadig større betydning for den hydrologiske responsen. Innsjøer med trange utløp vil tømme seg raskere i modellen enn i virkeligheten. Derfor bør de modelleres ved at tilløpet til innsjøen rutes igjennom magasinet/innsjøen for å kunne ivareta utløpsforholdene på en bedre måte enn PQRUT-modellen har mulighet til ([NVE Rapport 2/1983](#)).

Bratthet eller helning i feltet

Vær oppmerksom på at de to ligningssettene fra henholdsvis 2016 og 1983 kan gi store forskjeller, spesielt for slake felt (lav H_L). Ligningssettet fra 2016 gir større flomestimat for slake felt. Dette rimer godt med noen av brukernes erfaring om at PQRUT (med 1983-ligninger) i slake felt kan gi for lave estimat (NVE Rapport 34/2021).

10.6 Slik beregner du påregnelig maksimal flom (PMF)

10.6.1 Hva er påregnelig maksimal flom?

Påregnelig maksimal flom (PMF) er den største flomstørrelsen som kan opptre, og skal representere en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forholdene man kan ha.

Påregnelig maksimal flom kan ikke knyttes til et gjentaksintervall.

10.6.2 Bruk påregnelig maksimal nedbør ved beregning av påregnelig maksimal flom

Påregnelig maksimal nedbør (PMP) er den teoretisk største nedbørmengden som er fysisk mulig over et gitt nedbørfelt til en gitt tid på året. Påregnelig maksimal nedbør kan heller ikke knyttes til et gjentaksintervall.

Når du beregner påregnelig maksimal flom, må du bruke PMP-verdier for den aktuelle sesongen kombinert med maksimalt beregnet snøsmelting under stor nedbør i samme sesong. Det kan også være nødvendig å beregne påregnelig maksimal flom for forskjellige sesonger for å finne ut hvilken kombinasjon av nedbør og snøsmelting som gir størst flom.

10.6.3 Slik beregner du påregnelig maksimal flom ved å skalere Q_{1000} fra flomfrekvensanalysen

Du kan beregne påregnelig maksimal flom ved å skalere Q_{1000} fra flomfrekvensanalysen hvis

- nedbør-avløpsmodellen antas å fungere dårlig
- Q_{1000} beregnet med nedbør-avløpsmodellen avviker stort fra Q_{1000} beregnet fra flomfrekvensanalyser

Tilløpsflommen skaleres slik:

$$PMF = ((PMP + S) / P_{1000}) \cdot Q_{1000}$$

Snøsmeltingen (S) skal oppgis i mm/tidsenhet. Tidsenheten for S og PMP skal være lik.

Det er vanlig å bruke samme nedbør-/flomvarighet og samme arealreduksjonsfaktorer for flomsituasjoner med gitte gjentaksintervaller og for påregnelig maksimal flom. Det kan imidlertid være tilfeller der du må bruke ulik sesong for påregnelig maksimal flom og for flommer med lavere gjentaksintervaller.

10.7 Anbefalt arbeidsgang for den rasjonelle metoden

I dette kapittelet får du oversikt over stegene for å finne et flomestimat med den rasjonelle metoden. Den rasjonelle metoden bruker verken forløp eller snøsmelting, men gir en kulminasjonsflomvannføring. Ønsker du mer detaljert gjennomgang av alle stegene kan lese mer i *Vedlegg I: Den rasjonelle metode*.

1. Vurder om den rasjonelle metoden er egnet til ditt formål:

- a. felt mindre enn 2 km²
- b. enkle overslagsberegninger for dimensjonering
- c. lav effektiv sjøprosent

2. Finn arealet:

Bruk NEVINA eller andre karttjenester for å finne nedbørfeltets areal. Vær oppmerksom på at menneskelige inngrep kan forårsake store endringer i det naturlige nedbørfeltet.

3. Bestem avrenningsfaktor (C):

Bruk verdier fra tabeller eller annen litteratur til å bestemme avrenningsfaktoren.

4. Beregn konsentrasjonstiden T_c

5. Finn dimensjonerende nedbørintensitet

6. Beregn Q_T

7. Vurder flomestimatet Q_T ved å sammenligne kulminasjonsverdien med observasjoner i vassdraget (om det finnes), spesifikke flomverdier fra andre statistiske metoder eller med erfaringstall

10.7.1 Dette bør du kjenne til når du bruker den rasjonelle metoden

Når du bruker den rasjonelle metoden, bør du være klar over forutsetningene og begrensningene som er listet opp under, og vurdere hvordan de påvirker flomestimatet ditt.

Nedbør

Usikkerhet i nedbør overføres til flomestimatet. Derfor vil korte måleserier for nedbør gi usikkert datagrunnlag for høye returperioder. Ofte kan det være utfordrende å finne en representativ nedbørstasjon.

Valg av avrenningsfaktor

Avrenningsfaktor C settes basert på anbefalte verdier i tabell 10, *Vedlegg I: Den rasjonelle metode*.

Initialtilstand

Avrenningsfaktoren er sjelden uniform i et nedbørfelt, men vil variere i feltet, gjennom hendelsen og ut ifra hvor vannmettet bakken er når nedbøren starter. Metoden forutsetter at avrenningsfaktoren er konstant gjennom hele nedbørshendelsen. Den tar dermed ikke hensyn til at grunnen kan bli vannmettet underveis.

11 Slik bruker du ruting for å beregne avløpsflom og vannstand

Ruting kan utføres for eksempel ved hjelp av enkle regneark, modellverktøyet PQRUT eller i ulike hydrauliske modeller.

Denne veilederen omfatter kun hydrologisk ruting. Hvis du har behov for å utføre hydraulisk ruting eller hydraulisk modellering, se veilederen [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#) eller annen egnet faglitteratur.

11.1 Vurder beregningsgrunnlaget for ruting

Når du skal utføre en ruting gjennom et magasin eller en innsjø, kreves det kunnskap om tilløpsflommen, de hydrauliske egenskapene ved dammen eller utløpet og enkelte andre beregningsforutsetninger.

Dette er de viktigste beregningsforutsetningene:

- tilløpsflommens størrelse og forløp
- vannstanden i magasinet eller innsjøen ved flommens begynnelse (initialvannstand)
- magasinets volumkurve
- avløpskapasiteten ut av magasinet (innsjøen)

Tilløpsflom

Du kan beregne tilløps- eller tilsigsflom ved hjelp av en nedbør-avløpsmodell (kapittel 10) eller ut fra flomfrekvensanalyser (kapittel 8) som kombineres til et flomforløp (kapittel 11.4).

Initialvannstand

Du kan ofte sette initialvannstanden i en innsjø til vannstanden ved middelvannføringen i den aktuelle sesongen eller over året.

For magasiner benyttes svært ofte høyeste regulerte vannstand (HRV) som initialvannstand. Dette kan du lese mer om i [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#). Der er også andre krav og aktuelle problemstillinger omtalt, slik som flomavledning, tilstopping av flomløp, drift av kraftverk, overføringer inn eller ut av feltet med mer.

Volumkurve

Du bestemmer magasinets eller innsjøens volumkurve ut fra magasinarealet ved HRV eller innsjøens areal ved middelvannstand og en eller flere andre vannstander. For mange magasiner øker vanndekket areal relativt lite over HRV. I slike tilfeller er det vanlig å anta loddrette kanter rundt magasinet og en konstant volumøkning per centimeter eller meter vannstandsstigning over HRV. Dette er en konservativ antagelse med hensyn til den estimerte vannstanden i magasinet, som kan bli noe overestimert.

I tilfeller der store arealer blir oversvømt når vannstanden stiger, bør du etablere en reell volumkurve ut fra høydedata rundt magasinet eller innsjøen. Det kan også være tilfeller der store elvesletter settes under vann, der kan et alternativ være at du utfører forenklet hydrologisk ruting ved å etablere en sammenheng mellom vannstand og volum ved ulike punkter i elva.

Avløpskapasitet

For naturlige innsjøer bør utløpet måles opp for å etablere en sammenheng mellom vannstand og vannføring som du deretter bruker i modellen.

For dammer benyttes kapasitetskurver for de ulike flomavledningsorganene slik at det er samsvar med kravene som er satt i damsikkerhetsforskriften (2009) og [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#).

11.1.1 Ruting i beregninger for damsikkerhet og sikkerhet mot flom i reguleringsplan og byggesak

I flomberegninger for damsikkerhet skal generelt de forutsetningene som er mest ugunstige for det aktuelle magasinet, legges til grunn. Dette er nærmere beskrevet i [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#).

Hvis formålet med rutingen er flomsonekartlegging eller andre beregninger som omhandler sikkerhet mot flom knyttet til reguleringsplan og byggesak, se [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#).

11.1.2 Hva må du ta hensyn til hvis flommen må rutes gjennom flere magasiner?

Beregningsforutsetningene for ruting gjennom et vassdrag med flere magasiner vil vanligvis være de samme som for ett enkelt magasin: Startvannstander settes til høyeste regulerte vannstand (HRV), overføringer inn i totalfeltet står åpne, og overføringer ut av totalfeltet er stengte.

Du må likevel være oppmerksom på at overføringer innen vassdraget kan bli vurdert forskjellig avhengig av hvilket magasin du ser på. For ett magasin kan det være ugunstig at en overføring er åpen, mens det for et annet magasin kan være ugunstig at den samme overføringen er stengt. Det samme gjelder for drift av kraftverk. Du skal forutsette at kraftverket er ute av drift når du beregner inntaksmagasinet, men for nedenforliggende magasiner kan det være mer ugunstig at kraftverket forutsettes å være i drift.

En tilsvarende problemstilling kan oppstå når det ligger en uregulert innsjø på en elvestrekning mellom to magasiner eller mellom et magasin og et beregningspunkt. For å ta hensyn til flomdempingen i innsjøen kan det være nødvendig å behandle den som et magasin.

Hva må du tenke på ved fordeling av tilløpsflommen?

Hvis det er flere magasiner i et vassdrag, er den totale tilløpsflommen til et magasin lik flombidraget fra lokalfeltet pluss avløpsflommen fra oppstrøms magasiner og eventuelle overføringer.

Det er en stor utfordring å kombinere flombidrag fra ulike deler av vassdraget på en riktig måte slik at den dimensjonerende tilløpsflommen har riktig gjentaksintervall nedover i vassdraget. Denne problemstillingen er særlig knyttet til bruk av arealreduksjonsfaktor ved beregning av nedbør eller endringer i tilsigsflommen nedover i vassdraget.

I felt med magasiner av forskjellig størrelse og med forskjellig kritisk varighet vil det også være utfordrende å kombinere lokal tilløpsflom og avløpsflom fra oppstrøms magasiner på en konsistent måte.

Les mer om utfordringer og anbefalinger knyttet til sammensatte felt i kapittel 12.1.

11.2 Bestem den totale varigheten til flom- eller nedbørforløpet

Ved ruting er det viktig at tilløpsflommen har lang nok varighet til at avløpsflommen rekker å nå kulminasjon. For å ivareta dette må du beregne total varighet til flom- eller nedbørforløpet. Total varighet beskriver hvor lang tid det tar for vannet å bevege seg gjennom hele nedbørfeltet, og hvordan det dempes i magasinene eller innsjøene.

Når du skal bestemme den totale varigheten til flomforløpet, må du ta hensyn til både magasinets kritiske varighet og feltets konsentrasjonstid.

Den minste totale varigheten av tilløpsflommen anbefaler vi at du setter til:

$$V = 1.5 \cdot (T_c + V_M)$$

Hvor T_c er feltets konsentrasjonstid og V_M er magasinets kritiske varighet.

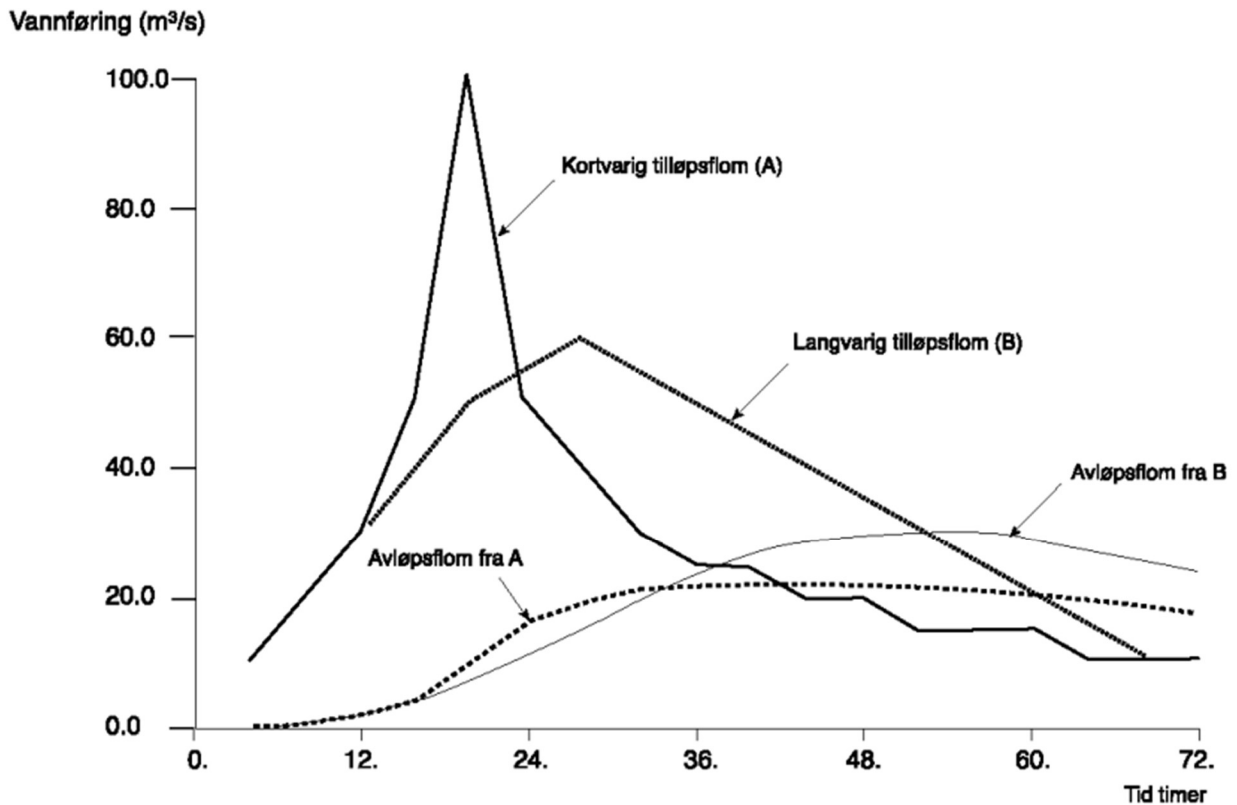
Det finns mange ulike måter å bestemme feltets konsentrasjonstid på. For beregning av konsentrasjonstid til bruk i PQRUT, se *Vedlegg H: PQRUT*, og til bruk i den rasjonelle metode, se *Vedlegg I: Den rasjonelle metode*. Trenger du konsentrasjonstiden til å bestemme den totale varigheten for å konstruere et flomforløpet er det ofte godt nok å bruke samme estimeringsmetode som for PQRUT.

Når du utfører dimensjonerende flomberegninger med nedbør-avløpsmodell for små og mellomstore nedbørfelt uten betydelig flomdemping, anbefaler vi at du tar utgangspunkt i et nedbørforløp på 24 timer.

11.2.1 Magasinets kritiske varighet

Magasinets kritiske varighet (V_M) er en kombinasjon av tilløpsflommens volum og kulminasjon, og magasinets flomdempingsegenskaper. Avløpsflommens størrelse er avhengig av tilløpsflommens intensitet (kulminasjon) og volum, men også av flomdempingen i magasinet, det vil si magasinets areal og flomavledningens karakteristikk og manøvrering.

Du kan bestemme magasinets kritiske varighet ved å prøve og feile når du ruter flommen med forskjellig varighet og intensitet gjennom magasinet. Velg den varigheten som gir størst avløpsflom. Prinsippet fra en slik fremgangsmåte er vist i figur 7.



Figur 7 Eksempel på ruting av en kortvarig tilløpsflom med stor kulminasjonsvannføring, og en langvarig tilløpsflom med mindre kulminasjonsvannføring, men større volum.

For magasiner (eller innsjøer) med fast overløp kan du estimere magasinetts kritiske varighet med følgende formel:

$$V_M = 480 \cdot A_M \cdot Q_i^{-1/3} \cdot (C \cdot L)^{-2/3} \text{ [timer]}$$

Hvor A_M er magasinetts areal ved HRV uttrykt i km^2 , L er det faste flomløpets lengde i meter, C er overløpskoeffisienten og Q_i er tilløpsflom i m^3/s midlet over varigheten V_M .

Magasinetts kritiske varighet er relativt lite følsom for variasjonen i Q_i , og du kan som regel sette Q_i til fire ganger middelflom (Q_M) over ett døgn.

Samme kritiske varighet kan brukes for dimensjonerende flom og påregnelig maksimal flom (PMF).

Formelen over er funnet ved å betrakte et magasin med initialvannstand på HRV, fast overløp og en tilløpsflom med konstant intensitet. Videre defineres magasinetts kritiske varighet i formelen som det tidspunktet hvor avløpsflommen har nådd 80 prosent av tilløpsflommens intensitet.

11.3 Velg tidsskritt

Vi anbefaler generelt at flomforløpene konstrueres med en oppløsning på én time. For svært raske felt og små magasiner kan det være nødvendig med kortere tidsskritt. Ved lange forløp og trege systemer, kan du øke lengden på tidsskrittene (til for eksempel tre timer eller mer).

Flomforløpet beskrives av vannføringen for hvert tidsskritt med den tidsoppløsningen du har valgt.

11.4 Konstruer et flomforløp

Du kan konstruere et flomforløp på to forskjellige måter. Enten ved å konstruere et nedbørforløp som du kjører gjennom en nedbør-avløpsmodell som gir deg et flomforløp, eller ved å konstruere et flomforløp ved bruk av vannføringsdata. Hvis du bruker vannføringsdata, kan du enten bruke frekvensanalyse med ulike varigheter eller skalere en observert flomhendelse.

Sensitivitetsanalyse ved konstruksjon av flomforløp

Hvis du er usikkerhet på hva som vil være den beste eller mest riktige måten å konstruere ditt flomforløp på, anbefaler vi at du gjør en følsomhetsanalyse for å vurdere hvordan ulike valg vil påvirke avløpsflommen og flomvannstanden.

Et eksempel som kan påvirke resultatene dine er hvor langt inn i forløpet du skal plassere kulminasjonsvannføringen. En slik sensitivitetsanalyse kan du gjøre på to måter, enten ved å benytte ulike syntetiske forløp hvor flomtoppen legges i første halvdel, midt i eller i siste halvdel av flomforløpet. Alternativt kan du skalere opp ulike observerte modellflommer til dimensjonerende verdier. Eksempelvis kan du lage et flomforløp med én definert flomtopp, og ett forløp med to eller flere flomtopper etter hverandre, hvor gjerne den største flomtoppen kommer mot slutten av forløpet, for deretter å se på forskjellene i avløpsflommen.

11.4.1 Flomforløp basert på nedbørdata

Les mer om hvordan du konstruerer et nedbørforløp i kapittel 10.2 Slik konstruerer du et nedbørforløp. Nedbørforløpet kan du videre bruke i en nedbør-avløpsmodell for å få et flomforløp, se kapittel 9 og 10.

11.4.2 Flomforløp basert på vannføringsdata

Hvis du skal konstruere et flomforløp ut fra flomestimer med ulike varigheter, er de vanligste tilnærmingene å konstruere et syntetisk forløp eller å skalere en observert hendelse.

Ved et syntetisk forløp skal du kombinere verdier av forskjellige varigheter fra flomfrekvensanalysen til et forløp. Ved et skalert forløp skal du skalere en observert flomhendelse til riktig/ønsket volum.

Et annet alternativ kan være å ta utgangspunkt i et forløp fra en nedbør-avløpsmodell og så skalere det ut fra samme prinsipp som skalering av en observert hendelse.

Valg av representativ stasjon

Der det finnes en uregulert representativ målestasjon eller tilsigsserie i vassdraget, er det naturlig at du tar utgangspunkt i denne når du beregner flomforløp og flomvolum. Når du bruker målestasjoner fra andre vassdrag, må du vurdere nedbørfelt- og klimaparametrene. Legg vekt på feltparametre som er beskrivende for tilløpsflommen. Les mer om representativitet i kapittel 4.1.

I tilfeller der resultatene ikke kommer direkte fra en målestasjon, eventuelt der resultatene er skalert etter en helhetlig vurdering, må du vurdere om samme skalering også gjelder for andre varigheter. Et eksempel kan være der du har en representativ målestasjon som du antar har tregere respons enn nedbørfeltet du beregner for. I et slikt tilfelle må du kanskje skalere opp den estimerte kulminasjons- og døgnmiddelflommen, mens for lengre varigheter er ikke det nødvendig.

Flomfrekvensanalyse på varigheter over flere døgn

Se hvordan du utfører flomfrekvensanalyser på varigheter på mer enn et døgn i kapittel 8.5.3.

Flomvolum ved varigheter over flere døgn

Ved flomberegninger for magasiner med betydelig demping vil volumet av tilløpsflommen ha stor betydning. Når den totale varigheten er beregnet til mer enn ett døgn, er det derfor ekstra viktig å estimere flomvolumet. Du må beregne flomvolum for den totale varigheten over flomforløpet.

Slik konstruerer du et syntetisk flomforløp

For å konstruere et syntetisk flomforløp må du fordele vannføringer på hvert tidsskritt samtidig som volumet stemmer overens med de forskjellige varighetene. I mange tilfeller er det enklest å gjøre dette manuelt.

I tilfeller med forløp som varer under to døgn, anbefaler vi at du legger kulminasjonsvannføringen etter halvparten av den nødvendige varigheten. Ved forløp som varer over 2–3 døgn, anbefaler vi generelt at du legger kulminasjonsvannføringen etter en tredjedel av den nødvendige varigheten.

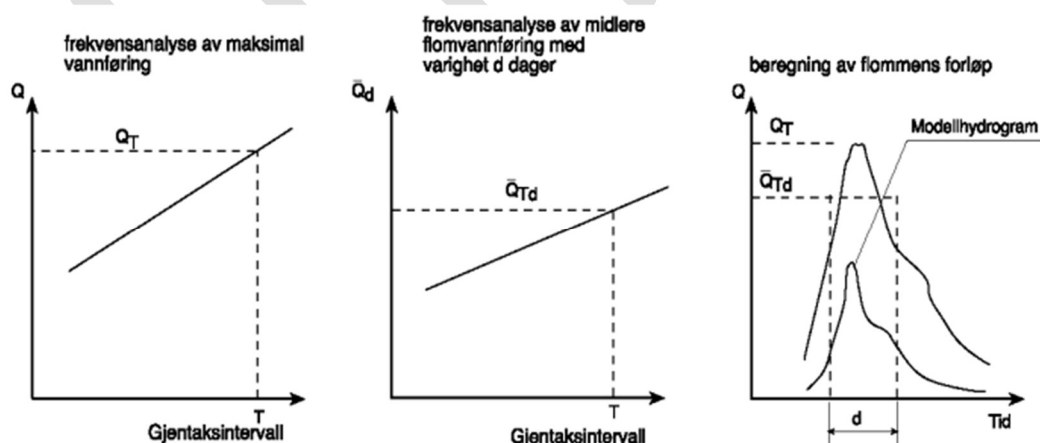
I virkeligheten er det lite sannsynlig at dimensjonerende flomverdier vil inntreffe samtidig for alle varigheter. Et slikt flomforløp vil derfor kunne resultere i et konservativt estimat på avløpsflommen.

I tilfeller hvor du ikke velger å tilpasse forløpet etter alle varigheter, anbefaler vi at den kritiske flomvarigheten, det vil si den varighet som gir den største flommen eller flomvannstanden, skal danne grunnlaget for flomforløpet. Verdiene for øvrige varigheter kan være noe mindre enn dimensjonerende gjentakintervaller.

Skalering av en observert flomhendelse

Du kan også lage et flomforløp ut fra en observert flomhendelse. Det er da vanlig å ta utgangspunkt i en eller flere av de største observerte flommene ved en representativ målestasjon eller tilsigsserie.

Hydrogrammet oppskaleres som regel først til dimensjonerende verdi for den kritiske varigheten. Ved behov justeres eventuelt kulminasjonsverdien og flomvolumet til andre varigheter slik at dette samsvarer noenlunde med beregnede verdier i flomfrekvensanalysen, se figur 8. Kontroller at flomvolumet er rimelig for alle varigheter, det vil si at volumet ikke blir for stort eller for lite.



Figur 8 Konstruksjon av flomforløp ved hjelp av en observert flomhendelse.

12 Felt der du trenger å gjøre spesielle vurderinger

12.1 Sammensatte felt – felt med flere magasiner

Flomberegninger i sammensatte felt, for eksempel felt med flere magasiner, er betydelig mer kompliserte enn beregninger for ett enkelt magasin, og de vil alltid medføre flere skjønnsmessige vurderinger. De øverste magasinene vil ikke by på spesielle problemer – du kan behandle dem som enkeltmagasiner. Nedenforliggende magasiner kan derimot kreve en mer omfattende behandling.

12.1.1 Tilsigsflommer

Hovedprinsippet for beregning av ekstreme flommer i sammensatte felt, basert på enten flomfrekvensanalyser eller nedbør-avløpsmodeller, vil være at du beregner tilsigsflommen for totalfeltet til det aktuelle magasinet. Med tilsigsflom mener vi at du ikke tar hensyn til flomdemping i noen av magasinene i feltet (for mer informasjon om tilsigsserier se kapittel 4.3.1). Ved bruk av formelverk skal du for eksempel ikke regne med magasinenes areal i den effektive sjøprosenten.

Den beregnede flommen for totalfeltet fordeles deretter på delfeltene, for eksempel relativt til midlere årstilsig eller areal. Delflommene rutes gjennom magasinene nedover vassdraget til nederste magasin. Du skal ikke regne med transporttider i vassdraget, siden dette er inkludert i beregningen av tilsigsflommen. Disse beregningene gir aktuell tilløpsflom (Q_T eller PMF) bare for det nederste magasinet.

Vær oppmerksom på at hvis det nederste magasinet har et lite lokalfelt og liten kritisk varighet (liten demping) i forhold til oppstrøms magasiner, kan det være at det er avløpsflommen fra magasinet ovenfor pluss et lite bidrag fra lokalfeltet som er mest kritisk.

12.1.2 Fordeling av nedbør over totalfeltet

Hvis du bruker en nedbør-avløpsmodell for å estimere flomstørrelser, anbefaler vi at du gjør følgende vurderinger:

Har du små variasjoner i nedbørforhold innen totalfeltet?

Hvis nedbørforholdene er noenlunde like innen totalfeltet, kan du justere arealnedbøren (A) med arealreduksjonsfaktor (ARF) for å få arealnedbør for de ulike feltene slik:

$$P_{tot} = ARF_{tot} \cdot P$$

$$P_1 = ARF_1 \cdot P$$

$$P_2 = ARF_2 \cdot P$$

der ARF_{Tot} , ARF_1 og ARF_2 er arealreduksjonsfaktorene for totalfeltet, lokalfeltet og resten av totalfeltet.

Arealreduksjonsfaktoren for resten av totalfeltet (ARF_2) får du fra følgende sammenheng:

$$ARF_2 = ((ARF_{tot} \cdot A_{tot}) - (ARF_1 \cdot A_1)) / A_2$$

Har du store variasjoner i nedbørforhold innen totalfeltet?

Ved store variasjoner i nedbørforholdene i totalfeltet anbefaler vi at du baserer nedbørfordelingen på kartlegging av store nedbørhendelser eller nedbørfordelingskart. Du bør gjøre dette i samråd med Meteorologisk institutt.

Flom fra delfelt anbefaler vi at du simulerer med arealreduisert nedbørforløp, pluss eventuell snøsmelting, ved hjelp av nedbør-avløpsmodell.

I tvilstilfeller anbefaler vi at du kontrollberegner med nedbør fordelt jevnt over hele feltet eller gjør en sensitivitetsanalyse det du fordeler nedbøren etter et utvalg av sannsynlige nedbørfordelinger. Vi anbefaler da at du velger den fordeling som gir de største flommene.

12.1.3 Magasiner med svært ulik flomdempende effekt

Utfordringene med å beregne sammensatte felt med en nedbør-avløpsmodell oppstår først og fremst når du har magasiner med svært forskjellig flomdempende effekt, det vil si forskjellig kritisk varighet for magasinene (V_M). Da vil det i utgangspunktet være forskjellige nedbørvarigheter og forskjellige arealreduksjonsfaktorer som er kritiske for de ulike magasinene.

Et klassisk eksempel er et felt med et lite inntaksmagasin med betydelig lokalfelt og et stort hovedmagasin oppstrøms. For hovedmagasinet kan det være nedbør over flere døgn eller vårfloppen som er kritisk, mens det for inntaksmagasinet kan være nedbør over noen få timer som er kritisk. Det er lite sannsynlig at disse situasjonene inntreffer samtidig, og det er derfor vanskelig å vite hvordan nedbøren skal fordeles i slike felt.

Det er viktig at du ikke bruker Q_T og PMF-flommer for hvert enkelt delfelt til å bygge opp Q_T og PMF for totalfeltet. Det vil gi en økende overestimering av Q_T og PMF nedover vassdraget.

I sammensatte felt hvor høydeforskjellene er store, kan det være aktuelt å regne med ulik snøsmelting i de forskjellige delfeltene.

I følgende situasjoner kan du fordele nedbøren jevnt over hele feltet:

- Når kritisk varighet for det nederste magasinet er av samme størrelse, eller større enn for oppstrøms magasiner. Du vurderer da flomskapende sesong og kritisk varighet basert på det nederste magasinet.
- Når kritisk varighet for det nederste magasinet er mindre enn for oppstrøms magasiner, men lokalfeltet er lite (ca. 10 prosent av totalfeltet eller mindre). Du vurderer da flomskapende sesong og kritisk varighet basert på oppstrøms magasiner.
- Når kritisk varighet for det nederste magasinet er mindre enn for oppstrøms magasiner, men lokalfeltet er stort (ca. 40 prosent av totalfeltet eller mer). Du vurderer da flomskapende sesong og kritisk varighet basert på det nederste magasinet.

I følgende situasjoner anbefaler vi at nedbøren fordeles ujevnt over feltet:

I situasjoner der flommer fra oppstrøms magasiner dempes så mye at lokalfeltets flom blir dominerende, selv om lokalfeltet utgjør en relativt liten del av totalfeltet, kan nedbøren bli redusert for mye hvis du benytter arealkorreksjon for hele feltet. Tilsvarende situasjoner kan også oppstå når lokalfeltet systematisk har mye større nedbør enn resten av feltet. I slike tilfeller kan det være riktigere å legge hovedtyngden av nedbøren til lokalfeltet istedenfor å fordele nedbøren jevnt over totalfeltet.

Vi anbefaler at du:

- setter nedbørens kritiske varighet lik den totale varigheten til lokalfeltet (summen av kritisk varighet for nederste magasin og konsentrasjonstiden for lokalfeltet).
- skalerer nedbøren (P) for lokalfeltet med arealreduksjonsfaktorer for lokalfeltets areal (A).

Videre anbefaler vi at du benytter samme nedbørforløp for resten av totalfeltet, men kombinerer nedbøren (P) og feltarealer (A) på følgende måte:

$$P_{\text{tot}} \cdot A_{\text{tot}} = (P_1 \cdot A_1) + (P_2 \cdot A_2)$$

der indeksen «tot» betegner totalfeltet, indeks 1 betegner lokalfeltet og indeks 2 resten av totalfeltet.

12.2 Store felt

Beregning av flommer opp til Q_{1000} for store felt (større enn 800–1000 km²) skal fortrinnsvis baseres på flomfrekvensanalyser. Ved beregning av påregnelig maksimal flom (PMF) må du imidlertid normalt benytte en nedbør-avløpsmodell. For store felt kan mer avanserte nedbør-avløpsmodeller (for eksempel HBV-modellen) gi mer rimelige flomestimer.

Ved bruk av PQRUT i felt over 800 km² kan det være nødvendig å dele opp feltet i flere delfelt. Ved oppdeling i flere delfelt vil det være utfordringer knyttet til hvordan flommene i delfeltene skal kombineres nedover vassdraget på en måte som opprettholder riktig gjentaksintervall.

Forholdet mellom PMF og Q_{1000} blir ofte større i store felt enn i små felt. Grunnen til dette er at en flom med et gitt gjentaksintervall er en kombinasjon av mer eller mindre kritiske tilstander i de forskjellige delfeltene, mens påregnelig maksimal flom alltid er en kombinasjon av alle kritiske, men realistiske tilstander i alle delfelt.

I store felt kan nedbørforholdene variere mye, og nedbørfordelingen bør derfor baseres på kartlegging av store historiske flomskapende episoder. I store felt er det også viktigere enn i mindre felt å bestemme et realistisk nedbørforløp, det vil si å ikke kombinere for eksempel påregnelig maksimal nedbør med 2–6 timers varighet med samme nedbør med flere døgns varighet.

12.2.1 Store felt med mange magasiner

For store felt med mange magasiner er det særlig viktig å ta hensyn til forsinkelsen i vassdraget mellom magasinene eller delfeltene. Denne transporteffekten kan enten beskrives som en konstant tidsforsinkelse eller med en rutingmetode som tar hensyn til at vannhastigheten endres, og at vann magasineres i oversvømmelseområder i vassdraget. Av slike rutingmetoder er det vanlig å benytte såkalt hydrologisk ruting eller hydraulisk ruting.

Ofte vil det være tilstrekkelig å bruke en konstant tidsforsinkelse relatert til flom, fordi magasineringseffekten i elvestrekningene vanligvis er begrenset ved de store flomvolumene det er snakk om her.

Beregningene foregår ved at du ruter tilløpsflommen gjennom øverste magasin, forskyver avløpsflommen med transporttiden i vassdraget til neste magasin, legger til den lokale tilløpsflommen (uten tidsforsinkelse) og eventuelle overføringer og ruter den totale tilløpsflommen gjennom neste magasin. På samme måte ruter du avløpsflommen videre nedover vassdraget til det nederste magasinet som du skal utføre beregninger for. Du kan lese mer om ruting i kapittel 11.

Et lite magasin langt oppe i vassdraget vil i mange tilfeller ha liten innflytelse på den totale flomdempingen. I slike tilfeller kan du inkludere magasinets sjøareal når du beregner feltets effektive sjøprosent. Flommen skal da ikke rutes gjennom dette magasinet.

Vurder om det er riktig å forutsette at alle magasinene ligger på høyeste regulerte vannstand ved flommens begynnelse, når du beregner en flom med et gitt gjentaksintervall. En slik forutsetning kan

føre til overestimering av tilløpsflommen til det nederste magasinet med det aktuelle gjentaksintervallet.

12.2.2 Du kan sette opp nedbør-avløpsmodeller for flere delfelt

Du kan bruke nedbør-avløpsmodeller til å lage modeller for flere delfelt istedenfor å lage en modell for totalfeltet til det aktuelle magasinet. Du beregner da flommene i delfeltene ut fra nedbørverdier som er representative for totalfeltet, og med arealreduksjonsfaktorer som gjelder for totalfeltet. Disse flommene representerer da delfeltenes bidrag til flommen for totalfeltet.

Flomverdien til totalfeltet er noe mindre enn delfeltenes Q_T - og PMF-verdier.

Delflommene må rutes gjennom magasinene nedover vassdraget til nederste magasin. I slike tilfeller må du ta hensyn til transporttider i vassdraget, det vil si at du vanligvis må regne med en tidsforsinkelse mellom flommene i de forskjellige delfeltene.

Slike beregninger gir tilløpsflom (Q_T eller PMF) bare for nederste magasin.

12.3 Samløpsproblematikk – der to eller flere elver møtes

Dette kapitlet handler først og fremst om flomberegninger som er en del av en flomfarekartlegging som inkluderer hydraulisk modellering, og der elvestrekningen som skal kartlegges, inneholder samløp mellom to eller flere elvestrenger.

Der to eller flere elver møtes, er det ikke gitt hvilken hendelse (kombinasjon av kulminasjonstidspunkt og gjentaksintervall i de ulike elvene) som vil resultere i de mest riktige vannstandene. Du kan anta at alle elver og bekker kulminerer samtidig, men det vil sannsynligvis være en konservativ antakelse. I tilfeller der det er stor forskjell i vannstand ved ulike kombinasjoner av gjentaksintervaller, bør du vurdere hva som er den mest realistiske kombinasjonen. Dette er gjerne en omfattende prosess, og nødvendigheten bør ses i sammenheng med formålet med beregningen.

12.3.1 Samløp – hovedelv og sideelv

Hvis det finnes flomdata for hovedelva og sideelva, kan disse danne et grunnlag for å vurdere realistiske kombinasjoner av flomvannføringer. Ofte vil flommen i den ene elva allerede være på retur eller ennå ikke ha nådd kulminasjon når flommen i den andre elva kulminerer. En liten sideelv langt nede i vassdraget vil sannsynligvis allerede ha en relativt liten flomvannføring når flommen i hovedelva kulminerer. Flommen i mindre sideelver vil sannsynligvis kulminere fra noen timer til noen dager før flomtoppen er nådd i hovedelva. Det kan også være helt andre vær-situasjoner som fører til store flommer i sideelva. Hvis observasjoner er tilgjengelig, kan vannføringen i hovedelva på tidspunktet flommen i sideelva kulminerer, estimeres ut fra forholdstallet mellom vannføringene ved noen store flommer.

Der hovedelva er desidert størst og det ikke er behov for å kartlegge sideelva spesielt, kan flomstørrelsen være den samme på hele strekningen. Om det kommer til sideelver av vesentlig størrelse, kan flomverdiene i hovedelva skaleres med hensyn til økningen i areal.

12.3.2 Samløp – jevnbyrdige sideelver

Der to elver som er relativt like i feltstørrelse og feltegenskaper møtes, kan du anta samtidig kulminasjon. Flommene kan da skaleres og fordeles mellom elvene ut fra areal. Du kan vurdere å redusere spesifikke flomverdier nedstrøms samløpet på grunn av større areal nedstrøms samløpet.

12.3.3 Samløp – elver av ulik karakter

Der elver av ulik karakter møtes, må du gjøre separate flomberegninger for elvene. Om du kan anta at forskjellen i responstid på flomforløpet er vesentlig, kan du regne på forsinkelse i kulminasjonstidspunkt for eventuelt å justere bidraget fra flommen mellom de ulike delfeltene. Du må dermed også vurdere hvilket gjentakintervall tilstøtende elver har når kulminasjon inntreffer i hver av delene.

Der det er stor forskjell i lengden på hovedelva og sideelva, kan dette gi ulikt tidspunkt for kulminasjon i elvene og ved samløpet. Transporttider i elvene kan danne et grunnlag for å beregne tidsforsinkelser. I Norge bruker vi gjerne en gjennomsnittlig hastighet på vannet i elver på 1–2 m/s som et utgangspunkt. Alternativt kan du benytte andre metoder og formler for beregning av konsentrasjonstider for nedbørfelt, se for eksempel *Vedlegg H: PQRUT* og *Vedlegg I: Den rasjonelle metode*.

Du må vurdere demping og forsinkelse av flomtoppen nedstrøms større innsjøer. Det finnes eksempler på at spesifikk flom kan øke nedover et vassdrag. Dette kan for eksempel skyldes at store innsjøer i øvre del av vassdraget demper flommer mer enn delfelt lenger ned i vassdraget, eller at det kan være ulik fordeling av nedbør over nedbørfeltet.

Om du skal kartlegge små sideelver også, kreves en egen flomberegning for disse. De spesifikke flomverdiene kan være svært ulike i små og store elver. Forsinkelse i flomforløpet mellom sideelv og hovedelv kan ofte føre til at flommene i elvene kulminerer til ulik tid.

12.3.4 Utløp i innsjø

Når den kartlagte elvestrekningen har utløp i en innsjø med betydelig flomdemping, kan vannstanden i innsjøen ved kulminasjon i elva inngå som en grensebetingelse i den hydrauliske modellen. Denne kan være lavere enn dimensjonerende flomvannstand i innsjøen, siden innsjøen ennå ikke har kulminert når elva har sin største vannføring. Det kan være vanskelig å beregne dette hvis det ikke finnes samtidige målinger i innsjø og elv. Du kan da bestemme sammenhengen ved å rute flomforløpet gjennom innsjøen. Les mer om ruting i kapittel 11.

12.4 Mikrofelt og urbane felt

Skal du gjøre flomberegninger for urbane felt eller mikrofelt (felt mindre enn 1 km²) kan du i prinsippet bruke metodene beskrevet i denne veilederen. Siden mange av metodene (se Figur 1) og anbefalingene er basert på datagrunnlag og erfaringer fra større felt, må du forvente at usikkerheten i ditt flomestimat øker sammenlignet med større felt.

Skal du kartlegge fare eller skade fra overvann, anbefaler vi at du leser NVEs veileder [Rettleiar for handtering av overvatn i arealplanar \(NVE Veileder 4/2022\)](#) og [Kartlegging av fare fra overvann \(NVE Veileder 2/2023\)](#).

NEVINA fungerer ikke optimalt for mikrofelt og urbane felt. Grunnen til dette er at de bakenforliggende kartgrunnlagene i mange tilfeller ikke er detaljerte nok. Vi anbefaler derfor at du vurderer å bruke andre verktøy eller utføre egne GIS-analyser for å beregne feltegenskaper til slike felt.

12.4.1 Mikrofelt

Mikrofelt er nedbørfelt som vi her definerer som felt mindre enn ca. 1 km². Det foreligger i dag svært få lange måleserier i så små nedbørfelt, noe som gjør det utfordrende å gjøre gode analyser. I NIFS-prosjektets gjennomgang av NVEs hydrologiske database ble det identifisert 37 målestasjoner som måler eller har målt vannføring for nedbørfelt under ca. 1 km². I 2015 var 13 av disse stasjonene fremdeles i drift, og de fleste av disse er urbanstasjoner. Det ble kun identifisert seks vannføringsstasjoner med et brukbart hydrologisk datagrunnlag for statistiske analyser i denne kategorien. Nedbørfeltene ligger alle i Sør-Norge og varierer i størrelsesorden 0,2–1,2 km².

God kunnskap om hydrologi i mikrofelt er helt avgjørende for å kunne utføre kartlegging av fare og skade fra overvann og gode dimensjoneringsberegninger. Som følge av det svært begrensede datagrunnlaget i denne kategorien er det ekstra utfordrende å vurdere resultatene fra flomanalyser.

Det er store lokale og regionale variasjoner i spesifikke flommer i mikrofelt. De høyeste observerte spesifikke flomverdiene, fra utvalget brukt i NIFS-prosjektet, finner vi i Hordaland, Telemark og Nordland, se *Vedlegg J: Erfaringstall for flomestimer*. Verdiene varierer fra litt over 4000 l/s/km² til ca. 5300 l/s/km². Feltarealet varierer fra 3,3–37,3 km².

Vi anbefaler at du sjekker resultatene ekstra nøye hvis du får:

- spesifikke 200-årsverdier som er mindre enn 2000 l/s/km²
- spesifikke 200-verdier som overskrider 5000 l/s/km²

Vi anbefaler også at du diskuterer resultatene med erfarne kolleger. Hvis du er i tvil, kan du kontakte hydrologisk avdeling i NVE, for eksempel ved å sende epost til nve@nve.no.

12.4.2 Urbane felt

I urbane felt vil avrenningen være sammensatt av et raskt bidrag fra impermeable flater, og et tregere bidrag fra mer permeable flater.

Urbaniseringsgraden til NVEs urbanstasjoner varierer fra 10–28 prosent.

NVE simulerte i 2023 alle urbanstasjonene med nedbør- og avløpsmodellen DDDUrban ([NVE Rapport 34/2023](#)). Resultatene viste at for flere av de høyeste simulerte vannføringene, var størstedelen av avrenningen fra de permeable flatene i nedbørfeltet. For flomberegninger i urbane felt er det derfor viktig å ikke bare ta med avrenningen fra de urbane områdene, men hele nedbørfeltet.

13 Velg endelig dimensjonerende flomestimat

Når du er ferdig med å utføre analysene, er det på tide å velge et endelig flomestimat. Du må begrunne valgene dine, slik at det er lett å etterprøve resultatene.

13.1 Sammenstill flomestimatene fra de ulike metodene, velg endelig flomestimat og begrunn valget

Slik går du frem når du skal velge endelige flomverdier:

- Still opp resultatene for middelflom og flommer ved de neste gjentakintervallene i en tabell som viser resultatene fra alle de ulike metodene som er brukt i beregningen. Vis gjerne prosentvis forskjell mellom de ulike resultatene.
- Diskuter forskjellene og likhetene mellom resultatene fra de ulike metodene.
 - Beregninger med PQRUT og andre nedbør-avløpsmodeller bør alltid sammenlignes med flomstørrelser som er beregnet ut fra flomfrekvensanalyser og/eller formelverk.
 - Du bør alltid sammenligne resultatene fra den rasjonelle metoden med andre metoder, fordi det er stor grad av usikkerhet i formelen.
- Velg endelig estimat, og begrunn valget.

13.2 Sammenlign flomestimatet med andre flomberegninger, observasjoner og erfaringstall

Etter at du har valgt endelig flomverdi for ditt felt, bør du sammenligne verdien med andre flomberegninger, andre observasjoner i eller nært vassdraget og erfaringstall for regionen.

Still deg selv disse spørsmålene når du sammenligner resultater:

- Er det gjort andre beregninger i vassdraget?
 - Hvor ligger dine verdier i forhold til det som er blitt beregnet tidligere? Bruk f.eks. [flomrapportdatabasen](#). Lag gjerne en tabell for å vise likheter og forskjeller mellom resultatene fra ulike beregninger.
 - Er det store avvik? Vurder beregningene kritisk, og se om det er rimelige grunner til avvik.
- Er det gjort observasjoner av store flommer i vassdraget eller i representative vassdrag?
 - Sammenlign de beregnede dimensjonerende flommene med observerte flommer. Er de estimerte verdiene i rimelig samsvar med de observerte?
- Samsvarer dine flomverdier med kjente erfaringstall for området? Se *Vedlegg J: Erfaringstall for flomestimater*

I [Flomrapportdatabasen](#) finner du utførte flomberegninger både fra NVE og andre eksterne aktører.

Hvis flomestimatet ditt avviker mye fra erfaringstall, andre flomberegninger eller observasjoner, men du likevel mener at ditt estimat er det mest riktige, må du beskrive hva årsaken til dette er.

13.2.1 For damsikkerhet er det et krav å sammenligne med observerte verdier

Ved flomberegninger for damsikkerhet er det krav om å sammenligne beregnede flomverdier med eventuelle observerte flomverdier i vassdraget, for eksempel observerte vannstander i magasiner som inngår i flomberegningen. Dette kravet står i damsikkerhetsforskriften § 5-7 fjerde ledd, og i kapittel 5 i [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#).

13.2.2 Sammenlign påregnelig maksimal flom med Q_{1000}

Du bør alltid sammenligne påregnelig maksimal flom (PMF) med Q_{1000} , selv om de er beregnet med forskjellig metode. PMF ligger vanligvis et sted mellom 1,5–3 ganger Q_{1000} -verdien.

Forholdet mellom PMF og Q_{1000} blir ofte større i store felt enn i små felt. Det er fordi en flom med et gitt gjentaksintervall er en kombinasjon av mer eller mindre kritiske tilstander i de forskjellige delfeltene, mens PMF alltid er en kombinasjon av alle kritiske, men realistiske tilstander i alle delfeltene.

Hvis PMF-verdien er mindre eller større enn 1,5–3 ganger Q_{1000} , kan du vurdere å estimere PMF med en alternativ metode, se kapittel 10.6.

14 Vurder usikkerheten i flomestimatene og det hydrologiske datagrunnlaget

14.1 Klassifiser det hydrologiske datagrunnlaget

Den største kilden til usikkerhet i flomberegninger er datagrunnlaget. Du bør derfor vurdere kvaliteten på det hydrologiske datagrunnlaget ved å klassifisere det.

For flomberegninger som utføres for damsikkerhet (konsekvensklasse 1–4), er det et krav å beskrive datagrunnlaget ([NVE Veileder 2/2022](#)). Vi anbefaler at du beskriver datagrunnlaget ved å klassifisere det, da klassifiseringen er ett av flere elementer som brukes for å vurdere behovet for eventuelle sikkerhetspåslag på dimensjonerende tilløpsflom til dammen.

Vi anbefaler at du klassifiserer det hydrologiske datagrunnlaget også når du gjør en flomberegning for flomsonekart eller andre formål.

Klassifiseringen vi bruker, går fra en skala fra 1 til 5, der klasse 1 er et godt datagrunnlag og klasse 5 er et dårlig datagrunnlag. Kriteriene for klassifisering av det hydrologiske datagrunnlaget finner du i tabell 5.

Datagrunnlaget kan variere i kvalitet innad i et vassdrag. Har du flere beregningspunkter, kan det være aktuelt å klassifisere datagrunnlaget ulikt på forskjellige steder i vassdraget.

Tabell 5: Klassifisering av usikkerhet knyttet til det hydrologiske datagrunnlaget.

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.

Vi har laget noen spørsmål som kan hjelpe deg med å velge riktig klasse for ditt hydrologiske grunnlag. Spørsmålene, sammen med flytskjemaet i figur 9 er hjelpemiddel for å velge riktig klasse, men det er viktig å bruke skjønn og erfaring for å komme fram til den mest riktige klassen for ditt datagrunnlag.

Er det observasjoner i eller nært vassdraget?

Har du vannføringsobservasjoner, tilsigsserier eller andre konstruerte vannføringsserier som du vurderer som representative for din beregning? Observasjonene skal ligge i vassdraget, eller de skal ligge i umiddelbar nærhet til vassdraget og samtidig være representative for ditt beregningspunkt.

Lengden på måleserien

Hva som er tilstrekkelig lang vannføringsserie, avhenger av hvilke gjentaksintervall du skal gjøre beregningen for. For flomberegninger der man regner på gjentaksintervall fra 100 år og oppover bør

måleserien helst være over 50 år. Gode måleserier bør i størst mulig grad være komplette, ha lite hull og få korrigeringer.

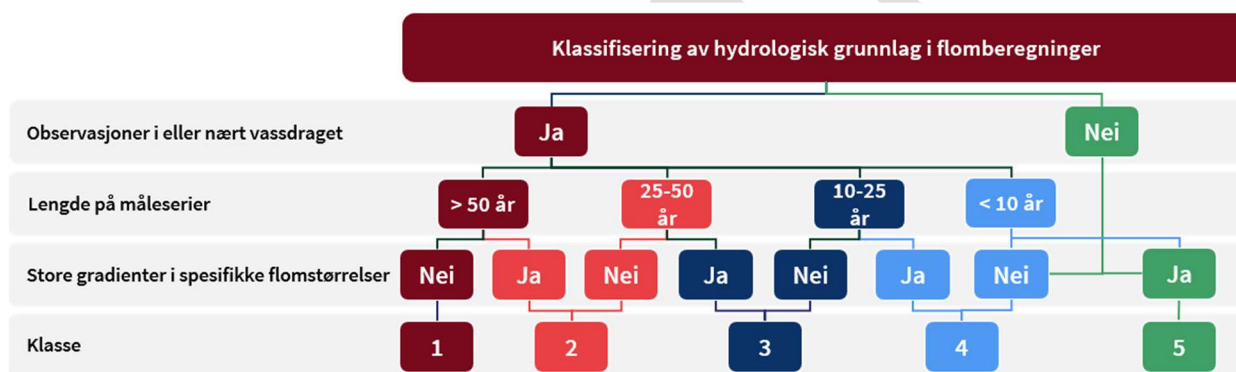
Hvis lengden på måleserien er mindre enn 50 år øker usikkerheten i flomestimatet. Derfor vil flomberegningen ikke kunne oppnå klasse 1.

For å bestemme middelflom kan noen få år med data være tilstrekkelig, men høyere gjentakintervaller krever mye lengre tidsserier. Vurder derfor om antallet flommer i perioden med observasjoner er tilstrekkelig for din analyse.

Er det store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området?

Du må vurdere om det er stor spredning mellom flomstørrelser beregnet ved representative målestasjoner i området. Du kan også vurdere om det er store variasjoner i spesifikke flomstørrelser ved bruk av formelverk for ulike beregningspunkter eller for de representative stasjonene.

Flytskjemaet i figur 9 kan hjelpe deg med klassifiseringen. Skjemaet dekker ikke alle tenkelige tilfeller, men er en veiledning i å vurdere kvaliteten på det hydrologiske datagrunnlaget.



Figur 9 Flytskjema som hjelper deg å finne riktig klasse på det hydrologiske grunnlaget i flomberegningen. Flytskjemaet må brukes sammen med klassifiseringskriteriene i tabell 5.

14.1.1 Slik klassifiserer du det hydrologiske datagrunnlaget når du bruker nedbør-avløpsmodell

For at klassifiseringskriteriene i tabell 5 skal være sammenlignbare også ved bruk av nedbør-avløpsmodeller, er det fremdeles det tilgjengelige hydrologiske datagrunnlaget og hvordan det er benyttet i flomberegningen (kalibrering/verifisering/sammenligning av resultater), som skal klassifiseres. Dette betyr at om man ikke har målinger av hydrologisk data i vassdraget eller gode representative stasjoner i nærheten, har man et dårlig hydrologisk datagrunnlag, og man vil få en lav klassifisering av datagrunnlaget. Man skal ikke ta med vurderinger av kvaliteten på meteorologiske data inn i vurderingen av det hydrologiske datagrunnlaget.

14.2 Slik kan du vurdere usikkerheten i flomestimatet

Du bør identifisere og helst tallfeste de største bidragene til usikkerheten så langt det er mulig. Når du beregner middelflom og vekstkurve, kan du tallfeste usikkerheten om du bruker verktøy som NEVINA eller bayesiansk tilnærming i Hydra II, som begge har innebygde usikkerhetsintervaller i resultatrapportene du får ut. Bruker du Hydra II, kan du også se hvordan usikkerheten til vannføringskurven påvirker flomestimatene dine (se Vedlegg E: Hydrologiske data).

Du kan ikke alltid tallfeste usikkerheten, men denne listen kan hjelpe deg å identifisere noen av kildene til usikkerhet i flomestimatet:

- «Observert vannføring» er vannføring beregnet gjennom vannføringskurven. Det er vannstanden som observeres og regnes om til vannføring via en vannføringskurve. Vannføringskurven er ofte ekstrapolert for de største vannføringene.
- Kilder til usikkerhet i vannføringsdata fra Hydra II:
 - Forholdene for vannstandsregistreringer, driftsutfordringer og utfall av måleinstrument eller loggere, se *Vedlegg E: Hydrologiske data* og *Vedlegg F: Kvalitetskontroll av hydrologiske data*.
 - Døgnmiddelverdiene er basert på kalenderdøgn. Det betyr at største 24-timersmiddel vil være større eller lik største døgnmiddel.
 - De eldste dataene i databasen er basert på én daglig observasjon av vannstand. Disse daglige vannstandsavlesningene anses å representere et døgnmiddel, men kan selvfølgelig avvike i større eller mindre grad fra det reelle døgnmidlet, spesielt for mindre nedbørfelt.
 - Data med fin tidsoppløsning er ikke kontrollert på samme måte som døgndata og er ikke komplett ved observasjonsbrudd.
- Mangel på representative tidsserier i eller i umiddelbar nærhet til vassdraget øker usikkerheten.
- Mange tidsserier er for korte til å gi gode estimater på ekstreme flommer.
- Flere tidsserier mangler observasjoner av ekstreme hendelser. Ekstreme, lokale hendelser kan lett havne utenfor stasjonsnettet.

For å minimere usikkerhetene ved bruk av en nedbør-avløpsmodell eller mer avanserte hydrologiske modeller bør du alltid kalibrere eller verifisere modellen mot observerte store flomhendelser, når det er mulig.

14.2.1 Vi anbefaler at du gjør en følsomhetsanalyse

I flomberegninger er det usikkerheter knyttet til både datagrunnlag og beregningsmetoder. Du kan synliggjøre virkningen av disse usikkerhetene ved hjelp av en følsomhetsanalyse. Det er spesielt viktig å gjøre en følsomhetsanalyse når usikkerheten i datagrunnlaget er stort, slik at du kan se konsekvensen av endringer i flomvannføringene. Følsomhetsanalyser er også viktige om du skal fastsette sikkerhetspåslag (brukes i [NVE Veileder 3/2022](#)) eller sikkerhetsmargin (brukes i [damsikkerhetsforskriften](#) og [NVE Veileder 2/2022](#)) for beregningen din.

En følsomhetsanalyse bør **utføres separat for hver enkelt komponent**, slik at utslaget i resultatene vises hver for seg.

Hvis resultatene i flomberegningen bygger direkte på analyser av én vannføringsserie, vil kvaliteten på vannføringskurven til den ene stasjonen være spesielt viktig for usikkerheten. For å se på hvordan usikkerheten i vannføringskurven (*Vedlegg E: Hydrologiske data – Usikkerhet i vannføringskurven*) vil påvirke resultatene, kan du bruke øvre eller nedre konfidensintervall til vannføringskurven til å lage en alternativ vannføringsserie som du igjen gjør en frekvensanalyse på.

I enkle nedbør-avløpsmodeller eller mer avanserte hydrologiske modeller kan du vurdere følsomheten i simulert vannføring ved å variere inndataene eller modellparametrene. For PQRUT kan du for eksempel variere nedbør, snøsmelting, vannmetning i bakken eller modellparametrene K_1 , K_2 og T.

Ved ruting bør du utføre følsomhetsanalyse for dimensjonerende flom. Vi anbefaler å skalere tilløpsflommen opp og ned med 10, 20, 30 og 40 prosent. I tillegg kan det også være aktuelt å variere forutsetningene, som kulminasjonstidspunkt og flomvolum.

Hvordan du bør utføre følsomhetsanalysen, avhenger av formålet med flomberegningen. I [NVE Veileder 2/2022](#) kan du lese mer om følsomhetsanalyser for flomberegninger for dammer og i [NVE Veileder 3/2022](#) får du vite mer om hvilke komponenter du kan gjøre følsomhetsanalyser for hvis du utreder flomfare i reguleringsplan og byggesak.

UTKAST

15 Legg til klimapåslag på flomestimatet

For å unngå økt skaderisiko i forbindelse med klimaendringene anbefaler vi å legge på et klimapåslag på den dimensjonerende flomverdien når det planlegges bygg, konstruksjoner eller infrastruktur med levetid over 20 år. Klimapåslaget reflekterer forventede effekter av klimaendringene frem til slutten av århundret ved høye utslipp av klimagasser.

For tiltak med kort levetid (10–20 år) kan du bruke flomestimatet ditt uten klimapåslag.

Klimapåslagene som anbefales for dimensjonerende flommer, deles inn i tre grupper:

- 0 prosent for elvestrekninger der det beregnes en reduksjon i flomstørrelser
- 20 prosent for elvestrekninger der det beregnes en økning i flomstørrelser
- 40 prosent for elvestrekninger der det beregnes en stor økning i flomstørrelser

I mindre, bratte vassdrag som reagerer raskt på nedbør, og i tettbygde strøk med mye tette flater er anbefalingen at du skal legge på minst 20 prosent, og i mange tilfeller 40 prosent, klimapåslag på flomestimatet.

NVE har utviklet et eget Temakart som viser anbefalt klimapåslag i alle elvestrenger i Norge: [NVE Temakart - Klimapåslag](#).

Anbefalingene baserer seg på [Klima i Norge \(NCCS report no. 2/2015\)](#) og [Klimaendring og framtidige flommer i Norge \(NVE Rapport 81/2016\)](#). For informasjon om ventede klimaendringer, effektene av klimaendringene og anbefalte klimapåslag på flommer i nedbørfelt for ulike fylker, henviser vi til de fylkesvise [klimaprofilene](#) som er tilgjengelige hos Klimaservicesenteret.

Klimapåslaget legges direkte på vannføringen. Ved ruting legges påslaget på tilløpsflommen. Vi anbefaler å bruke samme klimapåslag på tvers av alle gjentaksintervaller. Usikkerhet ved beregningsmetoder er ikke inkludert i klimapåslaget, og et sikkerhetspåslag (ut fra vurdering av usikkerheten i flomestimatet) må vurderes separat.

Når vi anbefaler klimapåslag, skiller vi mellom nedbør og flom. I flomberegninger skal du følge anbefalingene for flom. Selv om du bruker nedbør-avløpsmodell for å beregne flomverdien, skal du legge på anbefalt klimapåslag for flom på den beregna vannføringsverdien og ikke på nedbøren som går inn i modellen din. Dette skyldes at flomstørrelsene er påvirket av flere faktorer enn bare nedbør, som for eksempel metningsgrad og grunnvannsforhold, snø og snøsmelting og selvreguleringsevnen til nedbørfeltet.

For utvalgte elvestrekninger hvor det er utarbeidet et flomsonekart, er det gjort egne vurderinger av anbefalt klimapåslag. Disse anbefalingene finner du i vedlegg B i rapporten [Klimaendring og framtidige flommer i Norge \(NVE Rapport 81/2016\)](#) og i [klimaprofilene](#) til Klimaservicesenteret.

Du kan lese mer om hvordan vi anbefaler å bruke klimapåslag i praksis, i disse veilederne:

- for dammer og vassdragsanlegg: [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#)
- for reguleringsplaner og byggesaker: [Sikkerhet mot flom \(NVE Veileder 3/2022, s. 27\)](#)
- for kartlegging av fare og skade fra overvann: [Kartlegging av fare fra overvann \(NVE Veileder 2/2023\)](#)

Gjør du flomberegninger for andre formål enn flomsonekartlegging eller damsikkerhet (for eksempel bruer og stikkrenner), kan beregningen ligge under andre anbefalinger for klimapåslag. Ulike aktører innen infrastruktur (for eksempel Statens vegvesen og BaneNor) har satt egne krav til klimapåslag.

Dagens klimafremskrivninger endres i takt med et oppdatert kunnskapsgrunnlag. De nyeste klimafremskrivningene finner du i de fylkesvise klimaprofilene, og disse bør legges til grunn ved planlegging og utbygging. Det bør komme tydelig frem hvilke klimapåslag som er benyttet i utredningen.

16 Dokumentasjon, kontroll og godkjenning av flomberegninger

Det er viktig at du dokumenterer flomberegningen på en god måte, med faglige begrunnelser for valgene og vurderingene du har tatt underveis i analysen.

Damsikkerhet

NVE skal kontrollere og godkjenne alle flomberegninger som er knyttet til dimensjonering, ombygging og revurdering av dammer i konsekvensklasse 1, 2, 3 og 4. Slike flomberegninger skal dokumenteres i en rapport med nødvendige opplysninger for vår kontroll og godkjenning. Konkrete krav til innhold i en slik rapport finnes i [Flomberegninger for dammer \(NVE Veileder 2/2022\)](#).

Andre flomberegninger

NVE skal ikke formelt godkjenne flomberegninger for andre formål enn damsikkerhet, men vi anbefaler alltid at det utføres en sidemannskontroll, og at de som utfører beregningene har nødvendig kompetanse og erfaring, se også kapittel 1.1.1.

Vi anbefaler også at alle flomfareutredninger dokumenteres, slik at vurderingene og resultatene fra beregningene kan etterprøves. Hvordan dette kan gjøres er nærmere beskrevet i NVE-veileder [Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak \(NVE Veileder 3/2022\)](#).

17 Referanseliste

- NVE Rapport 2/1983. Andersen, J.H., Hjukse, T. Roald, L. og Sælthun, N.R. (1983). Hydrologisk modell for flomberegninger. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. https://publikasjoner.nve.no/rapport/1983/rapport1983_02.pdf
- Andersen, J. H., Hjukse, T., Roald, L. og Sælthun, N.R. (1983). *Hydrologisk modell for flomberegninger* (NVE Rapport 2/83). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/1983/rapport1983_02.pdf
- Bakke, S. J. & Holmqvist, E. (2018). *Flomtilsig fra magasindata* (NVE rapport 50/2018). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2018/rapport2018_50.pdf
- BaneNor (2024). *Teknisk Regelverk. Kapittel 3: Dimensjonerende vannføring*. Hentet fra: [Underbygning/Prosjektering og bygging/Drenering – Teknisk regelverk \(banenor.no\)](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2024/rapport2024_3.pdf)
- Beldring, S., Engeland K., Holmqvist, E., Pedersen, A.I., Ruan, G., Veie, C.A. og Cabrol, J.(2022). *Avrenningskart for Norge 1991 - 2022*. Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra [NVE Rapport 36/2022: Avrenningskart for Norge 1991-2020](https://publikasjoner.nve.no/rapport/2022/rapport2022_36.pdf)
- Byggteknisk forskrift (TEK17). (2017). *Forskrift om tekniske krav til byggverk (Byggteknisk forskrift)*. (FOR-2017-06-19-840). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2017-06-19-840>
- Damsikkerhetsforskriften. (2009). *Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften)*. (FOR-2009-12-18-1600). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2009-12-18-1600>
- Engeland, K., Glad, P., Hamududu, B., Li, H., Reitan, T. og Stenius, S. (2020). *Lokal og regional flomfrekvensanalyse* (NVE Rapport 10/2020). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2020/rapport2020_10.pdf
- Engeland, K., Schlichting, L., Randen, F., Nordtun, K. S., Reitan, T., Wang, T., Holmqvist, E., Voksø, A. og Eide, V. (2016). *Utvalg og kvalitetssikring av flomdata for flomfrekvensanalyser* (NVE Rapport 85/2016). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_85.pdf
- Fergus, T., Høydal, Ø. A., Johnsrud, T.-E., Sandersen, F. og Schanche, S. (2011). *Skogsveger og skredfare: veileder* (NVE Diverse 2011). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra <http://publikasjoner.nve.no/diverse/2011/skogsvegskredfare2011.pdf>
- Fergus, T., Hoseth, K. A. og Sæterbø, E. (2010). *Vassdragshåndboka: Håndbok i vassdragsteknikk (2.utg)*. Trondheim: Tapir akademisk. Hentet fra <https://webfileservice.nve.no/API/PublishedFiles/Download/G19-00801/2724146/>
- Filipova, V., Lawrence, D., Klempe, H. (2016). *Regionalisation of the parameters of the rainfall-runoff model PQRUT*, Hydrology Research, 47(4), 748-766. Hentet fra <https://doi.org/10.2166/nh.2016.060>
- Filipova, V., Lawrence, D., Skaugen, T. (2019). *A stochastic event-based approach for flood estimation in catchments with mixed rainfall and snowmelt flood regimes*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 19(1), 1-18. Hentet fra <https://doi.org/10.5194/nhess-19-1-2019>
- Førland, E. J. (1992). *Manual for beregning av påregnelige ekstreme nedbørverdier (DNMI Rapport 21/1992)*. Oslo: Det norske meteorologiske institutt.

- Førland, E., Mamen, J., Grinde, L., Dyrddal, A. V. og Myrabø S. (2015). *Dimensjonerende korttidsnedbør* (NVE Rapport 134-2015). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_134.pdf
- Førland, E. J & Tveito, O. E. (1997). *Temperatur og snødata for flomberegning (DNMI Rapport 28/1997)*. Oslo: Det norske meteorologiske institutt. Hentet fra https://www.met.no/publikasjoner/met-report/met-report-1997/_attachment/download/5d2d29d6-00b7-43ab-819c-8ed190e5af81:73874a7397d067db80b97197d1e48898d2fdadec/MET-report-28-1997.pdf
- Glad, P. A., Reitan, T. og Steinus, S. (2015). *Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt* (NVE Rapport 13-2015). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2015/rapport2015_13.pdf
- Hallberg, K., German, J., Losjö, K. og Södling, J. (2016). *Hög tillrinning i reglerade vattendrag* (Energiforsk Rapport 2016:320). Stockholm: Energiforsk. Hentet fra <https://energiforskmedia.blob.core.windows.net/media/22025/hog-tillrinning-i-reglerade-vattendrag-energiforskrapport-2016-320.pdf>
- Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Lawrence, D., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A., and Ådlandsvik, B. (2015). *Klima i Norge 2100 – Kunnskapsgrunnlaget for klimatilpasning oppdatert i 2015* (NKSS rapport 2/2015). Oslo: Norsk klimaservicesenter. Hentet fra https://www.met.no/kss/_attachment/download/4140d58a-d368-4145-9c1f-e85de3d5fe74:1760c9f2c4acae80b91f61299dcf9e1187ce81cb/klima-i-norge-2100-opplag2.pdf
- Haugsrud, H., Midttømme, G. H., Straume, K. M., Marchand, W. D. (2022). *Flomberegninger for dammer* (NVE veileder 02/2022). Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_02.pdf
- Kraftberedskapsforskriften. (2012). Forskrift om sikkerhet og beredskap i kraftforsyningen (kraftberedskapsforskriften). (FOR-2012-12-07-1157). Lovdata. <https://lovdata.no/dokument/SF/forskrift/2012-12-07-1157/>
- Lawrence, D. (2016). *Klimaendring og fremtidige flommer i Norge* (NVE Rapport 81/2016). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2016/rapport2016_81.pdf
- Leine, A-L. Ø. & Lawrence, D. (2021). *Nedbør-avløpsmodellering med PQRUT for dimensjonerende flom: nye regresjonsligninger og stokastiske simuleringsmetoder* (NVE Rapport 34/2021). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_34.pdf
- Mamen, J., Benestad, R. og Haugen, J. E. (2011). *Analysis of short term precipitation in Norway 1967-2010* (MET rapport 15/2011). Oslo: Meteorologisk institutt. Hentet fra https://www.met.no/publikasjoner/met-report/met-report-2011/_attachment/download/3e8772f9-e5fb-48b7-96e4-84e2a702955b:6d7ff6432eae33aaa8c6a77c632345845881bff2/MET-report-15-2011.pdf
- Mamen, J. (2009). *Dypdykk i klimadatabasen*. *Naturen*, 132(6), 250-267. Hentet fra <https://doi.org/10.18261/ISSN1504-3118-2008-06-01>
- Merz, R. & Blöschl, G. (2005). Flood frequency regionalization – spatial proximity vs. Catchment Attributes. *Journal of Hydrology*, 302, 283-306. Hentet fra <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2004.07.018>

- Middtømme, G., Pettersson, L., Holmqvist, E., Nøtsund, Ø., Hisdal, H., og Sivertsgård, R. (2011). *Retningslinjer for flomberegninger* (NVE Retningslinjer 4/2011). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_04.pdf
- NVE (2022): *Sikkerhet mot flom – utredning av flomfare i reguleringsplan og byggesak* (NVE Veileder 03/2022). Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2022/veileder2022_03.pdf
- NVE (2011). *Flaum- og skredfare i arealplanar* (NVE Retningslinjer 2/2011). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra http://publikasjoner.nve.no/retningslinjer/2011/retningslinjer2011_02.pdf
- Paquet, E., Garavaglia, F., Garçon, R., Gailhard, J. (2013). *The SCHADEX method: A semi-continuous rainfall-runoff simulation for extreme flood estimation*. Journal of Hydrology 495, 23-37. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.04.045>
- Plan- og bygningsloven. (2008). Lov om planlegging og byggesaksbehandling. (LOV-2008-06-27-71). Hentet fra <https://lovdata.no/lov/2008-06-27-71>
- Roald, L. A. (2013). *Flom i Norge*. Tom & Tom. ISBN: 9788292916155
- Roald, L. A. (2021). *Floods in Norway*. (NVE-rapport 01/2021). https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_01.pdf
- Saloranta, T. (2014): *New version (v.1.1.1) of the seNorge snow model and snow maps for Norway*. NVE Rapport 6/14. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2014/rapport2014_06.pdf
- Saloranta, T. (2017): *Snøsmelting som funksjon av vind og lufttemperatur*. Upublisert internt NVE-notat.
- Skaugen, T. & Onof, C. (2014). *A rainfall runoff model parameterized from GIS and runoff data*. Hydrological Processes, 28, s 4529-4542. <https://doi.org/10.1002/hyp.9968>
- Stranden, H. B. & Holmqvist, E. (2017). *Snøsmelteintensiteter og graddagsfaktorer* (NVE rapport 86/2017). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2017/rapport2017_86.pdf
- Stenius, S., Væringstad, T. Glad, P., Holmqvist, E., Engeland, K. og Ejigu, D. K. (2021). *Flomberegninger i regulerte felt – hvordan vassdragsreguleringer og flomforløp påvirker flomforholdene* (NVE rapport 21/2021). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/rapport/2021/rapport2021_21.pdf
- Stenius, S., Glad, P. A., Wang, T. K. og Væringstad, T. (2015). *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt* (NVE Veileder 7/2015). Oslo: Norges vassdrag- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/veileder/2015/veileder2015_07.pdf
- Statens vegvesen. (2021). *N200 Vegbygging* (vegnormal N200). Hentet fra <https://svv-cm-sv-apppublic-prod.azurewebsites.net/product/859924/nb>
- Statens vegvesen. (2020). *Vannhåndtering: Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering* (SSV Håndbok V240). Hentet fra <https://www.vegvesen.no/globalassets/fag/handboker/hb-v240-vannhandtering.pdf>
- SWECO. (2013). *Flomberegninger for magasiner i Oltedalsvassdraget*. SWECO oppdragsrapport nr. 674811.

Sælthun, N. R. (1996). *The "Nordic" HBV model* (NVE Publication 7/1996). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra http://publikasjoner.nve.no/publication/1996/publication1996_07.pdf

Wilson, D., Fleig A. K., Lawrence, D., Hisdal, H., Petterson, L.-E. og Holmqvist, E. (2011). *A review of NVE's flood frequency estimation procedures* (NVE Report 9/2011). Oslo: Norges vassdrags- og energidirektorat. Hentet fra https://publikasjoner.nve.no/report/2011/report2011_09.pdf

UTKAST

Vedlegg A: Ordliste og definisjoner

Ord og faguttrykk	Beskrivelse
Arealreduksjonsfaktor (ARF)	omgjør punktverdi av nedbør til arealverdi, for å justere for «samtidighet». I en nedbørsituasjon vil det falle mer nedbør enn punktverdien i deler av feltet, og mindre i andre deler. Arealreduksjonsfaktor (ARF) finner du på Norsk klimaservicesenter .
Avløpsflom	flom ut fra et magasin eller en innsjø.
Dimensjonerende flom (Q_{dim})	beregnet flomvannføring, gjerne knyttet til et gjentaksintervall, til dimensjonering av en konstruksjon i eller langs et vassdrag.
Dimensjonerende flomvannstand (DFV)	den høyeste vannstanden i et magasin, i en innsjø eller langs et elveløp ved dimensjonerende flom
Døgnmiddelverdi	data med tidsoppløsning på ett døgn (midlet verdi over et døgn)
Feltegenskap	en egenskap ved nedbørfeltet som enten sier noe om de klimatiske forholdene (klimaparametre) eller de fysiografiske egenskapene (feltparametre) til nedbørfeltet. En feltegenskap påvirker både flomforløpet og flomstørrelsen.
Findata	data med finere tidsoppløsning enn døgn.
Flomfrekvensanalyse (FFA)	statistiske analyser som relaterer flomstørrelser til gjentaksintervaller. Vi skiller mellom lokal og regional FFA.
Flomfrekvensfaktor, flomfrekvenskurve eller vekstkurve (Q_T/Q_M)	forholdet mellom middelflom/medianflom Q_M og flommer med høyere gjentaksintervall Q_T .
Gjentaksintervall eller returperiode (T)	et mål for hvor mange år det i gjennomsnitt er mellom hver gang en bestemt hendelse forekommer. Omtales også som returperiode.
Hypsografisk kurve	en grafisk fremstilling av høydefordelingen i et nedbørfelt.
Hydrogram	et hydrogram viser avrenning/vannføring i forhold til tid. For eksempel viser et flomhydrogram hvordan vannføringen utvikler seg over tid gjennom flomforløpet.
Indeksflom (Q_M (Q_{ind}))	fellesbetegnelse for medianflom og middelflom
Intensitet-varighet-frekvens (IVF)	en frekvensanalyse av kortidsnedbør og gir et estimat av nedbørintensitet for ulike varigheter og returperioder.
Klimapåslag	angir hvor mye dagens dimensjonerende verdi (altså en ekstremverdi, som for eksempel 200-årsverdien) bør økes for å ta høyde for fremtidige klimaendringer. Begrepet «klimapåslag på 20 %» brukes på samme måte som «klimafaktor på 1,2» (Norsk klimaservicesenter).
Knekkpunktverdier	har ikke et fastsatt tidsskritt, men hvor tidsskrittet er av varierende lengde.
Konfidensintervall, troverdighetsintervall eller usikkerhetsintervall (%)	brukes til å angi usikkerhet for en måling eller beregnet verdi og relateres gjerne til en sannsynlighet. For eksempel viser 95 prosents konfidensintervallet (95-persentilen) at verdien med 95 prosent sannsynlighet ligger innenfor dette intervallet. Et konfidensintervall brukes til å angi usikkerhet for en måling

	eller beregnet verdi. Omtales også som troverdighetsintervall og usikkerhetsintervall.
Kulminasjonsverdi, momentanverdi	er den høyeste faktiske verdien av en flomhendelse, det vil si verdien der flommen kulminerer.
Kulminasjonsfaktor ($Q_{kulm}/Q_{døgn}$)	forholdstall mellom kulminasjonsflom (momentanflom) og døgnmiddelflom
Lokale data	observasjoner i eller i nærheten av vassdraget.
Lokal flomfrekvensanalyse	lokal FFA er en analyse på observasjoner fra én enkelt målestasjon.
Magasinets kritiske varighet (V_M)	et empirisk estimat på varigheten til et flomforløp gjennom reguleringsmagasiner. Brukes i kombinasjon med konsentrasjonstiden for å si noe om tilstrekkelig varighet på flomforløpet for flomberegninger i vassdrag med reguleringsmagasiner (total varighet). Kan også brukes i naturlige innsjøer med definerte overløp.
Medianflom (Q_M)	den midterste flomobservasjonen i en flomserie sortert fra minst til størst.
Middelflom (Q_M)	gjennomsnittet av den største vannføringen hvert år eller hver sesong.
Metningsgrad	beskriver hvor mye vann som er tilgjengelig før løsmassene blir mettet.
Nedbør-avløpsmodeller (NA)	simulerer vannføring i et gitt nedbørfelt fra nedbør og eventuelle snøsmelting
Påregnelig maksimal flom (PMF)	den største flomstørrelsen som kan opptre ved en kombinasjon av de mest ugunstige meteorologiske og hydrologiske forholdene. PMF benyttes for eksempel ved kontroll av dammers sikkerhet.
Påregnelig maksimal nedbør (PMP)	er den teoretisk største nedbøren som er fysisk mulig for et gitt nedbørfelt til en gitt tid på året.
Regional flomfrekvensanalyse (RFFA)	en analyse som inkluderer FFA fra mange stasjoner. Regional FFA er også brukt for å utvikle formelverk for umålte felt, f.eks. RFFA-2018.
Reguleringsgrad-magasin	forholdet mellom summen av volumene mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) i alle reguleringsmagasin i målestasjonens naturlige nedbørfelt, og normalavløpet i feltet i perioden 1961-1990 eller 1991-2020.
Reguleringsgrad-areal	forholdet mellom totalt reguleringsareal og målestasjonens naturlige feltareal. Reguleringsgraden kan variere mellom nært 0 (uregulert felt har 0), og opp til 1 (avhengig av hvor nært målestasjonen det ligger et magasin av betydning)
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.
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.

Stokastisk simuleringsmetode	en hydrologisk modell som simulerer et stort antall flomvannføringer ut fra ulike kombinasjoner av nedbørverdier, nedbørsekvenser og initialtilstander.
T-årsflom (Q_T)	en flom (Q) med gjentakintervall T år. Det betyr at det er en sannsynlighet på $1/T$ for at flommen vil forekomme et hvilket som helst år.
T-årsnedbør (P_T)	nedbør (P) med gjentakintervall T år.
Tilløpsflom	består av avrenning(tilsig) fra uregulerte lokalfelt pluss avløpsflom fra eventuelle oppstrøms magasiner og overføringer. I beregnet tilløpsflom er dermed selvreguleringen i oppstrøms magasiner og innsjøer medregnet.
Tilsgsserie	i et regulert vassdrag beskriver den vannføringen en ville hatt om en tar bort dempningseffekten av alle oppstrøms magasiner og alle overføringer inn eller ut av vassdraget. Årlig maksimal verdi fra tilsgsserien gir årlig tilsgsflom .
Totalavløp	summen av vannføringer fra et magasin. Totalavløpet kan bestå av for eksempel overløp, forbitapping (f.eks. tapping gjennom luker) og driftsvannføring.
Total varighet (V)	beskriver hvor lang tid det tar for vannet å bevege seg gjennom hele nedbørfeltet, og hvordan det dempes i magasinene eller innsjøene.
Ulykkesflom	omfatter Påregnelig Maksimal Flom (PMF) og andre flomrelaterte ulykkesituasjoner som en dam eller annen infrastruktur skal kontrolleres for.
Vannføring (Q/q)	vannmengde per tidsenhet (m^3/s eller l/s), Q (kan noen ganger beskrives som absolutt vannføring), eller spesifikk vannføring (l/s pr. km^2), q (arealavhengig vannføring).
Vannføringskurve	beskriver sammenhengen mellom vannstanden og vannføringen for et punkt i en elv eller innsjø.
Vannhusholdningsdata	felles navn for data som magasin vannstander, driftsvannføringer, flomtap, overførte vannmengder osv.
Vekstkurve	se flomfrekvensfaktor.
Volumkurve/magasinkurve	er en kurve eller tabell som viser forholdet mellom vannstand og voluminnhold av vann i et magasin eller en innsjø.

Vedlegg B: Feltegenskaper – feltparametre og klimaparametre

I tabellen under finner du en beskrivelse av de mest sentrale feltegenskapene i flomberegninger.

Du kan hente de fleste feltegenskaper ut fra [NEVINA](#). Noen feltegenskaper i tabellen får man ikke ut av NEVINA, så man må beregne de selv. Er dette tilfellet er de aktuelle feltegenskapene markert, og ligningene man trenger er lagt ved. Det er også mulig å beregne de fleste av feltparametrene i andre kartprogrammer, eller bestille de fra en kartkonsulent.

Feltparameter	Symbol	Enhet	Beskrivelse
Avrenning	Q	l/s/km ² (mm/år)	Den totale vannmengden som renner ut av et område, enten som overflateavrenning eller som grunnvannsavrenning. Avrenning er lik differansen mellom nedbør og fordampning, forutsatt at endringer i magasinert vannvolum er lik null.
Breprosent	A _{BRE}	%	Andel av bre i nedbørfeltet i prosent av feltarealet.
Dreneringstetthet	D _T	km ⁻¹	Total lengde av elver i nedbørfeltet delt på nedbørfeltarealet (E _L /A). D _T er sterkt korrelert med gjennomsnittlig avstand fra hvert punkt i feltet, så den har en betydning for responstid på nedbør.
Effektiv sjøprosent	A _{SE}	%	Effekten av innsjøenes beliggenhet i feltet. En høy A _{SE} vil gi større flomdemping i feltet enn en lav A _{SE} . Effektiv sjøprosent er definert som $100 \cdot \sum(A_i \cdot a_i) / A$, Hvor <i>i</i> er en innsjø, <i>a_i</i> er <i>i</i> 's overflateareal, <i>A_i</i> er det totale tilsigsarealet til innsjøen (<i>i</i>), <i>A</i> er hele nedbørfeltets areal Alle arealer oppgis i samme enhet, for eksempel km ² .
Elvegradient	E _G	m/km	Elvegradienten er definert som $\Delta h / E_L$, der Δh er total høydeforskjell langs hovedelvas lengde E _L . Elvegradient blir bare beregnet for hovedelvestrekningen i det aktuelle feltet i NEVINA .
Elvelengde	E _L	km	Hovedelvas lengde slik den er definert på kartet. Hovedelva ved et samløp er definert som

			den av elvene som har størst tilsigsareal. Den måles med samme kartgrunnlag som feltarealet.
Feltareal	A	km ²	Nedbørfeltets areal i km ² .
Feltlengde (feltaksens lengde)	F _L	km	En rett linje lagt fra feltets utløp/målested til det fjerneste punktet på vannskillet. Feltlengden måles med samme kartgrunnlag som feltarealet.
Helning (relieff-forhold)	H _L	m/km	Definert som $(H_{75}-H_{25})/F_L$ der H ₇₅ -H ₂₅ er høydeforskjellen i meter mellom 25- og 75-prosents passasjen på feltets hypsografiske kurve, og F _L er feltlengden i km.
Konsentrasjonstid	T _C	t	Tiden det tar for vannet å bevege seg gjennom elvenettverket fra de fjerneste delene av nedbørfeltet til utløpet. Denne verdien blir ikke beregnet i NEVINA. T _C er definert som feltlengden delt på vannhastighet (F _L /vannhastighet).
Middelavrenning (normalavrenning)	q _N	l/s/km ² (mm/år)	Middelavrenning eller normalavrenning (q _N) i l/s/km ² eller mm/år er definert som midlere vannføring i en gitt referanseperiode (som regel 30 år), delt på feltarealet (Q _N /A). Middelvannføringen bestemmes ut fra observasjoner i feltet eller ut fra avrenningskart for gjeldende klimaperiode. Man konverterer mellom l/s/km ² og mm/år ved å bruke en faktor på 31,55. Avrenningskartet finnes digitalt som en del av NEVINA . Eventuelt kan man benytte den lengste tilgjengelige dataserien som kan være representativ for feltet.
Middelvannføring (midlere vannføring)	Q _N	m ³ /s	Gjennomsnittlig vannføring i en gitt referanseperiode (som regel 30 år). Middelvannføringen bestemmes ut fra observasjoner i feltet eller ut fra avrenningskart for gjeldende normalperiode. Eventuelt kan man benytte den lengste tilgjengelige dataserien som kan være representativ for feltet.

Midlere årstilsig (middeltilsig, normaltilsig, normalavløp eller normalavrenning)		Mill. m ³ /år	Gjennomsnittlig akkumulert vannføring per år for en gitt referanseperiode (som regel 30 år).
Midlere årsnedbør	P _N	mm	Gjennomsnittlig årlig nedbør i gjeldende normalperiode. Denne bestemmes ut ifra målinger i felt eller fra kart over gjennomsnittlig årsnedbør fra Meteorologisk institutt.
Reguleringsgrad – areal		%	Forholdet mellom totalt reguleringsareal og en målestasjons naturlige feltareal. Reguleringsgrad – areal kan variere mellom 0 og 100 %. Reguleringsgrad – areal kan ikke hentes fra NEVINA, men kan hentes for målestasjoner i NVE Seriekart .
Reguleringsgrad – magasin		%	Forholdet mellom summen av volumene mellom høyeste regulerte vannstand (HRV) og laveste regulerte vannstand (LRV) i alle reguleringsmagasiner i målestasjonens naturlige nedbørfelt og middeltilsig i gjeldende normalperiode. Reguleringsgrad – magasin kan bli større enn 100 %. Reguleringsgrad – magasin kan ikke hentes fra NEVINA, men kan hentes for målestasjoner i NVE Seriekart .
Skogprosent	A _{SKOG}	%	Andel av skog i nedbørfeltet i prosent av feltarealet.
Snaufjellprosent	A _{SF}	%	Areal av snaufjell i nedbørfeltet i prosent av feltarealet. Omfatter arealer over skoggrensa som på kartet ikke er definert som innsjø, myr, bre, skog, jordbruksområde eller tettstedsområde.

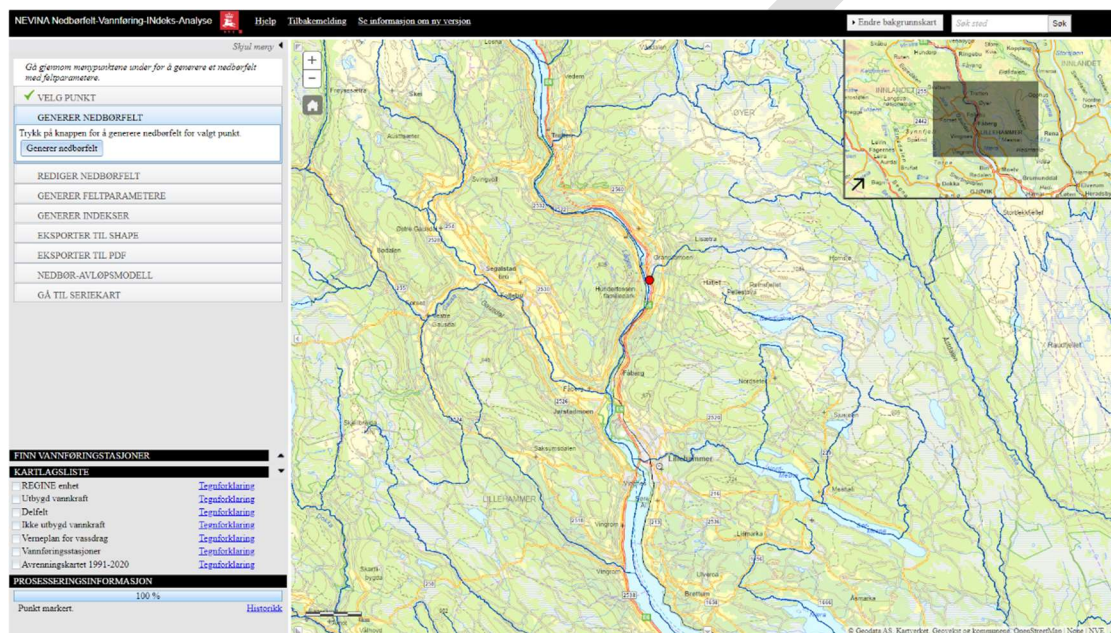
Vedlegg C: NEVINA

C.1 Du kan bruke NEVINA til å finne nedbørfelt og feltegenskapene

NEVINA er et kartverktøy som gir deg nedbørfeltet og feltegenskapene til et beregningspunkt. NEVINA finner du på nevina.nve.no. Brukerveiledningen til NEVINA er publisert som egen rapport (NVE, 2024).

Slik laster du ned nedbørfeltet og finner feltegenskaper i NEVINA:

1. Velg et punkt langs en elvestrekning du vil gjøre en flomberegning for.
2. Følg menypunktene på venstre side.



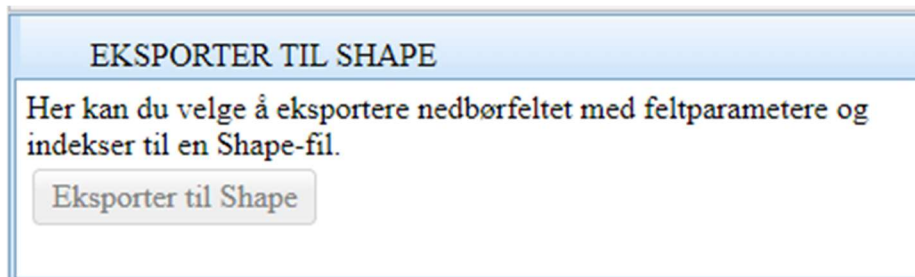
Figur 10 Slik ser NEVINA ut når man har valgt et beregningspunkt.

3. I kartlagslisten nederst til venstre kan du legge på støttekartlag for å få bedre oversikt over vassdraget.



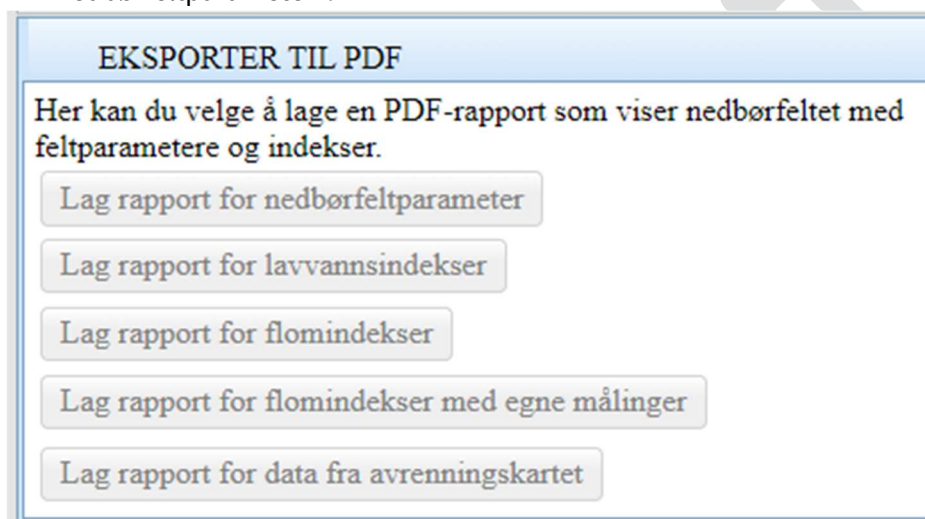
Figur 11 Kartlagslisten i NEVINA.

4. Last ned feltgrensene til det genererte nedbørfeltet fra NEVINA ved å trykke på «Eksporter til Shape» og «Last ned fil».



Figur 12 Utsnitt av boksen «Eksporter til shape»

5. Ferdigstill prosessen ved å lage en pdf-rapport for feltet ditt: Velg «lag rapport for nedbørfeltparameter».



Figur 13 Utsnitt av boksen "Eksporter til pdf". Det er fem ulike valg for pdf-rapporter.

I rapporten «nedbørfeltparameter» lister NEVINA opp feltparametre som areal, effektiv sjøprosent, ulike terrengprosent og høydefordeling. Du får også hydrologiske parametre og klimaparametre som sommer- og vinter nedbør og temperatur.

I rapporten «lavvannsindekser» beregner NEVINA indekser som årlig lavvannføring, 5-persentil sommer og 5-vinter med flere. I tillegg får man en forkortet versjon av feltparametre og klimaparametre.

«Flomindekser» er videre forklart i delkapittelet under.

Rapporten «Data fra avrenningskartet» gir et dypdykk i resultatene som stammer fra avrenningskartet, som middelavrenning for hele perioden 1991-2020, og for hvert år i denne perioden, og mer. I tillegg får man en forkortet versjon av feltparametre og klimaparametre.

C.2 Slik henter du et flomestimat fra NEVINA

1. Velg et punkt langs en elvestrekning du vil gjøre en flomberegning for.
2. Følg meny punktene på venstre side (se figur 1 og figur 5).
3. Ferdigstill prosessen ved å lage en pdf-rapport for feltet ditt. Velg «lag rapport for flomindeks» (se Figur 4)

Under ser du hvordan resultatene av en slik NEVINA-rapport for flomberegninger kan se ut.

Vurder å nevne at man også kan beregne tilløp til magasin?

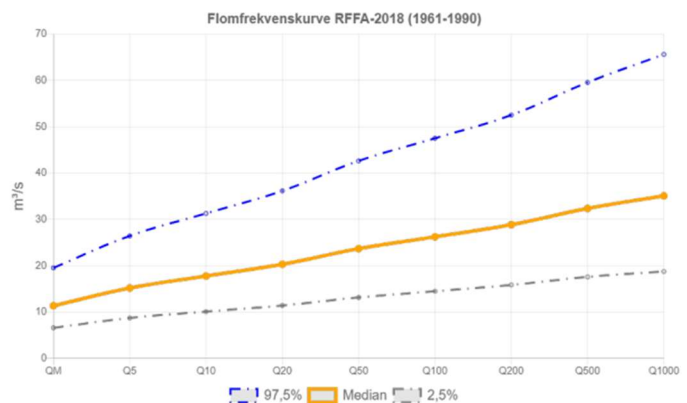
Regional flomberegning 1961 - 1990

Vassdragsnr.: 002.DE31Z
 Kommune.: Øyer
 Fylke.: Innlandet
 Vassdrag.: Mosåa
 Nedbørfeltareal: 40.5 km²

Flomestimer er beregnet basert på «Regional flomfrekvensanalyse (RFFA-2018)». Om nedbørfeltet er mindre enn 60 km², er det alternativt beregnet kulminasjonsflommer basert på NIFS-formelverk (2015).

Anbefalinger om klimapåslag er gitt i NVE rapport nr. 81-2016 og klimaprofiler for fylker (se www.klimaservicesenter.no).

Formelverket er basert på data fra avrenningskart 1961-1990. Vi anbefaler derfor ikke å bruke data fra avrenningskart 1991-2020 ved beregning av flomverdier. Nytt formelverk basert på 1991-2020-dataene er under utarbeiding.



RFFA-2018	
Tidsoppløsning	Døgn -
Indeksflom (QM): Medianflom	280 l/s*km ²
Klimapåslag	0 %
Kulminasjonsfaktor	1.36 -
NIFS-2015	
Tidsoppløsning	Kulminasjon -
Indeksflom (QM): Middelflom	413 l/s*km ²
Klimapåslag	40 %
Annet	
Tilløpsflom	Nei -

RFFA-2018 (døgnmiddel)	Q _M	Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀	Q _{200-klima}
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.34	1.57	1.79	2.08	2.31	2.54	2.85	3.09	-
Flomverdier, m ³ /s	11.4	15.2	17.8	20.3	23.7	26.3	28.9	32.4	35.1	28.9
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	19.5	26.4	31.3	36.2	42.6	47.5	52.5	59.6	65.6	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s	6.6	8.7	10.1	11.4	13.2	14.5	15.9	17.6	18.8	-
NIFS (kulminasjon)										
Flomfrekvensfaktor (Q _T /Q _M)	1	1.25	1.48	1.73	2.10	2.42	2.78	3.34	3.84	-
Flomverdier, m ³ /s	16.7	20.9	24.8	28.9	35.0	40.4	46.5	55.8	64.1	65.0
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s	0	37.8	45.8	54.5	68.3	80.7	92.9	112	128	-
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		11.6	13.4	15.3	18.0	20.2	23.2	27.9	32.0	-

Flomverdier er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres. Verdiene kan ikke benyttes direkte, men må sammenlignes med andre metoder, sammenligningsstasjoner og/eller egne data.

GUID: 9785d338-7757-4ddc-8def-745bb09ea93

Rapportdato: 14.6.2024

© nevina.nve.no

Figur 14 Eksempel på hvordan en NEVINA-rapport for flomberegninger kan se ut. Denne er for et lite felt på Østlandet.

Vedlegg D: NVEs database og analyseprogramvare – Hydra II

NVE har endret rutinene knyttet til sekundærkontroll. Fra 2024 blir sekundærkontroll gjort på findata. Tidligere ble dette kun gjort på døgndata. Dette har medført noen endringer i arkivstrukturen fra og med 16. oktober 2024.

HYDRA II-systemet består av en database og analyseprogramvare for hydrologiske og meteorologiske data. Systemet er utviklet ved Hydrologisk avdeling, Norges vassdrags- og energidirektorat. Det er primært ment for intern bruk i NVE, men det er mulig for andre å leie tilgang. Spørsmål om tilgang kan rettes til hydrology@nve.no.

Brukerveiledninger for Hydra II finner man på NVE sine nettsider slik:

<https://www.nve.no> -> Vann og vassdrag -> Hydrologiske data -> Historiske data -> Data i Hydra II databasen -> [Bruk av Hydra II](#).

D.1 De mest aktuelle programmene i Hydra II-systemet

HYSOPP (HYdrologisk Stasjon og serie OPPlysninger). Dataprogram som har opplysninger om hydrometriske stasjoner, vannføringskurver, feltparametre, magasintabeller, høyde på skala m.m., dvs. det aller meste av metadata, men ikke selve tidsseriene. HYSOPP er et Windows-program, mens de øvrige er Linux-programmer.

DAGUT Dataprogram med presentasjon, analyse og statistikk av hydrologiske og meteorologiske data med tidsskritt døgn og lengre. Blant annet brukt til lokal flomfrekvensanalyse.

FINUT Samme som DAGUT, men for data med tidsskritt døgn og kortere.

VFTAB Tabeller og figurer for vannføringskurver for hydrometriske stasjoner. I tillegg er det mulighet for oversikt over vannføringsmålinger som ligger til grunn for aktuell kurve.

CHECK_HOMOGENITY Sjekk om vannføringsserier er homogene. For eksempel kan årsmaksima homogenitetssjekkes.

FLOMANALYSE Dette programmet foretar lokal flomfrekvensanalyse på en nyere og mer oppdatert måte enn den man finner i FINUT/DAGUT. Det er derfor vårt foretrukne program for slik analyse. Programmet kan utføre en frekvensanalyse med det vi kaller Full lokal + RFFA-2018 på døgndata.

D.2 De mest aktuelle arkivene i Hydra II-systemet

HYFIN Iskorrigerende data med fin tidsoppløsning (virtuelt arkiv).

HYFIN er et virtuelt arkiv og inneholder iskorrigerte (sekundærkontrollerte) data med tidsoppløsning finere enn et døgn. Dataene hentes ved å spørre etter data fra HYSEK med fin tidsoppløsning.

Før 2024 ble sekundærkontrollen kun utført på døgnooppløsning. HYFIN inneholder derfor kun data fra og med 2024, med unntak hvis felthydrolog utfører sekundærkontroll på findata bakover i tid. I slike tilfeller vil disse også være tilgjengelige på HYFIN.

HYSEK iskorrigerte data med variert tidsoppløsning (arkiv).

HYSEK arkivet inneholder ALLE iskorrigerte (sekundærkontrollerte) data. Det er derfor en blanding av data med døgnooppløsning (før 2024) og data med finere tidsoppløsning (fra 2024). Data som tidligere

ble lagret på HYDAG er nå overført til HYSEK, og etter hvert som findata blir sekundærkontrollert lagres dette nå på HYSEK.

HYDAG Iskorrigererte data med døgn oppløsning (virtuelt arkiv).

HYDAG inneholder iskorrigerte (sekundærkontrollerte) data med døgnoppløsning.

Dataene hentes ved å spørre etter data fra HYSEK med døgn som tidsoppløsning. Arkivet har det samme navnet som tidligere arkiv (HYDAG: Hydrologiske DAGlige data), der sekundærkontrollerte døgndata ble lagret før 2024.

HYKVAL Primærkontrollerte findata (arkiv).

HYKVAL inneholder kontrollerte og kvalitetsvurderte (primærkontrollerte) data med tidsskritt som målt/observert, men inneholder ikke subjektive justeringer som korrigerer av isoppstuede vannføringer eller rekonstruksjon av manglende data.

For vannstand (parameter 1000) i HYKVAL vil data før 2024 være korrekt vannstand. For vannstanddata fra 2024 vil tekniske feil, som spikere og tydelige sensorfeil, være fjernet. HYKVAL kan ha hull ved tekniske feil. Mindre tekniske feil som drifting av sensor eller en liten offset ble tidligere fjernet i dette arkivet (før 2024), men fra 2024 vil disse justeringene i hovedsak bli gjort i sekundærkontrollen (HYSEK).

HYTRAN Ukontrollerte findata (arkiv).

HYTRAN inneholder ukontrollerte rådata og er grunnlaget for alle data som leses inn til arkivene i Hydra II. Fra HYTRAN føres data over til HYKVAL. Ukontrollerte data arkiveres varig også i HYTRAN slik at man alltid kan få tilgang til originaldata.

REAL_TIME Ukontrollerte data fra de siste 1–2 årene (arkiv).

REAL_TIME inneholder ukontrollerte sanntidsdata. Data fra REAL_TIME overføres til HYTRAN med normalt 10–14 døgns forsinkelse. Data på sanntidsarkivet kan ha tilgangsbegrensning.

KOMPLETT Arkiv som slår sammen flere arkiv (virtuelt arkiv).

KOMPLETT arkivet lager en lengst mulig sammenhengende tidsserie ved å hente alle tilgjengelige data og skjøte dem sammen. Arkivet henter kontrollerte data så langt dette finnes, og skjøter deretter på med ukontrollerte data. Dataene hentes i prioritert rekkefølge fra: HYFIN (kun for findata), HYSEK, HYKVAL, HYTRAN og REAL_TIME

Hvis det er inneklemt hull i noen av arkivene, vil ikke hullene fylles på med data fra «neste» arkiv (det er kun når dataene tar slutt at data hentes fra «neste» arkive). Det er KOMPLETT med døgnoppløsning som gir de mest komplette tidsseriene, og dette gjelder spesielt for stasjoner som har hatt tekniske problemer på vinteren.

HYKVALP_ICECORR Findata med automatisk iskorrigerte data (virtuelt arkiv).

HYKVALP_ICECORR arkivet inneholder automatisk iskorrigerte findata. Dette gjøres gjennom at findata justeres ned slik at døgnmiddelverdien stemmer med de iskorrigerte (sekundærkontrollerte) døgnverdiene på HYSEK, men variasjonen over døgnet beholdes.

Der det ikke er gjort endringer på dataene mellom primær- og sekundærkontroll (HYKVAL og HYSEK) vil verdiene bli like som på HYKVAL. Men der det har blitt gjort korreksjoner for is vil variasjonene på HYKVAL bli beholdt, men justert slik at middelverdien på HYKVALP_ICECORR vil være lik middelverdien på HYSEK (sekundærkontrollerte døgndataene). Ser man eksempelvis på lavvann på vinteren må man være forsiktig med bruk av HYKVALP_ICECORR ettersom kortvarige større isoppstuvinger på under et døgn fortsatt vil skape feilaktige lave og høye vannføringer.

HYFIN_COMPLETED Iskorrigererte findata fra HYSEK og virtuelt isreduert data (virtuelt arkiv).

HYFIN_COMPLETED er et virtuelt arkiv som henter findata fra HYSEK (manuelt iskorrigerte findata (sekundærkontrollerte findata)) og, der det mangler data på HYFIN, hentes data fra HYKVALP_ICECORR.

Arkivet henter først data fra HYFIN, deretter flettes virtuelt isreduserte data inn der det ikke finnes HYFIN data. I motsetning til KOMPLETT-arkivet hvor arkivet går fra start til slutt, selv om det er hull som kunne blitt fylt inn av et lavere arkiv, blir det i HYFIN_COMPLETED sydd sammen for en mest mulig fullstendig serie med fin tidsoppløsning.

HYKVALP_RM_ICECORR Findata der isoppstuede data er fjernet (virtuelt arkiv).

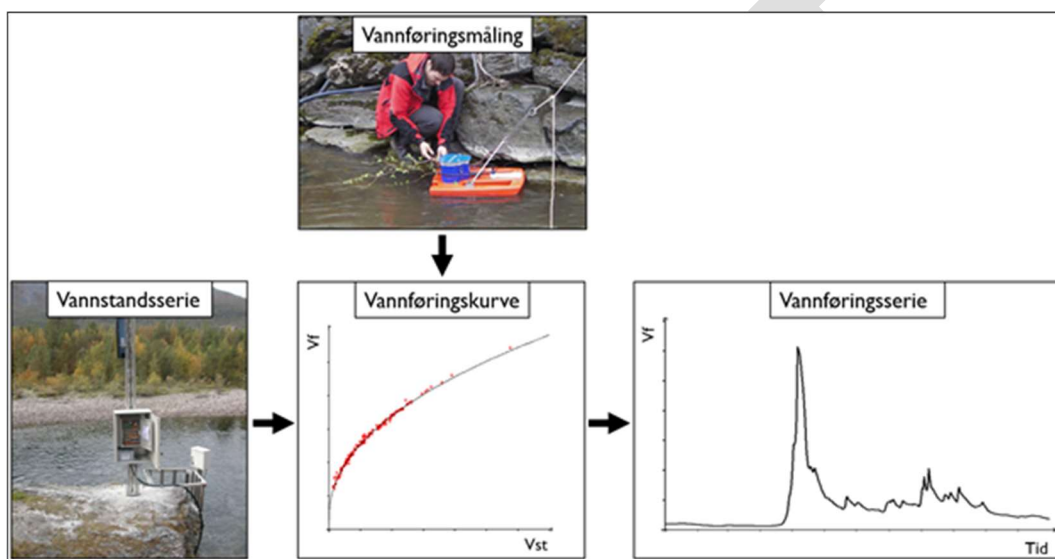
I arkivet HYKVALP_RM_ICECORR hentes findata fra HYKVAL, men perioder der døgnmiddelet avviker fra sekundærkontrollerte døgndata blir fjernet.

UTKAST

Vedlegg E: Hydrologiske data

E.1 Observerte vannstander regnes om til vannføringer via en vannføringskurve

De hydrologiske målestasjonene som gir oss tidsserier for vannføring, måler i all hovedsak vannstanden kontinuerlig og er plassert der forholdet mellom vannstand og vannføring er entydig. Forholdet etableres vanligvis gjennom å foreta manuelle vannføringsmålinger ved mange ulike vannstander. Forholdet mellom vannstand og vannføring uttrykkes via en *vannføringskurve*. Vannføringskurven konverterer de kontinuerlige måleseriene for vannstand til kontinuerlige dataserier for vannføring. Trinnene er illustrert i Figur 15.



Figur 15 For å få en vannføringsserie blir vannstanden først observert og deretter regnet om til vannføring via en vannføringskurve.

E.2 Usikkerhet i vannstands- og vannføringsseriene

Når data skal brukes til flomberegninger, må usikkerheten i vannføringsserien vurderes. De viktigste leddene som inngår i den totale usikkerheten, er:

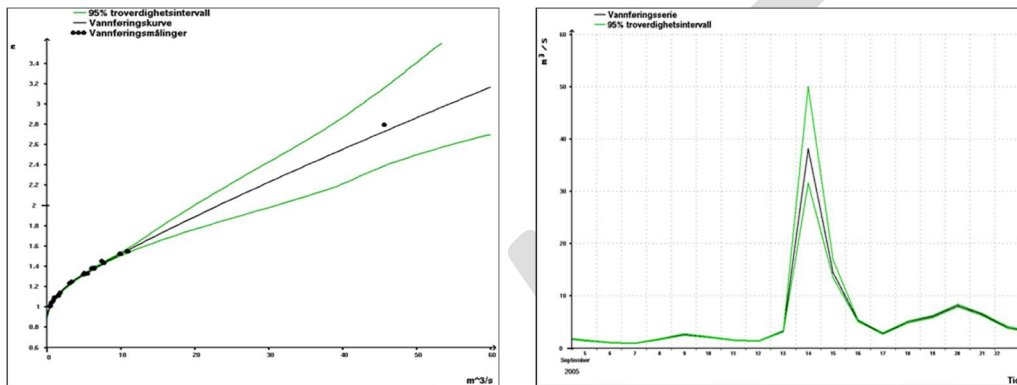
- **Usikkerhet i den målte vannstandsserien.** Dette kan for eksempel være tekniske feil på måleinstrumenter eller tett rør mellom elv og målested. Informasjon om stasjonsspesifikke forhold for vannstandsregistrering for den enkelte målestasjonen ligger i [NVE Seriekart](#).
- **Usikkerhet som skyldes perioder hvor forholdet mellom vannstand og vannføring ikke følger vannføringskurven.** Dette gjelder særlig stasjoner hvor is stuver opp vannet på vinteren, slik at en høy vannstand ikke tilsvarer stor vannføring. Slike data kan ha stor usikkerhet i vinterperioden, men påvirker bare flomdata hvis de største flommene forekommer på denne tiden av året.
- **Usikkerhet i de manuelle vannføringsmålingene.** For eksempel på grunn av vanskelige måleforhold hvor måleinstrumentene ikke får til å måle nøyaktig, eller på grunn av at

vannføringen øker raskt under måling, slik at sammenhengen mellom vannstand og vannføring blir vanskelig å fastslå.

- **Usikkerhet i vannføringskurven.** For eksempel fordi det mangler manuelle vannføringsmålinger på flom, eller fordi målesteds bestemmende profil har blitt endret på grunn av erosjon eller pålagrede masser (profilendringer).

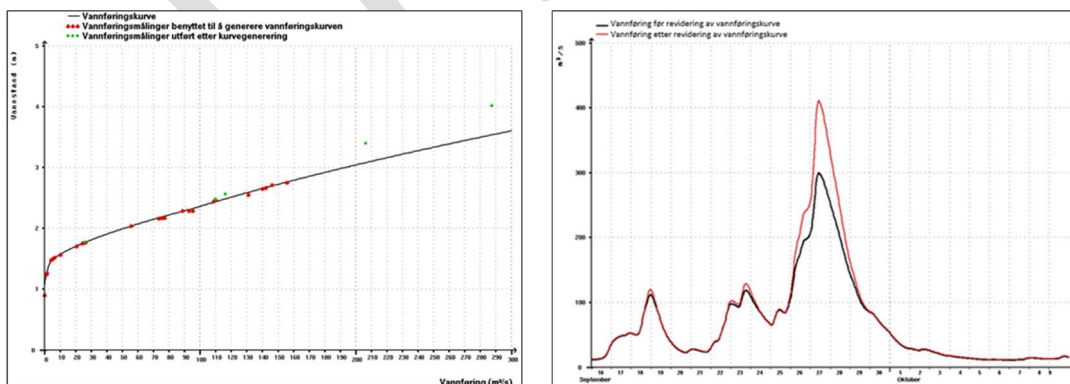
E.3 Usikkerhet i vannføringskurven

Vannføringskurvens statistiske usikkerhet kan vises i NVEs programmer både for selve vannføringskurven (Figur 16 til venstre) og i den tilhørende tidsserien for vannføring (Figur 16 til høyre).



Figur 16 Figuren (til venstre) viser en vannføringskurve som er lite usikker i området der det finnes mange vannføringsmålinger, men svært usikker på flom, der det er kun én vannføringsmåling. Til høyre vises vannføringsserien for gjeldende vannføringskurve (sort) og det tilhørende konfidensintervallet (95-persentilen) fra vannføringskurven (grønn).

Det må genereres ny vannføringskurve hvis det kommer nye, manuelle vannføringsmålinger for deler av kurven som har få eller ingen målinger, eller hvis det bestemmende profilet endres (Figur 17, til venstre). Ny vannføringskurve endrer også tidsserien (Figur 16 til høyre). Hvis behovet for endring av vannføringskurven skyldes endring i det bestemmende profilet, vil dette påvirke vannstanden og vannføringsserien fra tidspunktet for endringen og fremover. Er endringen derimot en generell forbedret kurve på grunn av flere målinger og mindre ekstrapolering, vil dette påvirke hele tidsserien, også bakover i tid.



Figur 17 Til venstre: Nye vannføringsmålinger (grønne punkter) viser at vannføringskurven mest sannsynlig overestimerer de høye vannføringene. Til høyre: Vannføring før og etter revidering av vannføringskurven.

Ved nye flomberegninger bør flomanalyser gjøres på ny, og ikke baseres på tidligere analyser. Dette både fordi vannføringskurven kan ha blitt endret, og observasjonsserien kan ha blitt lengre. Informasjon om vannføringskurven og kurvekvalitet finner du for eksempel i Hysopp og i [NVE Seriekart](#).

E.3 Om findata

Data med fin tidsoppløsning (findata) er alle data med finere tidsoppløsning enn døgn. Findata er blant annet tilgjengelig på arkivene HYFIN, HYSEK og HYKVAL.

Nyere data lagres oftest med timesoppløsning, men for små nedbørfelt med raske endringer i vannføring kan kortere tidsskritt benyttes, 15 eller 30 minutter.

Eldre data med fin tidsoppløsning er ofte digitaliserte verdier fra limnigrafskjemaer som er lagret som knekkpunktverdier.

Feil i dataene kan være forårsaket av for eksempel defekt måleutstyr, fysiske forhold som innfrysing eller manglende vann eller feil i kommunikasjonen.

Problemer med isoppstuvning er også en vanlig kilde til feil vannføring på findata.

De lengste findataseriene er i 2024 på litt over 50 år (Engeland mfl. 2016).

E.4 Om døgndata

De fleste hydrologiske målestasjonene ble utstyrt med kontinuerlig registrerende utstyr på 1960–70-tallet. Derfor vil mange av de lange måleseriene inneholde data som i starten ble manuelt avlest en gang i døgnet. Vi antar i dag at de daglige avlesningene representerer døgnmiddelverdier, men disse kan i virkeligheten ha vært både større og mindre enn de virkelige døgnmiddelverdiene.

Døgnmidler fra nyere målinger er basert på kontinuerlige registreringer og midlet for kalenderdøgn.

Beregner man døgnmidler for største 24-timers middel vil dette ofte være noe høyere enn kalenderdøgnmidler.

Døgndata er blant annet tilgjengelig i arkivene HYDAG og HYSEK.

De lengste tidsseriene (døgnverdier) i NVEs arkiv er i 2024 litt over 100 år, men de fleste har ikke mer enn 50–60 år med data.

E.5 Tilsigsserier

Her forklarer vi definisjoner og begreper knyttet til tilsigsdata, hvordan tilsigsserier kan konstrueres, og hvilket datagrunnlag som er nødvendig for å konstruere dem.

Vi advarer mot ukritisk bruk av beregnede tilsigsserier, da ekstremverdiene i slike dataserier kan være unøyaktige. I mange tilfeller måles ikke vannstanden i magasinene daglig, slik at vannstandsdataene er interpolert mellom observasjonene. Brudd i observerte magasindata i flomperioder fører til systematisk underestimert av beregnet flomtilsig. Hyppigheten av magasinobservasjoner, særlig i flomperioder, bør derfor alltid kontrolleres.

Av og til «fanges» store flommer i nedtappede magasiner uten at det verken tappes eller kjøres vann fra magasinet gjennom kraftverk, luker eller overløp. Beregnet flomtilsig vil da kunne bli svært nøyaktig, gitt at man har gode vannstandsdata og en god magasinkurve. Generelt gjelder det at tilsigsdata midlet over 3–4 døgn eller lengre, er mer pålitelige enn tilsigsdata midlet over 1–2 døgn, fordi unøyaktigheter i beregnede magasin volumendringer avtar med økende varighet.

Vær oppmerksom på at beregnet vannføring ut av magasiner med veldig lange overløp er spesielt følsom for nøyaktigheten i vannstandsmålingene (som kan være påvirket av bølger og vind).

Definisjoner

En **tilsigsserie** i et regulert vassdrag beskriver vannføringen vassdraget ville hatt om det verken var demping i oppstrøms magasiner eller overføringer inn eller ut av vassdraget. Årlig maksimal verdi fra tilsigsserien gir årlig **tilsigssflom**.

En **tilløpsflom** er flom til magasinet fra uregulerte lokalfelt, tillagt avløpsflom fra eventuelle oppstrøms magasiner og overføringer. Tilløpsflom er med andre ord flom til magasin, innsjø eller et sted i vassdraget hvor selvreguleringen i alle oppstrøms magasiner og innsjøer er medregnet.

Totalavløp er summen av vannføringer fra et magasin. Totalavløpet består av overløp, forbitapping (for eksempel tapping gjennom luker og minstevannføring) og driftsvannføring.

Nødvendig datagrunnlag

Ved konstruksjon av tilsigsserier er det viktig å vurdere kvaliteten på datagrunnlaget. God kvalitet, enten det gjelder tidsoppløsning og nøyaktighet på magasin vannstander, driftsvannføringer gjennom kraftverk eller overløp og forbitapping fra magasiner, er avgjørende for å få gode tilsigsserier.

For å kunne utarbeide en tilsigsserie trenger du følgende data:

- **Vannføringsserie:** En tidsserie som beskriver totalavløp fra det magasinet eller punktet i vassdraget hvor tilsigsserien skal beregnes. Ofte er dette en tidsserie som er satt sammen av driftsvannføring gjennom kraftverket, overløp og forbitapping ut fra magasinet. I enkelte tilfeller finnes det en målestasjon i elva nedstrøms et magasin som registrerer totalavløpet fra magasinet.
- **Serie for magasin vannstand:** En serie som beskriver observert vannstand i magasinet. Nyere magasin data har som regel døgn- eller timesoppløsning. Eldre magasin vannstander har ofte ukedag oppløsning, noe som gir en systematisk underestimert av beregnet flomtilsig. Det finnes eksempler på at magasin vannstander har vært registrert kun én gang per uke også på 2000-tallet.
- **Magasinkurve:** Gir sammenhengen mellom observert magasin vannstand og vannvolum.
- **Tidsserie(r) for overføringer:** Beskriver størrelse og variasjon i overførte vannmengder inn eller ut av nedbørfeltet. Hvis det er en målestasjon i elva rett oppstrøms inntaket til overføringen, kan den benyttes direkte. Ofte er ikke dette tilfelle, og vannføringen må da beregnes ved hjelp av en representativ vannføringsstasjon. Ved flom vil noe vann renne forbi inntaket og «mistes» som flomtap. Dette blir det som regel ikke korrigert for i tilsigsseriene.

Det er viktig at dataserier som benyttes til konstruksjon av tilsigsserier, tilpasses slik at de har den samme tidsoppløsningen.

En tilsigsserie kan også konstrueres fra en målestasjon som står i en innsjø i et uregulert felt. Målestasjonen gir da både observert vannstand og beregnet vannføring. Da vil beregnet tilsig og tilløp være likt. Beregnet tilsig og tilløp vil også være likt for det øverste magasinet i et vassdrag, gitt at det ikke er noen andre oppstrøms reguleringsinngrep som overfører vann inn eller ut av nedbørfeltet.

Slik kan du konstruere eller finne tilsigsserier i NVEs database

Når du skal beregne en tilsigsserie, kan du bruke ulike beregningsmetoder.

I NVEs programvare (Hydra II) er det lagt til rette for to ulike metoder ved beregning av endringer i magasinivolum, sentrerte eller usentrerte differanser.

Sentrerte differanser betyr at volumendringer midles over to døgn. Usentrerte differanser betyr at volumendringer beregnes som differansen mellom to påfølgende dager.

Hvis du bruker sentrerte differanser, får du mindre «støy» i tilsigsserien sammenlignet med bruk av usentrerte differanser. Hvis du bruker sentrerte differanser, vil flomtoppene bli underestimert. De to metodene beskrives nærmere i [Flomberegninger i regulerte felt – hvordan vassdragsreguleringer og flomforløp påvirker flomforholdene \(Stenius mfl., 2021\)](#).

I Hydra II er tilsigsserier betegnet med parameter 1050. I noen tilfeller er tilsigsserien lik vannføringsserien (parameter 1001). Tilsigsseriene i NVEs database er hovedsakelig beregnet med sentrerte differanser. Mer om tilsigsserier og ulike metoder for beregning av tilsigsserier finner du i rapporten (Stenius mfl., 2021).

Tilsigsseriene fra NVEs database må alltid kontrolleres for hvordan de er beregnet, før de brukes i en flomberegning. Du kan finne informasjon om hvordan tilsigsserien er konstruert i programmet Hysopp.

Når tilsigsflommen til et magasin skal beregnes, må denne fordeles på lokalfeltene til alle oppstrøms magasiner, for eksempel etter midlere årsavløp eller relativt areal. Delflommene rutes deretter gjennom magasinene nedover vassdraget til det nederste magasinet for å finne tilløpsflommen for det aktuelle beregningspunktet.

Du finner en beskrivelse av Hydra II og Hysopp i *Vedlegg D: NVEs database og analyseprogramvare – Hydra II*.

Vedlegg F: Kvalitetskontroll av hydrologiske data

Datagrunnlaget som du skal bruke i analyser og modeller, må være kvalitetskontrollert. Feil i datagrunnlaget vil påvirke analysene og resultatene dine.

F.1 NVEs kontroll av hydrologiske data

I NVEs database (Hydra II) finnes det mange forskjellige arkiver. For nærmere beskrivelse av de mest brukte arkivene for flomberegninger se [vedlegg D](#). Arkivene kan deles inn i tre kvalitetsnivåer: ukontrollerte data (HYTRAN), primærkontrollerte data (HYKVAL) og sekundærkontrollerte data (HYSEK).

Kontrollen av data utføres i to trinn:

- 1) primærkontroll av rådata på HYTRAN som etter kontroll lagres i arkivet HYKVAL
- 2) sekundærkontroll av data fra HYKVAL som etter kontroll lagres i arkivet HYSEK

Det er ulike mål for de to ulike kvalitetskontrollene.

Hensikten med **primærkontrollen** er å fjerne tekniske feil som spikere og tydelige feilsituasjoner fra sensoren. Vi gjør ingen subjektive justeringer som korrigerer av isoppstuede vannføringer eller rekonstruksjon av manglende data i primærkontrollen.

Før 2024 var hensikten med sekundærkontrollen at vannstand på HYKVAL skulle vise korrekt vannstand. For vannstanddata fra og med 2024 vil tekniske feil, som spikere og tydelige sensorfeil, bli fjernet. HYKVAL kan ha hull ved tekniske feil. Mindre tekniske feil som drifting av sensor eller en liten offset ble tidligere fjernet i dette arkivet (før 2024), men fra 2024 vil disse justeringene i hovedsak bli gjort i sekundærkontrollen (HYSEK).

Hensikten med **sekundærkontrollen** er å produsere mest mulig korrekte og komplette vannføringsdata. Det vil si at HYSEK skal gi mest mulig riktig vannføring. Data korrigeres derfor for isoppstuvning og kompletteres hvis det mangler data.

Sekundærkontrollen ble før 2024 kun utført på døgndata og lagret på HYDAG. Fra og med 2024 vil sekundærkontrollen bli utført på findata og lagres på HYSEK.

Spørsmål om datakvalitet kan sendes til Hydrologisk avdeling i NVE på hydrology@nve.no.

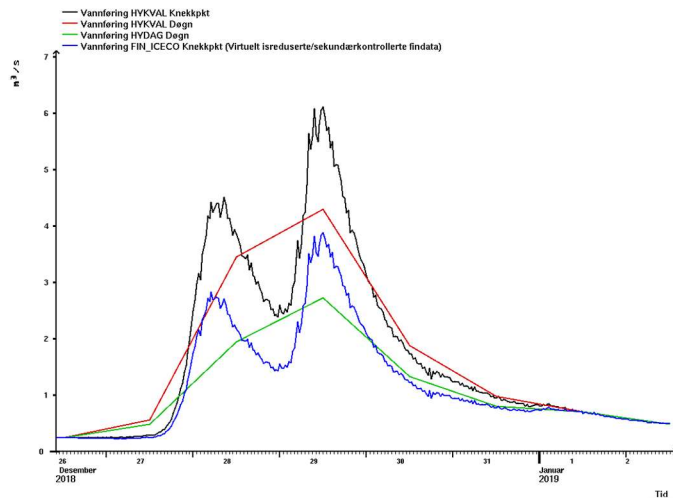
F.1.1 Automatisk kontroll og korreksjon av perioder med isoppstuvning på findata

For å forenkle kontroll og bruk av findata som er påvirket av isoppstuvning (gjelder data før 2024) har NVE utarbeidet to virtuelle arkiver. Det ene inneholder automatisk iskorrigerte findata (HYKVALP_ICECORR), og det andre arkivet inneholder findata der isoppstuvet data er fjernet (HYKVALP_RM_ICECORR).

Findata med automatisk iskorrigerte data - HYKVALP_ICECORR

I arkivet HYKVALP_ICECORR justeres findata slik at døgnmiddelverdien stemmer med de isreduerte døgnverdiene (data i arkivet HYDAG eller døgndata på HYSEK), men variasjonen over døgnet beholdes, se Figur 18. Resultatet gir automatisk iskorrigerte findata.

Data fra arkivet HYKVALP_ICECORR sys sammen med findata fra arkivet HYSEK (sekundærkontrollerte findata) på det virtuelle arkivet HYFIN_COMPLETED. HYFIN_COMPLETED er det mest komplette og best kontrollerte findata arkivet.

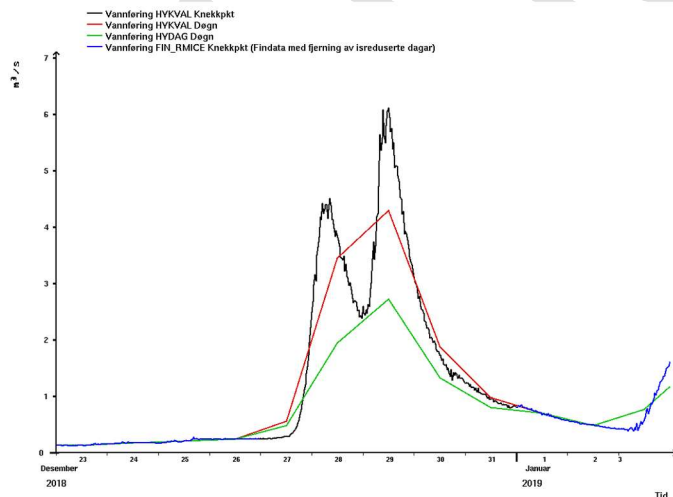


Figur 18. Figuren viser findata uten isreduksjon (sort) og døgndata uten isreduksjon (rød) fra arkivet HYKVAL og iskorrigerte døgndata fra arkivet HYDAG (grønn) og virtuelt isreduserte findata fra arkivet HYKVALP_ICECORR (tidligere het dette arkivet «Virtuelt isreduserte findata») (blå).

Findata der isoppstuede data er fjernet HYKVALP_RM_ICECORR

På arkivet HYKVALP_RM_ICECORR fjernes automatisk perioder der avviket mellom døgnverdier på HYKVAL og HYSEK er over en bestemt verdi, se .

Perioder med manglende data kan også skyldes andre avvik enn isoppstuvning. Slike avvik kan være forholdsvis små og hvis du er uheldig, kan flomhendelser som er av interesse, bli fjernet. Fjerning av verdier betyr at tidsserier på arkivet ikke er komplette.



Figur 19 Figuren viser isreduserte døgndata (grønn), findata med fjerning av isreduserte dager (blå), findata uten isreduksjon (sort) og døgndata uten isreduksjon (rød).

F.2 Du bør gjøre en kvalitetsvurdering av data som du bruker i din analyse

Vi anbefaler at du alltid utfører en vurdering av kvaliteten på tidsseriene som du bruker i din flomberegning.

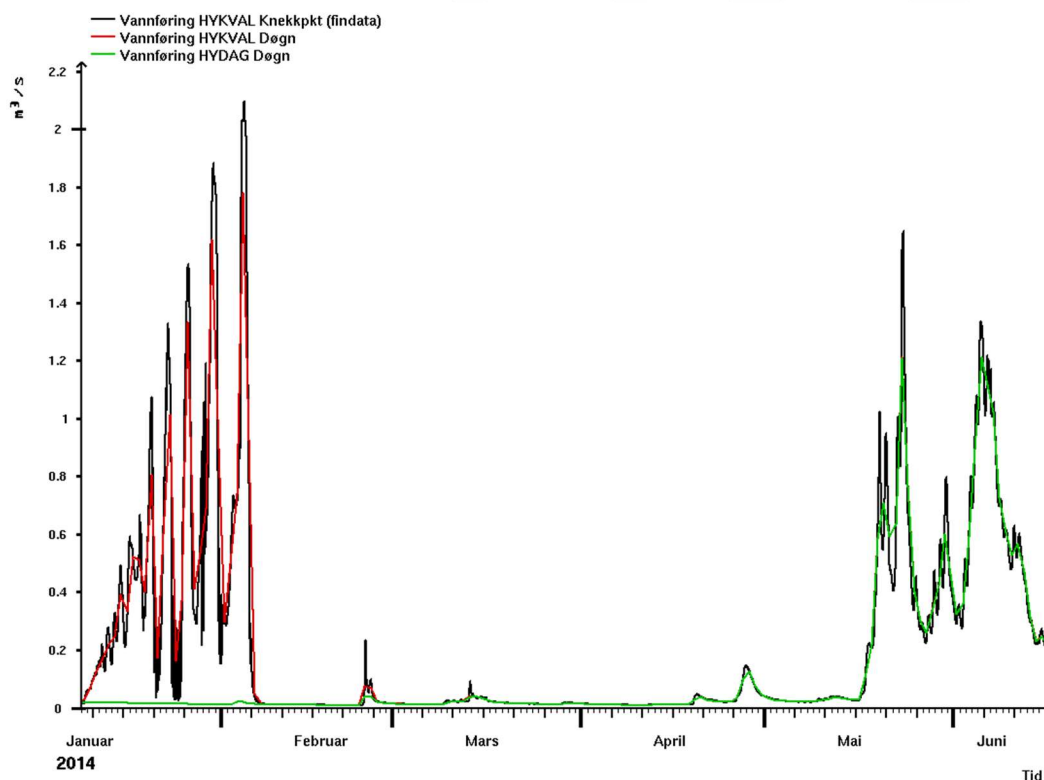
Hvis en detaljert datakontroll blir veldig omfattende, for eksempel hvis du bruker veldig mange tidsserier i analysen, kan du vurdere om bare kontroll av data fra de mest representative stasjonene er tilstrekkelig, eller om en forenklet datakontroll kan være godt nok for alle tidsseriene.

F.2.1 Hva må du gjøre av kvalitetsvurdering på findata?

Hvis du skal gjøre analyser på vannføringsserier med fin tidsoppløsning, er kvalitetskontroll ekstra viktig. Dette fordi findata ikke er sekundærkontrollert før 2024 og kan inneholde høye verdier som skyldes oppstuvningseffekter av is eller annet som ikke representerer reelle vannføringer.

Som et minimum bør de største flommene i en findataserie kontrolleres mot sekundærkontrollerte døgndata for å verifisere at flommene er vurdert som reelle.

viser et eksempel der flommene i januar/februar er vurdert som «ikke reell vannføring pga. isoppstuvning». Flommene er dermed korrigert i NVEs sekundærkontroll og lagret som mye lavere vannføring på døgndata HYDAG (i dag også på arkivet HYSEK). I dette eksemplet er flommen i mai-juni den største observerte flommen i stedet for de falske flomtoppene i januar-februar (data fra HYKVAL-arkivet).



Figur 20 Figuren viser data fra arkivet HYKVAL med tidsoppløsning knekkpunkt (sort) og tidsoppløsning døgn (rød) samt døgndata fra arkivet HYDAG med tidsoppløsning døgn (grønn stiplet).

Når du skal vurdere om perioden du jobber med er påvirket av isoppstuvning eller om den aktuelle flommen er den største kan arkivene HYKVALP_RM_ICECORR eller HYKVALP_ICECORR være til hjelp.

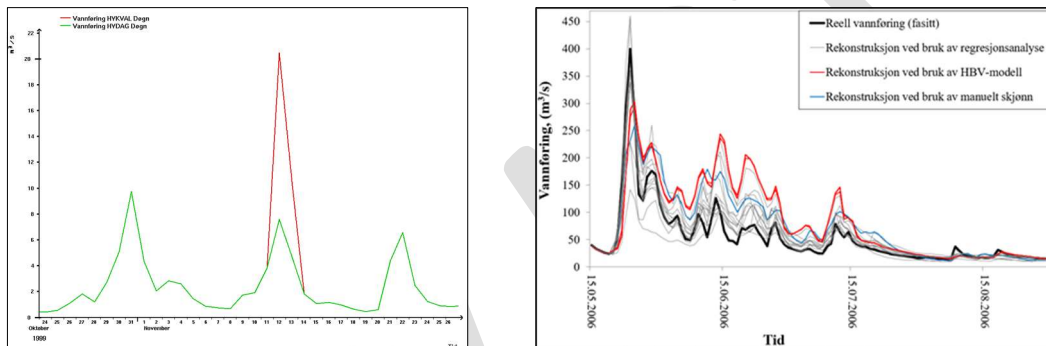
F.2.2 Hva må du gjøre av kvalitetsvurdering på døgndata?

Hvis du skal gjøre analyser på døgndata og serien har lange eller mange perioder med rekonstruerte data på grunn av mangler eller feil i observerte data, må du vurdere flomverdiene grundigere. Hvis rekonstruksjonene dekker perioder med flom, kan datagrunnlaget for flomberegningen være særlig usikkert.

En måte du kan se om data inneholder rekonstruksjoner på, er å plote data fra HYKVAL-arkivet som døgnet og sammenligne dette med HYDAG eller døgndata fra HYSEK (til venstre i Figur 21).

Figur 21 til høyre viser resultater fra ulike måter å rekonstruere data på.

Døgndata med rekonstruerte år eller lengre perioder med rekonstruerte data burde brukes med forsiktighet i analyser av vannføringsserier. Flomdata kan i slike tilfeller være svært usikre. Enten fordi flomdataene er rekonstruerte verdier, eller fordi en annen flomverdi enn den rekonstruerte i realiteten var årets høyeste.



Figur 21 Til venstre: data fra HYKVAL-arkivet med døgnotpløsning (rød), sammenlignet med data fra HYDAG-arkivet (grønn). Flommen i midten er korrigert i HYDAG-arkivet og er dermed ikke den største døgnetmiddelflommen i perioden, selv om det ser slik ut i HYKVAL-arkivet. Til høyre: eksempel på ulike måter å rekonstruere en vannføringsserie på og hvordan de kan avvike fra den observerte serien.

Tradisjonelt sett er det mest vanlig å bruke data fra HYDAG-arkivet til flomanalyser på døgnotpløsning, men nå kan du også bruke døgnetdata fra HYSEK.

Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger

Dette vedlegget beskriver arbeidsgang for hvordan du kan finne ekstremnedbør til flomberegninger. Arbeidsgangen som er beskrevet her, ble utarbeidet i samarbeid mellom Meteorologisk institutt og NVE gjennom NIFS-prosjektet. Grunnlaget for anbefalingene er beskrevet i rapporten [Dimensjonerende korttidsnedbør \(NVE Rapport 134/2015\)](#). Denne rapporten bør leses som grunnlag for å kunne følge arbeidsgangen beskrevet under.

Har du spørsmål om meteorologiske data, dimensjonerende nedbørverdier eller andre spørsmål knyttet til meteorologiske produkter og innhold på Norsk klimaservicesenter sine hjemmesider, så ta kontakt med klima@met.no.

Steg 1: Få oversikt over tilgjengelige observasjoner

Start med å få oversikt over tilgjengelige nedbørsobservasjoner i området du skal utføre en flomberegning. Vi anbefaler å bruke [NVE Seriekart](#) eller [Seklima](#).

Steg 2: Estimere nedbørverdier

Nedbørverdiene kan estimeres for varigheten til et døgn eller for kortere varigheter enn et døgn.

Selv om du er interessert i kortere nedbørvarigheter enn døgn, f.eks. timesverdier, anbefaler vi at datagrunnlaget på døgnet nedbør inngår i analyser. Det skyldes at det er mye større datagrunnlag på døgnet nedbør enn f.eks. timesnedbør.

Varighet døgn (24 timer)

Finn et første estimat

Hent ut et første estimat av dimensjonerende døgnverdi fra regional analyse i Figur 22.

Finn representative nedbørstasjoner

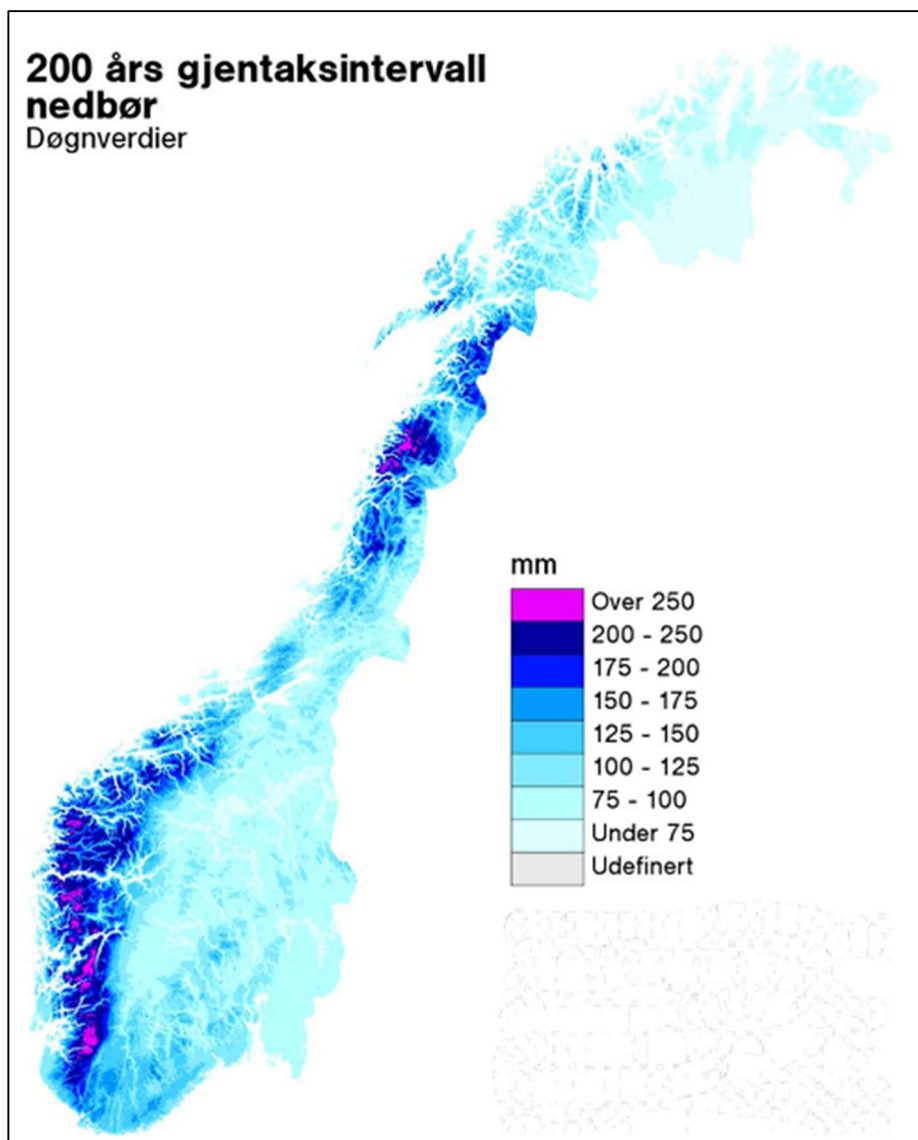
Når du vurderer representative nærliggende nedbørstasjoner, bør du vurdere geografiske beliggenhet og høydeplassing. Eksempelvis om stasjonen ligger på en fjelltopp eller i en dalbunn.

Velg dimensjonerende nedbørverdi

Bruk de høyeste observerte verdiene fra de nærliggende målestasjonene til å vurdere den dimensjonerende nedbørverdien som du har valgt fra figur 22. Sammenlign estimatet fra Figur 22 med resultater fra frekvensanalyser for nærliggende nedbørstasjoner (IVF-kurver) og velg en dimensjonerende nedbørverdi.

Juster estimatet til vilkårlig 24-timer

Legg til 13 prosent på det valgte estimatet for å justere påregnelig verdi fra kalenderdøgn til vilkårlige 24-timer (Førland, 1992).



Figur 22 Nedbør med 200-års returperiode for 1-døgn. Datagrunnlaget er METs manuelle vær- og nedbørstasjoner, basert på målinger i nedbørdøgnet kl. 08-08. MET anbefaler bruk av en faktor på 1,13 for å justere påregnelig verdi fra kalenderdøgn til vilkårlige 24-timer (Førland, 1992).

Kortere varigheter enn døgn (< 24 timer)

Begrensinger i datagrunnlaget ved varigheter kortere enn et døgn

Det er et begrenset datagrunnlag med nedbørverdier for varigheter kortere enn et døgn. Derfor er det større grad av usikkerhet i de regionale analysene for varigheter kortere enn et døgn sammenlignet med 24-timersestimater. I tillegg er ofte måleserien kortere som gir større usikkerhet i ekstremverdiestimaterne, og lav stasjonstetthet gjør at nedbørmålerne ikke klarer å fange opp de mest intense og lokale konvektive bygene.

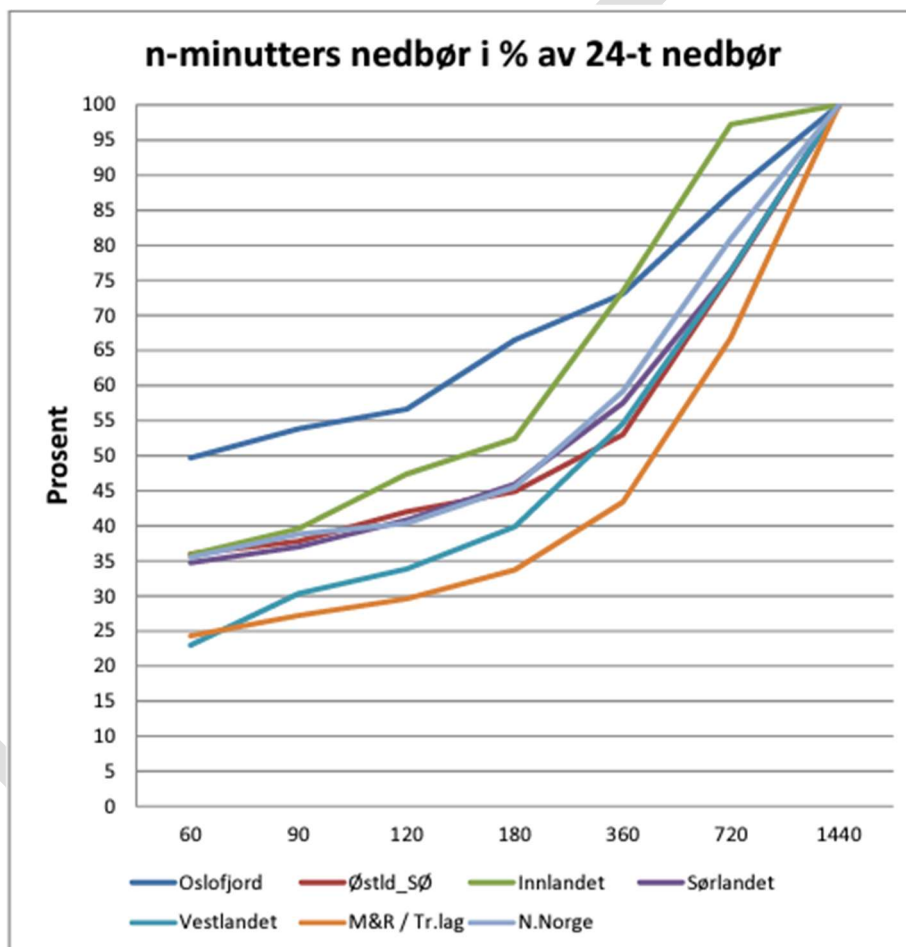
Undersøk om det finnes en nærliggende pluviometerstasjon

Bruk [Nedbørintensitet \(IVF-verdier\) - KSS](#) til å undersøke om det finnes en nærliggende pluviometerstasjon i området du skal gjøre beregningen for. Dersom det finnes IVF-statistikk fra nærliggende pluviometerstasjoner, anbefaler vi å benytte disse estimatene som utgangspunkt. Sjekk om estimatene virker representative ut fra IVF-verdiene for andre stasjoner i regionen. Sjekk også om

det finnes observasjoner fra området som tyder på at IVF-statistikken ikke gir representative estimater. Det er flere stasjoner som måler korttidsnedbør, men som ikke ligger ute med IVF-statistikk på Klimaservicesenteret grunnet for korte observasjonsperioder.

Finnes det ingen nærliggende pluviometerstasjon?

Bruk figur 23 og tabell 6 til å finne et grovt estimat av nedbør for varigheter mindre enn 24 timer. Sammenlign det grove estimatet med IVF-kurver fra andre stasjoner i den aktuelle regionen, og bestem dimensjonerende verdi. Sjekk om det foreligger observasjoner fra området som tyder på at estimatet ditt ikke er representativt.



Figur 23 Nedbør i løpet av én time til ett døgn (medianverdi for regionen) i prosent av nedbør i løpet av ett døgn (1440 minutter), hentet fra Førland mfl. (2015).

Tabell 6: Nedbør i løpet av én time til ett døgn (medianverdi for regionen) i prosent av nedbør i løpet av ett døgn (1440 minutter) hentet fra Førland mfl. (2015).

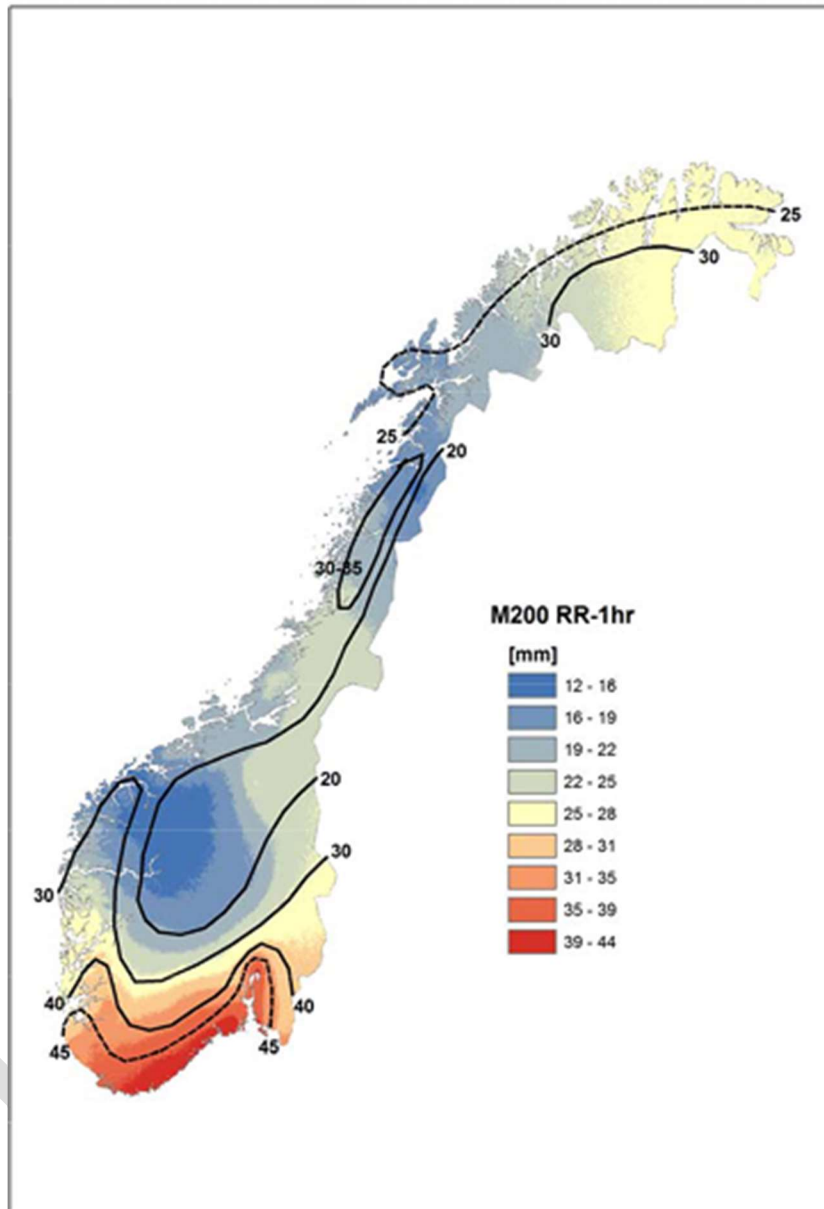
Varighet (min)	Prosent av 24t-verdi						
	Oslofjord	Østld_SØ	Innlandet	Sørlandet	Vestlandet	M&R / Tr.lag	N.Norge
60	50	36	36	35	23	24	35
90	54	38	40	37	30	27	39
120	57	42	47	41	34	30	40
180	67	45	52	46	40	34	46
360	73	53	73	58	55	43	59
720	87	76	97	76	76	67	81
1440	100	100	100	100	100	100	100

Vurder nedbørestimatet ditt med estimater for 1-timesnedbør

Resultater fra regresjonsanalyse utført for 200-års estimater med én times varighet er vist i Figur 24. Dersom dimensjonerende timesverdi bestemt med tilnærmingen over (bruk av Figur 23 og Tabell 7) avviker betydelig fra isolinje-verdien⁴ på kartet i Figur 24, er estimatet ditt muligens for høyt eller lavt.

Estimatene presentert i Figur 24 forventes å gi bedre estimater i områder med høy stasjonstetthet (eksempelvis Sørøstlandet) enn i områder med lite data (eksempelvis Nord-Norge). I områder med veldig høye døgnverdier, for eksempel deler av Vestlandet og kysten av Nordland, vil det kunne gi svært høye timesverdier å bruke figur 22 og figur 23 sammen. I slike situasjoner anbefaler vi å anvende verdien fra isolinjene i figur 24, eller å ta kontakt med Meteorologisk institutt (klima@met.no) for ytterligere veiledning. Det kan også være nyttig å sjekke kapittel 3 i [Dimensjonerende korttidsnedbør \(NVE Rapport 134/2015\)](#) som gir en oversikt over de høyeste målte verdiene i Norge for varigheter fra ett minutt til 30 døgn. Det er også viktig å se på nedbørdata i [Seklima](#) for å få med alle observasjonene etter 2015.

⁴ Isolinjene er en subjektiv modifisering av den geografiske fordelingen som er vist i figur 4.7 i [Dimensjonerende korttidsnedbør \(NVE Rapport 134/2015\)](#), og som er gjengitt her som bakgrunnskart. Det er spesielt forsøkt å ta hensyn til nedbørforhold i områder med dårlig stasjonsdekning. Isolinjene bygger bl.a. på resultater fra re-analyser (Mamen mfl., 2011). For mer informasjon om figur 24 se [Dimensjonerende korttidsnedbør \(NVE Rapport 134/2015\)](#).



Figur 24 Tentative øvre estimater for 1-times nedbør med 200-års returperiode (hentet fra Førland mfl., 2015).

Steg 3: Konverterer fra punktnedbør til arealnedbør – arealreduksjonsfaktor (ARF)

Hvorfor legge til en arealreduksjonsfaktor (ARF) på nedbørestimatet?

Beregnet nedbør er vanligvis en representativ punktverdi for nedbørfeltet. Det betyr at det i en nedbørsituasjon vil falle mer nedbør enn punktverdien i deler av feltet og mindre i andre deler. Punktverdien må derfor omregnes til en arealverdi for å justeres for «samtidighet». Omregningen gjør du ved hjelp av arealreduksjonsfaktorene (ARF) som oppgis av Meteorologisk institutt i Tabell 7.

Du skal legge til arealreduksjonsfaktoren (ARF) for alle varigheter. Arealreduksjonsfaktorer er minst for liten varighet og øker ved lengre varigheter. Bruk samme arealreduksjonsfaktorer for

nedbørsituasjoner med gitte gjentakintervall som for påregnelig maksimal nedbør. Tabell 7 viser anbefalte arealreduksjonsfaktorer for ulike feltstørrelser (km²) og varigheter (t). Faktorene er basert på figur 1 i [Beregning av ekstremnedbør \(Førland, 1987\)](#).

Tabell 7: Anbefalte arealreduksjonsfaktorer for ulike feltstørrelser (km²) og varigheter (t). Faktorene er basert på Figur 1 i [Beregning av ekstremnedbør \(Førland, 1987\)](#).

Areal \ Varighet (km ²) \ (t)	10 min	0,5 t	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
0,5	0,95	0,97	0,98	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
1	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
2	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
3	0,89	0,92	0,93	0,95	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
5	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
7,5	0,85	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00	1,00
10	0,83	0,87	0,91	0,93	0,95	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00	1,00
15	0,81	0,85	0,89	0,92	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	1,00	1,00
20	0,79	0,84	0,88	0,91	0,94	0,96	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	1,00
25	0,77	0,83	0,86	0,90	0,93	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99
30	0,75	0,81	0,85	0,89	0,93	0,95	0,96	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99	0,99
40	0,72	0,79	0,84	0,88	0,92	0,94	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,99	0,99
50	0,69	0,78	0,83	0,87	0,91	0,94	0,95	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98	0,99
75	0,65	0,74	0,81	0,86	0,90	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98	0,98
100	0,62	0,71	0,79	0,84	0,89	0,92	0,94	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98	0,98
150	0,57	0,69	0,77	0,83	0,88	0,91	0,93	0,95	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98	0,98
200	0,54	0,66	0,75	0,81	0,87	0,90	0,93	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97	0,98
250	0,51	0,64	0,73	0,80	0,87	0,90	0,92	0,94	0,95	0,96	0,96	0,97	0,97	0,97
300	0,48	0,62	0,72	0,79	0,86	0,89	0,92	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,96	0,97
400	0,45	0,60	0,70	0,78	0,85	0,89	0,91	0,94	0,94	0,95	0,96	0,96	0,96	0,97
500	0,42	0,57	0,67	0,76	0,84	0,88	0,91	0,93	0,94	0,95	0,95	0,96	0,96	0,96
750	0,37	0,53	0,64	0,74	0,83	0,87	0,90	0,92	0,93	0,94	0,94	0,95	0,95	0,96
1000	0,34	0,50	0,62	0,72	0,82	0,86	0,89	0,91	0,92	0,93	0,93	0,94	0,94	0,95
2500	0,27	0,43	0,56	0,66	0,79	0,84	0,87	0,89	0,91	0,91	0,92	0,92	0,93	0,93
5000	0,22	0,36	0,49	0,60	0,75	0,82	0,85	0,87	0,89	0,90	0,91	0,91	0,91	0,92
10000	0,15	0,31	0,44	0,55	0,72	0,80	0,83	0,86	0,87	0,88	0,89	0,89	0,89	0,90

Vedlegg H: PQRUT

Nedbør-avløpsmodellering med ruting ([PQRUT](#)) er mye brukt innen dampsikkerhet i Norge. PQRUT har vært og er fremdeles tilgjengelig i Hydra II og kodet i Fortran. Det har lenge vært etterspurt et mer moderne brukergrensesnitt til disse verktøyene, og det er derfor laget en webversjon av [PQRUT \(pqrout.nve.no\)](#). Denne inkluderer ruting og er tilgjengelig for alle via nettleseren.

Mer informasjon om PQRUT og estimering av modellparametrene finner du i [NVE Rapport 34/2021](#) eller i [NVE Rapport 2/1983](#). PQRUT sin nedbør-avløpsmodell er også tilgjengelig i [NEVINA](#) under fanen «nedbør-avløpsmodell».

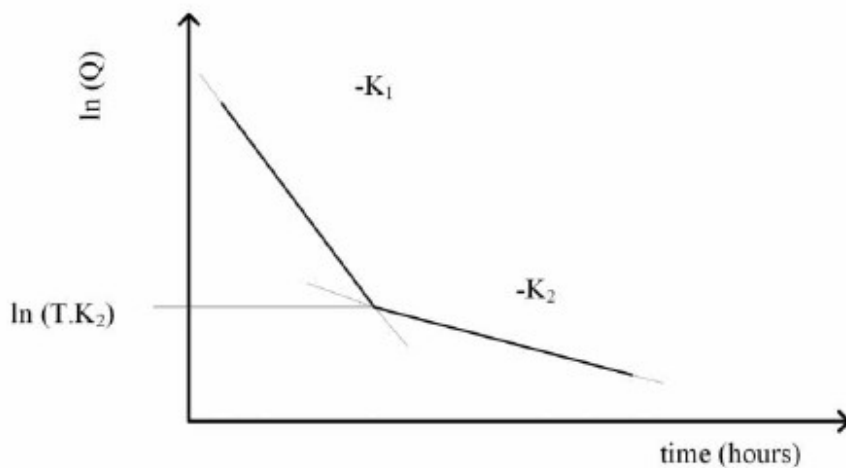
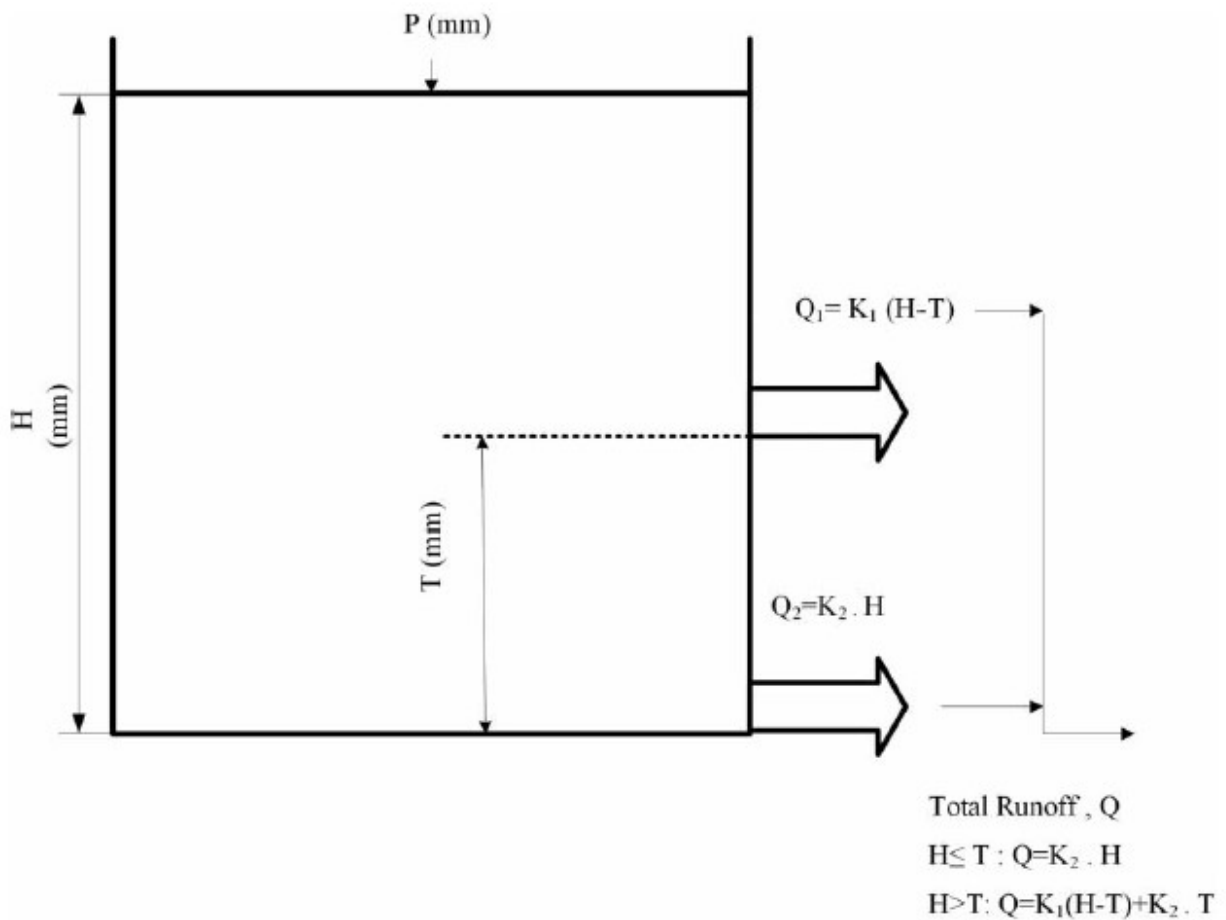
H.1. Modellstruktur i PQRUT

Nedbør-avløpsmodellen i PQRUT er en enkel, hendelsesbasert modell utviklet av NVE på 80-tallet ([NVE Rapport 2/1983](#)). Modellen er en forenklet versjon av HBV-modellen, og den beregner vannføring fra et fastlagt nedbørforløp som representerer en nedbørhendelse med et høyt gjentakintervall.

I PQRUT sin nedbør-avløpsmodell er nedbørfeltet representert ved en karmodell hvor avløpet antas å være proporsjonalt med vanninnholdet i karet ([NVE Rapport 2/1983](#)). Avløpet beregnes ved å lede nedbøren gjennom et kar som er modellert med to utløpskoeffisienter, K_1 og K_2 , se figur 25. En «åpning» i veggen har som funksjon å forsterke feltets reaksjon (K_1) når innholdet i karet når terskelnivået T .

Modellen har tre parametre:

- K1:** tømmekonstant for øvre nivå [tid-1]
- K2:** tømmekonstant for nedre nivå [tid-1]
- T:** terskelnivå, skille mellom øvre og nedre nivå [mm]



Figur 25: Modellstruktur, PQRUT (Filipova mfl., 2016).

Via de tre parametrene gis formen til hydrogrammet. K_1 og K_2 kan tolkes som helningen av flomforløpets resesjonsdel hvis denne plottes logaritmisk, se nederste graf i figur 25. Her beskriver K_1 den raskeste avrenningen etter kulminasjonen, mens K_2 beskriver avrenningen på et senere tidspunkt når vannføringen er lavere. Høye verdier for K_1 medfører altså rask avrenning ved høy maksimalvannføring, mens lav verdi medfører større demping og et tregere avrenningsforløp.

H.1.1. Valg av modellparametre i PQRUT

Når du bruker PQRUT, er det tre modellparametre du må bestemme:

K_1 : tømmekonstant for øvre nivå [t^{-1}]

K_2 : tømmekonstant for nedre nivå [t^{-1}]

T: terskelnivå, skille mellom øvre og nedre nivå [mm]

Du bør kalibrere modellparametrene K_1 , K_2 og T for at PQRUT skal gi et best mulig flomestimat. Kalibrering krever tilgang på representative nedbør- og vannføringsdata. Hvordan du kalibrerer modellparametrene er beskrevet i *Vedlegg H.2.2. Slik kalibrerer du modellparametre i PQRUT*.

Hvis du bruker PQRUT for umålte felt, må de tre modellparametrene estimeres ved hjelp av ligninger. Estimering av modellparametrene er beskrevet i *Vedlegg H.2.1. Slik estimerer du modellparametre i PQRUT*.

H.1.2. Ligninger for estimering av modellparametrene

Feltegenskapene til flere nedbørfelt er brukt til å etablere regresjonsligninger gjennom en regionalisering for å bestemme de tre parametrene K_1 , K_2 og T via feltegenskaper. [NVE Rapport 2/1983](#) utviklet i 1983 det første settet med regresjonsligninger (ligning 4-6). Med tilgang på lengre tidsserier av bedre kvalitet og finere oppløsning av data ble det i 2016 etablert nye ligninger av Filipova mfl. (2016).

Det anbefales å bruke ligningssettet fra 2016 etter erfaringer fra [NVE Rapport 34/2021](#) som sammenlignet de to ligningssettene fra henholdsvis 1983 og 2016. Hvis et flomestimat (med 2016-ligningene) rimer dårlig med de andre statistiske metodene, bør man også prøve et PQRUT-estimat med 1983-ligningene og begrunne valget.

Feltparametre som inngår i ligningssettene fra 2016 og 1983 finner du i NEVINA. Ligningssettene finner du i [PQRUT](#) og i teksten under.

Ligninger fra 2016

$$K_1 = 0,031 - 0,0343 \cdot (A_{SKOG}/100) - 1,35 \cdot 10^{-5} \cdot P - 0,0102 \cdot \ln(A_{SE}/100) + 1,83 \cdot K_2 \quad (1)$$

$$K_2 = -0,031 + 0,000521 \cdot H_L - 0,004184 \cdot \ln(A_{SE}/100) + 0,01026 D_T \quad (2)$$

$$T = 7,31 + 0,00636 \cdot P + 1,591 \cdot K_2^{-0,6} - 0,5343 \cdot \ln(A_{SE}/100) - 0,09283 \cdot L_F \quad (3)$$

Hvor A_{SKOG} er skogprosent [%], P er årlig nedbør, A_{SE} er effektiv sjøprosent, H_L er helning, D_T er dreneringstetthet [km^{-1}] og L_F er feltaksens lengde [km].

Når effektiv sjøprosent er null, settes den til 0,001 i både ligninger fra 2016 og 1983.

Ligninger fra 1983

$$K_1 = 0,0135 + 0,00268 \cdot H_L - 0,01665 \cdot \ln(A_{SE}) \quad (4)$$

$$K_2 = 0,009 + 0,21 \cdot K_1 - 0,00021 \cdot H_L \quad (5)$$

$$T = -9,0 + 4,4 \cdot K_1^{-0,6} + 0,28 \cdot q_N \quad (6)$$

Hvor A_{SE} er effektiv sjøprosent, H_L er helning og q_N er middelavrenning [$l/s/km^2$].

Unngå å korrigere feltparametrene ut fra andel myr og snaufjell ved bruk av 2016-ligningene.

Slik kan du vurdere usikkerheten til modellparametrene fra 2016

Ønsker du å vurdere usikkerheten i modellparametrene K_1 , K_2 og T når du bruker ligningene fra 2016? Filipova mfl. (2016) utviklet et sett med ligninger til å vurdere usikkerheten som du finner i [NVE Rapport 34/2021](#) (s. 15).

H.1.3. Du kan velge metningsgrad i nedbørfeltet

Modellen har blitt utvidet til å inkludere en markvannssone som gjør det mulig å definere én initialtilstand for metningsgraden som representerer hele feltet. Det er også lagt inn et anslag på fordamping hvor tapet beregnes ut fra innsjøarealet i feltet. Hvordan du bestemmer initialtilstand i PQRUT er beskrevet i *Vedlegg H.2.3. Slik bestemmer du startvannføring og metningsgrad i PQRUT.*

H.2. Detaljert arbeidsgang for bruk av PQRUT

1. Vurder om PQRUT er egnet til ditt formål:

- a. nedbørfeltet er fra 2 til 800 km²
- b. gjentaksintervallet er 200 år eller mer
- c. flommene er regndominerte
- d. effektiv sjøprosent er lav

2. Bruk NEVINA til å beregne følgende feltparametre:

- a. effektiv sjøprosent (A_{SE})

Ikke inkluderer magasinets areal ved beregning av effektiv sjøprosent for feltet. Dette kan også gjelde for uregulerte innsjøer o.l.

- b. areal (A).

Ikke inkluderer magasinets areal ved beregning av nedbørfeltet. Hvis tilløpsflommen skal rutes gjennom et magasin, er det viktig at du også beregner nedbør på magasinet og legger dette til tilløpsflommen.

- c. nedbør på magasin

Hvis magasinet er stort i forhold til nedbørfeltet, skal nedbøren legges direkte på magasinet.

3. Beregn eller kalibrer modellparametrene K_1 , K_2 , og T .

- a. I **umålte felt** anbefaler vi å
 - i. beregne tre modellparametrene K_1 , K_2 og T . Vi anbefaler å bruke ligning 1–3, fra 2016, for å beregne modellparametrene. Se *Vedlegg H.2.1. Slik estimerer du modellparametre i PQRUT.*
 - ii. sammenligne verdiene for modellparametrene med eventuelle representative felt og deres kalibrerte modellparametre, se vedlegg 1 i [NVE Rapport 34/2021](#).

b. I **målte felt** anbefaler vi å

- i. finne et første estimat av modellparametrene ved å estimere K_1 , K_2 og T via 2016-ligningene. Du kan bruke 1983-ligningene om det er grunn til å tro at disse viser rimeligere verdier. Begrunn valget.
- ii. kalibrere modellparametrene. Se *Vedlegg H.2.2. Slik kalibrerer du modellparametre i PQRUT*.
- iii. sammenligne verdiene for modellparametrene med eventuelle representative felt og deres kalibrerte modellparametre, se vedlegg 1 i [NVE Rapport 34/2021](#).

4. Konstruer et forløp.

a. Vurder om du skal beregne eller bestille ekstremnedbør:

- i. For nedbørvarighet inntil 24 timer og gjentakintervall opp mot 200 år kan du finne IVF-verdier på [Nedbørintensitet \(IVF-verdier\) - KSS](#). Se veiledning til valg av nedbørverdier i *Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger*.
- ii. For nedbørvarigheter mer enn 24 timer og gjentakintervall over 200 år må du bestille ekstremnedbøranalyser direkte fra Meteorologisk institutt (klima@met.no).

b. Beregn eventuell snøsmelting med graddagsfaktor og lufttemperatur. Se kapittel 10.4.2.

Snøsmeltingen (S) beregnet med en graddagsfaktor (C_s) og et estimat av lufttemperaturen (T_L) er gitt som:

$$S = C_s \cdot T_L \text{ [mm/døgn]}$$

Hvis du ikke kan bestemme C_s [mm/°C/døgn] ved kalibrering av nedbør-avløpsmodellen kan du bruke erfaringstallene for C_s i tabell 4.

c. Konstruer forløpet.

- i. Kun nedbør? Ta hensyn til arealreduksjonsfaktor på nedbøren, og bruk beskrivelsen i kapittel 10.1.
- ii. Både nedbør og snøsmelting? Snøsmeltingen fordeles vanligvis jevnt over nedbørforløpet og regnes som et tillegg til nedbøren. Tilgjengelig snømengde og smeltrate danner grunnlaget for å vurdere tidsperioden som bidrar til snøsmelting.

5. Legg inn metningsgrad, startvannføring og konsentrasjonstid i modelloppsettet:

a. Velg metningsgrad

Normalt settes det til 100 prosent, men du kan sette den noe lavere i store felt og for enkelte geografiske områder basert på praktisk erfaring. Vurder om kombinasjonen av metningsgrad, nedbør og snøsmelting er rimelig.

b. Sett startvannføring.

Denne settes normalt lik middelavrenningen i den aktuelle sesongen.

c. Beregn konsentrasjonstid (T_c).

T_c for feltet må oppgis i hele tidsskritt. For PQRUT bruker du følgende formel:

$$T_c [\text{s}] = \text{feltlengde [m]} / \text{vannhastighet [m/s]}$$

$$T_c [\text{time}] = T_c [\text{s}] / 3600 [\text{s/time}]$$

Vannet antas å ha en gjennomsnittshastighet på 1–2 m/s.

6. Vurder flomestimatet Q_T ved å sammenligne

- kulminasjonsverdien med observasjoner i vassdraget hvis dette finnes. Du kan også bruke tilsigsdata.
- kulminasjonsverdi og døgnverdi med spesifikke flomverdier fra andre statistiske metoder og erfaringstall for flomstørrelser
- flomestimatet av PMF med Q_{1000} beregnet med statistiske metoder for å vurdere om størrelsen til PMF er rimelig. PMF skal normalt være mellom 1,5–3 ganger Q_{1000} .

H.2.1. Slik estimerer du modellparametre i PQRUT

Du må estimere de tre modellparametrene K_1 , K_2 og T hvis du skal bruke PQRUT i umålte felt.

Vi anbefaler å bruke ligning 1–3 fra 2016 (*Vedlegg H.1.2. Ligninger for estimering av modellparametrene*) for å beregne modellparametrene. Hvis et flomestimat (med 2016-ligningene) rimer dårlig med de andre statistiske metodene, bør du prøve et PQRUT-estimat med 1983-ligningene.

Kapittel 5.1 i [NVE Rapport 34/2021](#) oppsummerer argumentene for at man anbefaler bruk av ligningssettet fra 2016:

- Utviklingen av 2016-ligningene er gjort på en faglig solid måte og er godt dokumentert.
- Utvikling av 2016-ligningene er, til sammenligning med arbeidet i 1983, gjort med vannføringsdata og nedbørdata med lengre tidsserier, finere tidsoppløsning og bedre datakvalitet.
- Datagrunnlaget for 2016-ligningene er bedre fordelt rundt om i Norge
- Det er brukt et forholdsvis høyt antall flomhendelser i kalibreringen under utviklingen av 2016-ligningene.
- Filipova mfl. (2016) viser at for 49 felt så stemmer 2016-ligningene litt bedre enn 1983-ligningene når man sammenlignet med observasjoner.
- For 77 felt så stemmer 2016-ligningene litt bedre med lokale flomfrekvensanalysene enn 1983-ligningene.
- Filipova mfl. (2016) har også utviklet et sett med ligninger som kan bidra til å si noe om usikkerheten i estimatet for modellparametrene.
- 2016-ligningene gir høyere verdier for slake felt. Dette rimer godt med noen av brukernes erfaring om at PQRUT i slake felt kan gi for lave estimat.

Ligningene for estimering av modellparametrene K_1 , K_2 og T er strengt tatt kun gyldige for parameterspennet i datagrunnlaget som ble benyttet for å etablere ligningene, se tabell 8. Parametrene bør benyttes med forsiktighet når de ligger utenfor disse intervallene.

Tabell 8. Gyldighetsintervall for bruk av PQRUT med ligningene fra 2016 og 1983 (Filipova mfl., 2016, [NVE Rapport 2/1983](#))

Variabel	Enheter	Parameterspenn 1983	Parameterspenn 2016
Helning, H_L	m/km ²	1,7–72	2,8–61
Effektiv sjøprosent, A_{SE}	%	0–7,7	0–10
Årlig avrenning, q	l/s/km ²	13–105	14–112
Dreneringstetthet, D_T	km/km ²	-	0,8–2,7
Andel skog, A_{SKOG}	-	-	0–0,94
Årlig nedbør, P	mm	-	510–4671
Feltlengde, L_F	km	-	2,4–66
Areal, A	km ²	0,4–792	6–1092

Hvis nedbørfeltet har en stor andel myr og eller bart fjell, anbefaler [NVE Rapport 2/1983](#) at K_I -verdien justeres. Praktisk erfaring med korrigering av K_I -verdiene (fra 1983-ligningene) kan stedvis gi for store flomestimer, og flomestimatet bør derfor vurderes før du bestemmer endelige verdier for K_I . Datagrunnlaget bak anbefalingene om korrigering av K_I -verdier er dessuten forholdsvis begrenset. Filipova mfl. (2016) anbefaler ikke korrigering av modellparametrene ved bruk av 2016-ligningene.

H.2.2. Slik kalibrerer du modellparametre i PQRUT

Du bør kalibrere modellparametrene K_1 , K_2 og T for at PQRUT skal gi et best mulig flomestimat.

En forutsetning for å kalibrere modellparametrene er at det finnes nedbør- og vannføringsdata av fin tidsoppløsning. Merk at vannføringsdata også kan være beregnede tilsigsserier hvis tilsigsseriene har tilstrekkelig fin tidsoppløsning som er representative for feltet (se kapittel 4.3.1).

Som første estimat ved kalibrering anbefaler vi å estimere parameterverdier ut fra 2016-ligningene (ligning 1 til 3). Du kan bruke 1983-ligningene om det er grunn til å tro at disse viser rimeligere verdier. Begrunn valget.

Du finner en oversikt over kalibrerte verdier for K_1 , K_2 og T for 49 felt som var med i 2016-studien i [Nedbør-avløpsmodellering med PQRUT for dimensjonerende flom \(NVE Rapport 34/2021, s. 52-53\)](#). Du kan sammenligne dine kalibrerte modellparametrene med de kalibrerte parameterverdiene fra [NVE Rapport 34/2021](#).

H.2.3. Slik bestemmer du startvannføring og metningsgrad i PQRUT

Startvannføring

Ved beregning av dimensjonerende flom skal *startvannføringen* settes lik middelvannføringen i den aktuelle sesongen.

Metningsgrad

Normalt settes det til 100 prosent, men du kan sette den noe lavere i store felt og for enkelte geografiske områder basert på praktisk erfaring.

I store felt kan man ikke regne med 100 prosent metningsgrad over hele feltet. Vi erfarer at mettet felt, særlig i store felt og felt på Østlandet, i Trøndelag og i Finnmark, kan gi for høye flomestimat. Det skyldes trolig at det på Østlandet, i Trøndelag og i Finnmark er områder som ikke umiddelbart bidrar til flom selv ved mettet felt.

I de fleste kystnære vassdrag i hele landet, i felt på Vestlandet og i Nordland, og ellers i små felt med tynt jordsmonn, vil det normalt være riktig å kombinere for eksempel P_{1000} og mettet felt ved simulering av Q_{1000} .

UTKAST

Vedlegg I: Den rasjonelle metode

Den rasjonelle metoden er basert på direkte sammenheng mellom nedbør og avrenning og gir et enkelt overslag av kulminasjonsvannføringen i små nedbørfelt. Vi anbefaler metoden for nedbørfelt mindre enn 2 km². Hvis nedbørfeltet har stor selvreguleringsevne, for eksempel høy effektiv sjøprosent (> 1 %), øker usikkerheten ytterligere da den rasjonelle metoden i hovedsak er utviklet for små felt med liten demping.

Beskrivelsen av metoden er i tråd med Statens vegvesen sin veiledning gitt i [N-V240 Vannhåndtering \(2023\)](#).

I.1. Detaljert arbeidsgang for den rasjonelle metoden

I dette vedlegget får du vite hvordan du kan bruke den rasjonelle metoden til å finne et flomestimat. Den rasjonelle metoden bruker verken forløp eller snøsmelting, men gir en kulminasjonsflomvannføring.

8. Vurder om den rasjonelle metoden er egnet til ditt formål:

- felt mindre enn 2 km²
- enkle overslagsberegninger for dimensjonering
- lav effektiv sjøprosent

9. Finn arealet:

Bruk NEVINA eller andre karttjenester for å finne nedbørfeltets areal. Vær oppmerksom på at menneskelige inngrep kan forårsake store endringer i det naturlige nedbørfeltet.

10. Bestem avrenningsfaktor (C):

Bruk verdier fra tabeller eller annen litteratur til å bestemme avrenningsfaktoren (se I.2. *Slik bestemmer du avrenningsfaktoren*). Avrenningsfaktoren varierer fra 0,1 i områder med mye vegetasjon, skogdekke og/eller dyrka mark til opp mot 0,9 i urbane områder og områder hovedsakelig dekket av snaufjell.

11. Beregn konsentrasjonstiden T_c:

Konsentrasjonstiden er tiden det tar for vannet å renne fra nedslagsfeltets ytterste punkt til utløpet/målestedet. T_c varierer med feltegenskapene.

- I **naturlige felt** er konsentrasjonstiden gitt ved

$$T_c [\text{min}] = 0.6 \cdot L / H^{0.5} + 3000 \cdot A_{SE}$$

Hvor L er lengde av feltet [m], H er høydeforskjellen i feltet [m] og A_{SE} er effektiv sjøprosent [-]. Merk at A_{SE} i ligningen over er gitt som andel og ikke prosent.

⁵ Anbefalt bruksområde er 0,5 km² i Vassdragshåndboka (Fergus m. fl., 2010), men erfaring viser at metoden brukes for større felt. I SSVs håndbok V240 er anbefalt bruksområde for rasjonelle metode for felt mindre enn 2 km².

I felt med høy effektiv sjøprosent kan konsentrasjonstiden bli urealistisk lang. Effekten er merkbar allerede ved en effektiv sjøprosent på rundt 1 prosent.

- b. I **urbane felt** (utbygde felt) er konsentrasjonstiden gitt ved

$$T_c [\text{min}] = 0.02 \cdot L^{1.15} / H^{0.39}$$

Hvor L er lengde av feltet [m] og H er høydeforskjellen i feltet [m].

12. Finn dimensjonerende nedbørintensitet:

- a. Først velger du varighet og gjentakintervall:
- Varigheten velges lik som feltets konsentrasjonstid (T_c).
 - Gjentaksintervallet velges basert på formålet med beregningen, se kapittel 2.
- b. Hent ut nedbørintensiteten i l/s/ha basert på valgt varighet og gjentakintervall. Nedbørintensiteten finner du i kvalitetsgodkjente IVF-kurver fra Meteorologisk institutt som ligger på Norsk klimaservicesenter sine sider.

13. Beregn Q_T :

Kulminasjonsvannføringen Q_T [l/s] med returperiode T er gitt ved:

$$Q_T = C_T \cdot i_T \cdot A$$

hvor C er avrenningsfaktor for flom med returperiode T [-], i_T er dimensjonerende nedbørintensitet med returperiode T fra IVF-kurver [l/s/ha] og A er feltareal [ha]. 100 ha = 1 km².

Formelen forutsetter en konstant intensitet for nedbørshendelsen og lik nedbørfordeling i hele feltet.

14. Vurder flomestimatet Q_T ved å sammenligne

- kulminasjonsverdien med observasjoner i vassdraget hvis dette finnes
- kulminasjonsverdi med spesifikke flomverdier fra andre statistiske metoder
- kulminasjonsverdien med erfaringstall for relevante flomstørrelser

I.2. Slik bestemmer du avrenningsfaktoren

Avrenningsfaktoren (C) er et uttrykk for den totale nedbørmengden i et nedbørfelt som renner bort som overflatevann. Faktoren er avhengig av arealbruk og andre feltegenskaper. Den varierer fra 0,1 i områder med mye vegetasjon, skogdekke og eller dyrka mark til opp mot 0,9 i urbane områder og områder hovedsakelig dekket av snaufjell.

C-verdien er som regel en vektet middelerverdi for hele feltet, men for sammensatte felt kan man beregne avrenningsfaktorer for delfelt og beregne en midlet avrenningsfaktor, C_m , for hele feltet.

$$C_m = \frac{\sum(C_i \cdot A_i)}{A_F}$$

C_m = midlere C-verdi for feltet [-]

C_i = C-verdi for delareal [-]

A_i = areal for delareal i [ha]

A_F = totalt feltareal [ha]

C-verdien bør justeres i forhold til nedbørhendelsens varighet og gjentakintervallet som det beregnes for. For nedbør med returperiode 10 år eller mer anbefales det å øke C-verdien med en korreksjonsfaktor, F_c , etter tabell 9. Dette gir følgende uttrykk for dimensjonerende avrenningsfaktor for returperiode T:

$$C_T = C_m \cdot F_c$$

C_T = dimensjonerende avrenningsfaktor for returperiode T [-]

C_m = midlere avrenningsfaktor for nedbørfeltet [-]

F_c = korreksjonsfaktor for returperiode T [-]

Tabell 9: Anbefalt korreksjonsfaktor for forskjellige returperioder ved bruk av den rasjonelle metoden etter Berg mfl. (1992, s. 20)⁶.

Returperiode T [år]	Korreksjonsfaktor, F_c
< 10	1,00
10 – 25	1,10
25 – 50	1,20
50 – 100	1,25
100 – 200*	1,30*

*Er oppgitt i Statens vegvesen. [N-V240:2023 Vannhåndtering](#).

Anbefalte C-verdier både for overordnede vurderinger av arealbruk og mer detaljerte vurderinger for overflater bestemt ut fra helningen er oppgitt i Tabell 10. Hvis du gjør beregninger for impermeable flater som bart fjell, frossen og eller islagt område, kan du bruke avrenningsfaktor tilsvarende «Svært tettbebygde industriområde».

⁶ Berg, A., Lunde, T. og Mosevoll, G. (1992). Flomberegning og kulvertdimensjonering (SINTEF Rapport STF60 A92101). SINTEF NHL. <http://hdl.handle.net/11250/190950>

Tabell 10: Anbefalt C-faktor for forskjellige areal typer og bratthetsgrader ([N-V240:2023 Vannhåndtering](#)).

Overflate	Helning		
	< 2 %	2 – 10 %	> 10 %
Veg			
Asfaltert/brolagt vegoverflate (impermeabel)	0,90	0,90	0,90
Gruslagt vegoverflate (impermeabel)	0,85	0,85	0,85
Skulder – kompakterte løsmasser	0,50	0,50	0,50
Skulder – gress	0,25	0,25	0,25
Sideterreng/median – kompakterte løsmasser	0,60	0,60	0,60
Sideterreng/median – gress	0,30	0,30	0,30
Arealbruk – generell			
Lite tettbygd boligområde (< 750 boliger/km ²)	0,35	0,40	0,45
Moderat tettbygd boligområde (750 – 1500 boliger/km ²)	0,50	0,55	0,60
Svært tettbygd boligområde (> 1500 boliger/km ²)	0,70	0,75	0,80
Næringsområder i tettbygd strøk	0,80	0,85	0,85
Lite tettbygd industriområde	0,50	0,70	0,80
Svært tettbygd industriområde	0,60	0,80	0,90
Skogsområder	0,10	0,15	0,20
Åpne naturområder og dyrket mark	0,25	0,30	0,35
Arealbruk – detaljert			
Takoverflater (tett)	0,90	0,90	0,90
Gressplen og parkområder	0,17	0,22	0,35
Dyrket mark (leirig og siltig grunn)	0,50	0,55	0,60
Dyrket mark (sandig og grusig grunn)	0,25	0,30	0,35

I.3. Slik finner du dimensjonerende nedbørintensitet (i)

Du må velge dimensjonerende nedbørintensitet (i) ut fra en IVF-kurve. IVF-kurvene viser varighet og median regnintensitet for et gitt gjentaksintervall. Derfor må du først velge hvilket gjentaksintervall du skal gjøre beregningene for, og finne konsentrasjonstiden T_c som du setter lik varighet. For den rasjonelle formel oppgis nedbørintensitet som [l/s/ha]. Det skal benyttes kvalitetsgodkjente data fra Meteorologisk institutt som kan hentes fra [Norsk klimaservicesenter](#). Du bør gjøre en vurdering av om dimensjonerende nedbørintensitet (i) fra IVF-kurven er rimelig basert på stegene i *Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger*.

Vedlegg J: Erfaringstall for flomestimater

NVE jobber med å oppdatere erfaringstallene. Dette vedlegget vil derfor bli oppdatert før publisering av NVE Veileder X/2025.

Erfaringstall for døgnverdier

I Midttømme mfl. (2011) vedlegg 3 er resultater fra flomberegninger som NVE utførte fra 1985 til ca. 2010, studert. Døgnmiddelverdier for flommer med gjentaksintervall 1000 år ble samlet og danner grunnlaget for en vurdering av hvilke flomstørrelser man stort sett kan forvente i de forskjellige landsdelene. Datagrunnlaget for denne vurdering er relativt godt i Sør-Norge, mens det er noe begrenset i Trøndelag og særlig i Nord-Norge.

Døgnmiddelverdier for q1000 i små felt, < 50 km²

På Østlandet, i vassdrag som drenerer til Sverige, og i vassdragsområdene 001 til og med 016 ligger flomverdiene stort sett mellom 600 og 1200 l/s/km². De største verdiene er i meget små felt, hvor de i noen tilfeller kan være opp mot 1500 l/s/km², eller i felt langt vest i området.

På Sørlandet og Vestlandet (i vassdragsområdene 017 til og med 115) ligger flomverdiene stort sett mellom 1500 og 3000 l/s/km². De største verdiene over 2000 l/s/km² finner man i felt et stykke innenfor kysten på Sør-Vestlandet og Vestlandet. I felt helt mot kysten er verdiene oftest i underkant av 2000 l/s/km², og i de østligste områdene er de rundt og noen ganger under 1500 l/s/km².

I Trøndelag (i vassdragsområdene 116 til og med 143) ligger flomverdiene stort sett mellom 850 og 2000 l/s/km², med avtagende størrelser østover.

Døgnmiddelverdier for q1000 i middels store felt, 50–500 km²

På Østlandet ligger flomverdiene stort sett mellom 350 og 1100 l/s/km², med verdiene under 500 l/s/km² lengst øst og verdiene over 1000 l/s/km² aller lengst vest i området.

På Sørlandet og Vestlandet ligger flomverdiene stort sett mellom 700 og 2500 l/s/km², med de største verdiene (over 2000 l/s/km²) i felt et stykke innenfor kysten på Sør-Vestlandet og Vestlandet og de minste verdiene (under 1000 l/s/km²) i indre strøk på Sørlandet.

I Trøndelag ligger flomverdiene stort sett mellom 600 og 1800 l/s/km², med avtagende størrelser østover.

Døgnmiddelverdier for q1000 i store felt, > 500 km²

I enkelte felt på Vestlandet kan flomverdiene være større enn 1000 l/s/km², ellers varierer de ned til under 300 l/s/km² i meget store felt (større enn 6000 km²) og i Glomma kanskje under 200 l/s/km². I Gaula i Sør-Trøndelag, som er et vassdrag med liten naturlig flomdemping, er flomverdiene på 850–750 l/s/km² for felt mellom 2500 og 3500 km². I Namsen ligger flomverdiene noe lavere: 800–600 l/s/km².

Døgnmiddelverdier for q1000 i Nord-Norge

I Nord-Norge (i vassdragsområdene 144 til og med 247) varierer flomverdiene stort, særlig fra kysten av Nordland og Troms til Finnmark. I Nordland og Troms finnes eksempler på flomverdier på over 2000 l/s/km² i kystnære felt på opp mot 100 km². I indre strøk av Nordland og Troms er flomverdiene under 1000 l/s/km² og ned mot 700 l/s/km². I Finnmark er flomverdiene stort sett under 1000 l/s/km².

De største verdiene er på Finnmarkskysten, mens på Finnmarksvidda kan de være ned mot 500 l/s/km², og i de store vassdragene ned mot 300 l/s/km².

Erfaringstall for kulminasjonsverdier i små felt

I NIFS-prosjektet, delprosjekt 5.1 (Stenius mfl., 2015) ble det sett på variasjoner av spesifikke flomverdier i ulike landsdeler i Norge.

Det ble både sett på verdier fra flomfrekvensanalyser, formelverk for små felt (NIFS formelverk) og en kombinasjon av begge metodene. I kombinasjonsmetoden er middelflommen fra frekvensanalysen brukt sammen med vekstkurven fra formelverket. Det er denne metoden vi har lagt mest vekt på når vi har fastsatt erfaringstallene her.

Analysene er gjort på findata som i de fleste tilfeller er timesverdier. Timesverdier representerer kulminasjonsverdien godt nok for de fleste felt, men for meget små og raske felt kan kulminasjonsverdien være høyere og i noen tilfeller vesentlig høyere enn timesverdien.

Det er stor variasjon i stasjonstettheten i Norge (se Figur 26). Deler av Nordland og Vestlandet er forholdsvis godt dekket, mens Troms og Finnmark og Trøndelag samt store deler av Østlandet er dårlig dekket. Også i Agder er det forholdsvis sparsomt med stasjoner. Dette medfører at «erfaringstallene» til dels bygger på et begrenset datagrunnlag, og feil eller usikkerheter ved en stasjon kan ha stor innvirkning på verdiene.

Fylkesinndelingen er gjort etter gjeldende fylker per 2015.



Figur 26 Kartet viser høyeste «observerte» spesifikke flomverdier fra målestasjoner som er blitt brukt i NIFS prosjektet, delprosjekt 5.1 (Stenius mfl., 2015). Merk at «observerte» vannføringsverdier er beregnede verdier fra observerte vannstander som omregnes via en vannføringskurve. Ved revisjon av vannføringskurven kan «observerte» verdier endres.

Spesifikke kulminasjonsverdier (timesverdier) for 200-årsflom

På Østlandet (Hedmark, Oppland, Akershus, Oslo, Buskerud og deler av Telemark), vassdragsnummer 1–16, varierer flomverdiene stort sett fra 500 til 1500 l/s/km², men noen flomverdier er helt opp i 2000–2500 l/s/km² og helt ned i 400 l/s/km². Det er relativt jevn geografisk spredning på flomverdiene, men de laveste verdiene finner en øst i området og/eller i større felt med høy selvreguleringsevne.

På Sør- og Vestlandet (deler av Telemark, Agder, Rogaland, Hordaland, Sogn og Fjordane), vassdragsnummer 16 til ca. 92, varierer flomverdiene stort sett fra 700 til 4000–5000 l/s/km², men det

finnes flomverdier over 6000 l/s/km². De høyeste verdiene finner en stort sett i bratte felt med lav effektiv sjøprosent, men det finnes unntak.

I Trøndelag og Møre og Romsdal, vassdragsnummer ca. 93–126 (fra vassdragsnummer 127–149 finnes det ingen målestasjoner som er brukt i dette prosjektet), varierer flomverdiene stort sett fra 800 til 3000 l/s/km². De høyeste verdiene finner en i Møre og Romsdal og for felt med lav selvreguleringsevne. Det er svært få stasjoner i Trøndelag, særlig i Nord-Trøndelag, og det er fullt mulig at variasjonen hadde sett annerledes ut hvis det hadde vært flere observasjoner.

I Nordland, vassdragsnummer ca. 150–186 (fra vassdragsnummer 127–149 finnes det ingen målestasjoner som er brukt i dette prosjektet), varierer flomverdiene stort sett fra 800–900 l/s/km² til 3000–4000 l/s/km². De høyeste verdiene finner en rundt Svartisen (verdier over 4000 l/s/km²) og langs kysten. De laveste verdiene finner en i indre strøk og/eller i felt med høy selvreguleringsevne.

I Troms og Finnmark, vassdragsnummer 187 til 247, er det svært få stasjoner, men ut fra det begrensede datagrunnlaget som finnes, ser flomverdiene stort sett ut til å variere fra 500 til 2000 l/s/km², men det finnes flomverdier over 3000 l/s/km² og helt ned til 400 l/s/km². De høyeste verdiene finner en langs kysten i Troms og sør i Finnmark. De laveste verdiene finner en på Finnmarksvidda, lengst øst i Finnmark og/eller i felt med høy effektiv sjøprosent.

Vedlegg K: Erfaringstall for snøsmelting

Ut fra vannføringsdata analysert i Stranden & Holmqvist (2017) er det beregnet smelting på 50–60 mm/døgn i både Sør- og Nord-Norge i løpet av årene 2010–2016. Det er beregnet smelting på opp mot 80 mm/døgn for flommen i mai 2010 i Nord-Norge.

Median graddagsfaktor varierer fra ca. 2,5–5,0 mm/°C per døgn for de undersøkte hendelsene i Stranden & Holmqvist (2017). Dette stemmer godt med erfaringstallene i tabell 4. For enkelthendelser er det derimot graddagsfaktorer på opp mot 12 mm/°C per døgn i Sør-Norge og 15 mm/°C per døgn i Nord-Norge.

Medianverdien for smelting fra ca. 30 snøstasjoner (snøputer) ga 15 mm/døgn i Saloranta (2014). Maksimalverdien var 65 mm/døgn.

Snøsmelting på ca. 50 mm/døgn ved klarvær og ca. 75 mm/døgn i overskya vær er beregnet i internt NVE-notat (upublisert, Saloranta, 2017) med utgangspunkt i en døgnmiddeltemperatur på 8 °C og en vindstyrke på 15 m/s (stiv kuling). Dette tilsvarer graddagsfaktorer på ca. 6 og 9 mm/°C per døgn. Tilsvarende temperatur og vindstyrke i starten av april ville imidlertid gitt noe mindre snøsmelting (ca. 40 mm/døgn i klarvær og 70 mm/døgn i overskya vær). Dette skyldes mindre kort- og langbølget innstråling i april enn i juni.

Vedlegg L: Trinnvis arbeidsgang for flomberegninger

Tabellen viser en trinnvis arbeidsgang for utførelse av flomberegninger. Veiledningen er oppdelt i 10 trinn. Hvert trinn er beskrevet kortfattet med henvisninger til relevante kapitler i denne veilederen. Du finner også henvisninger til aktuelle eksterne ressurser.

Trinn og beskrivelse	Kapittel	Verktøy/ lenker
<p>1. Avklar formål med beregningen</p> <p>Få oversikt og skaff nødvendig grunnlagsmateriale for å definere oppgaven.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Hvilket gjentaksintervall på flommen gjelder ved dimensjonering?✓ Er det spesielle beregningsforutsetninger som avhenger av formålet med flomberegningen?	2	Veileder 02/2022 Veileder 03/2022
<p>2. Få oversikt over nedbørfeltet og tilhørende feltegenskaper</p> <p>Få oversikt over området du skal gjøre flomberegninger over.</p> <ul style="list-style-type: none">✓ Skal du utføre flomberegninger for flere punkter?✓ Er flommene påvirket av reguleringer/inngrep? <p>Beregn nedbørfeltet (A) til beregningspunktet/beregningspunktene, for eksempel i NEVINA.</p> <p>I NEVINA beregner du også feltparametre, klimaparametre og flomindekser. Resultatene kan lastes ned både som shapefil og pdf-rapporter.</p> <p>Tips: Ta vare på shapefilen, den kan du bl.a. laste opp i NVE Seriekart og NVE Temakart.</p>	3	NEVINA NVE Temakart

Trinn og beskrivelse	Kapittel	Verktøy/ lenker
<p>3. Finn representative vannføringsstasjoner</p> <p>Velg ut aktuelle målestasjoner og dataserier.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ I NVE Seriekart kan du finne målestasjoner i et egendefinert geografisk område og filtrere stasjoner ut fra feltegenskaper. <p>Feltets selvreguleringsevne i kombinasjon med klimatiske forhold er viktige faktorer for å vurdere sammenlignbarhet og representativitet mellom ulike nedbørfelt.</p> <p>Vurder kvaliteten på dataene før du tar de i bruk.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Kvaliteten på vannføringskurven ved stor vannføring er avgjørende for resultatet og bør alltid kontrolleres og vurderes for vannføringsstasjonene som inngår i analysen. <p>Informasjon om kvalitet på vannføringskurver og tidsserier finner du bla. i NVE Seriekart eller i Hydra II.</p>	<p>4</p> <p>Vedlegg D</p> <p>Vedlegg E</p> <p>Vedlegg F</p>	<p>NVE Seriekart</p> <p>NVE Hydra II</p>
<p>4. Bruk formelverk for å beregne et foreløpig flomestimat</p> <p>Før du går i gang med selve flomberegningen, enten det er med flomfrekvensanalyse eller nedbør-avløpsmetoder, anbefaler vi at du finner et foreløpig flomestimat ved å bruke regionale formelverk.</p> <p>Regionale flomfrekvensanalyser (RFFA) gir deg et flomestimat som er basert på resultater fra lokale flomfrekvensanalyser fra et stort antall stasjoner.</p> <p>I NEVINA kan du bruke de regionale formelverkene RFFA-2018 og RFFA-NIFS til å beregne estimat av flomstørrelsene.</p>	<p>5</p>	<p>NEVINA</p>
<p>5. Velg beregningsmetode</p> <p>Metodene for beregning av flomstørrelser deles generelt inn i to hovedgrupper:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ flomfrekvensanalyser (FFA) <ul style="list-style-type: none"> ○ lokal flomfrekvensanalyse ○ formelverk (regional flomfrekvensanalyse) ○ kombinasjon av lokal FFA og formelverk (regional FFA) ✓ nedbør-avløpsmetoder <ul style="list-style-type: none"> ○ PQRUT ○ den rasjonelle metode ○ andre metoder 	<p>6, 7, 9</p>	<p>PQRUT</p> <p>NVE Hydra II</p>

Trinn og beskrivelse	Kapittel	Verktøy/ lenker
<p>6. Utfør flomberegningen</p> <p>Flomfrekvensanalyser utføres på observerte flomdata, beregnede tilsigsserier eller konstruerte dataserier.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Du må som regel bruke flere ulike tilnærminger og sammenligne resultatene (kapittel 13.1) før du kan velge endelig flomverdi. <p>Nedbør-avløpsmetodene bruker nedbør som inngangsdata. Nedbørverdiene, eventuelt i kombinasjon med snøsmelting, overføres til flomverdier ved hjelp av en hydrologisk modell eller empiriske formler.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Skaff frekvensanalyser på nedbørdata (IVF-kurver), og konstruer nedbørforløp. ✓ Se kapittel 10 for punktvis arbeidsgang ved bruk av nedbør-avløpsmodeller. Se vedlegg H for egen arbeidsgang for PQRUT. ✓ Du bør alltid kalibrere og validere nedbør-avløpsmodeller. <p>Ruting kan brukes hvis du skal beregne avløpsflom og tilhørende flomvannstand. Da må du rute tilløpsflommen gjennom magasinet/magasinerne (innsjøer/elvestrekninger/flomsletter).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Hvis du har brukt en nedbør-avløpsmodell til å beregne flomstørrelsen, har du (som regel) allerede konstruert et nedbørforløp, og modellen gir da et flomforløp. ✓ Hvis du har brukt flomfrekvensanalyse til å beregne tilløpsflommen, har du bare den maksimale flomverdien, og du må derfor konstruere et flomforløp (kapittel 11.4) som du så ruter gjennom magasinet. <p>I store og/eller sammensatte felt må du ta mange ulike hensyn, se kapittel 12.</p>	8, 10, 11, 12	PQRUT NVE Hydra II

Trinn og beskrivelse	Kapittel	Verktøy/ lenker
<p>7. Velg endelig dimensjonerende flomverdi</p> <p>Velg flomverdi og evaluer resultatene:</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Sammenlign resultatene fra ulike metoder, og begrunn valget av endelig størrelse på den dimensjonerende (tilløps)flommen ut fra en samlet faglig vurdering. ✓ Når du velger endelig flomstørrelse, er det viktig å vurdere hvilke målestasjoner/felt som gir representative data for analysefeltet. Det er ikke sikkert at alle stasjonene du tok med i analysen, viser seg å være representative eller gode nok. ✓ Sammenlign resultatene dine med erfaringstall, tidligere beregninger (i samme vassdrag eller nærliggende representative vassdrag) og observasjoner fra målestasjoner i området. Du må forklare og begrunne store avvik i flomestimatene. 	13	<p>NVE Temakart</p> <p>Flomrapport-databasen</p> <p>Erfaringstall - Vedlegg J</p>
<p>8. Vurder usikkerheten i flomestimatene og det hydrologiske datagrunnlaget</p> <p>Det er viktig at du forstår opphavet til og vurderer usikkerheten i flomberegningen.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Det er vanskelig å kvantifisere den totale usikkerheten, men du bør identifisere og tallfeste de største bidragene til usikkerheten så langt det er mulig. ✓ NVE benytter en enkel klassifisering (klasse 1–5) som tar utgangspunkt i det hydrologiske datagrunnlaget og hvordan det brukes i analysen (kapittel 14.1) Klassifiseringen brukes i Flomberegninger for damsikkerhet (NVE Veileder 03/2022), men anbefales også brukt i andre typer flomberegninger. <p>Vi anbefaler at du utfører følsomhetsanalyser for inngangsdata og/eller modellparametre (kapittel 14.2.1).</p>	14	<p>Veileder 02/2022</p> <p>Veileder 03/2022</p>

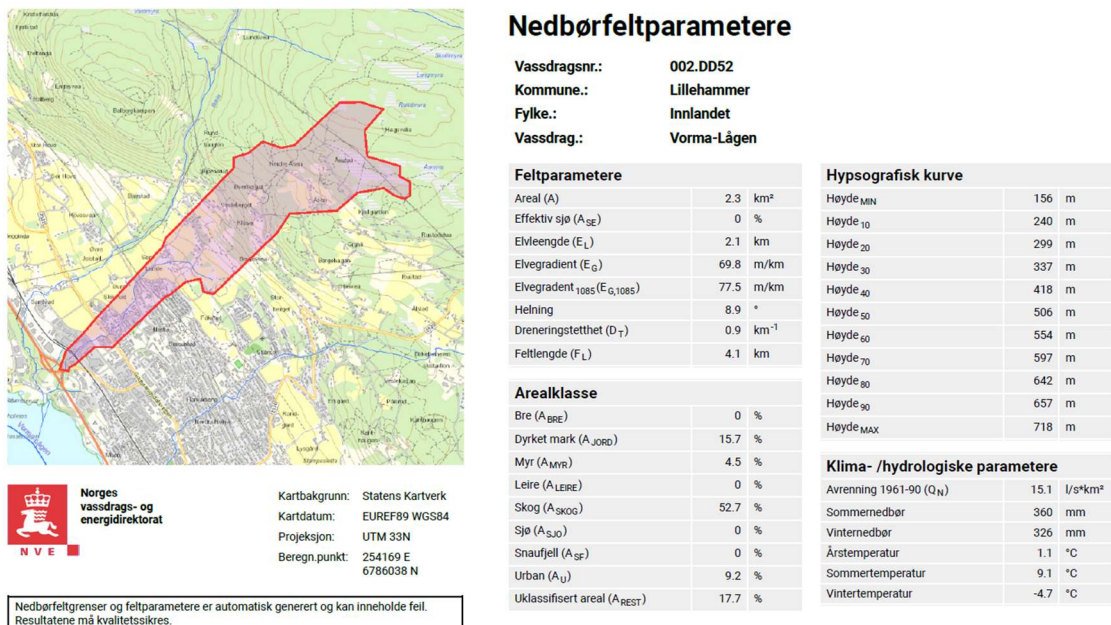
Trinn og beskrivelse	Kapittel	Verktøy/ lenker
<p>9. Klimapåslag</p> <p>NVE anbefaler klimapåslag på flomestimatet (0 %, 20 % eller 40 %) etter anbefalinger gitt i NVE Rapport 81/2016.</p> <p>Det er ulike anbefalinger og krav til klimapåslag avhengig av hva som er flomberegningens formål (se for eksempel NVE Veileder 2/2022 og NVE Veileder 3/2022).</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Anbefalingene om klimapåslag skiller mellom nedbør og flom. I flomberegninger skal du legge klimapåslaget direkte på vannføringen. ✓ Ved ruting legger du klimapåslaget på tilløpsflommen. ✓ Vi anbefaler samme klimapåslag på tvers av alle gjentaksintervaller. <p>På Klimaservicesenteret finner du fylkesvise klimaprofiler som gir et kortfattet sammendrag av dagens klima, ventede klimaendringer og klimautfordringer.</p> <p>Du kan bruke NVEs Temakart klimapåslag for vurdering av klimapåslag.</p>	15	NVE-rapport 81/2016 Veileder 02/2022 Veileder 03/2022 Klimaservice senteret Temakart klimapåslag
<p>10. Dokumentasjon og godkjenning av flomberegninger</p> <p>Det er viktig at du dokumenterer flomberegningen, med faglige begrunnelser av valg og vurderinger. Vi anbefaler at det alltid utføres en sidemannskontroll.</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ NVE skal kontrollere og godkjenne alle flomberegninger knyttet til damsikkerhet (konsekvensklasse 1-4). Slike flomberegninger skal dokumenteres i en rapport (2/2022). ✓ Vi anbefaler at alle flomfareutredninger dokumenteres i en rapport (3/2022). 	16	Veileder 02/2022 Veileder 03/2022

Vedlegg M: Regneeksempel: Små nedbørfelt – Lundebekken

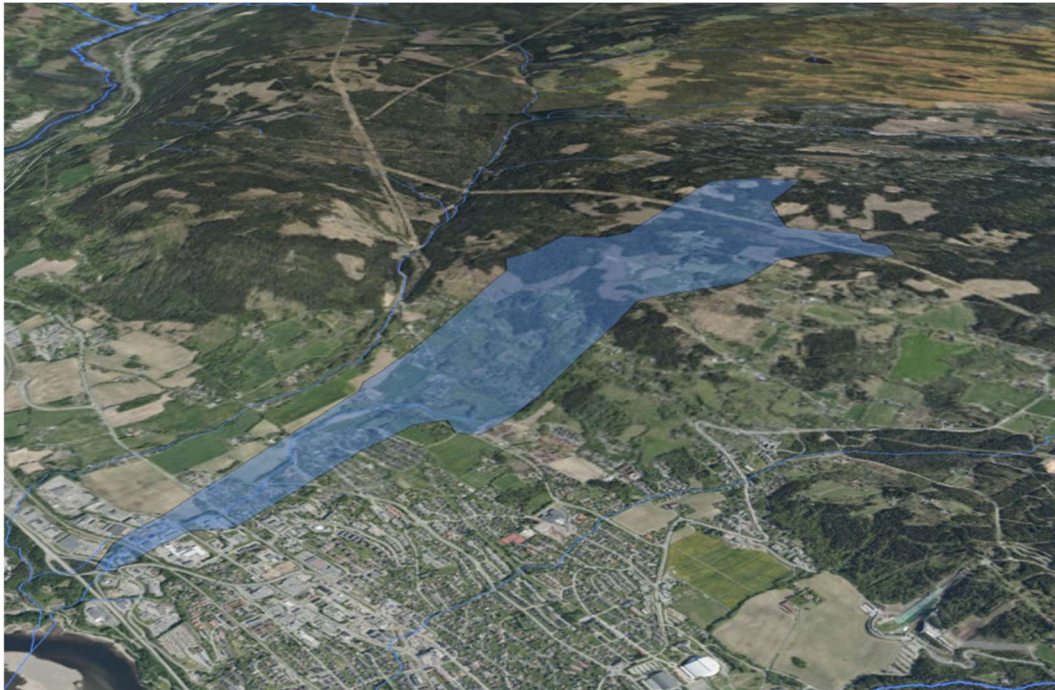
I dette regneeksemplet viser vi beregningen av en 200-årsflom for et lite, uregulert nedbørfelt. Beregningen er basert på arbeidsgangen i *Vedlegg L: Trinnvis arbeidsgang for flomberegninger*, og på datagrunnlag tilgjengelig i 2020.

Få oversikt over nedbørfeltet og tilhørende feltegenskaper

Lundebekken er et lite, umålt nedbørfelt i Lillehammer kommune, som har utløp i Gudbrandsdalslågen. Lundebekken har et nedbørfelt på 2,3 km² ved valgt beregningspunkt. Feltegenskaper for nedbørfeltet som skal analyseres, er hentet fra kartapplikasjonen [NEVINA](#). Resultatet er vist i figur 27. Rapporten fra NEVINA viser at nedbørfeltet har en midlere årsnedbør på rundt 680 mm, at det i stor grad er dominert av skog i de øvre delene av feltet, og at det har tilnærmet lik andel innsjø (forholdsvis lav dempingsgrad). Figur 28 viser et flyfoto og 3D-representasjon over området, som samsvarer godt med GIS-analysen.



Figur 27 Rapport fra kartapplikasjonen [NEVINA](#) med opplysninger om feltparametre.



Figur 28 Flyfoto og 3D-representasjon av nedbørfeltet til Lundebecken i [NVE Temakart](#).

Hvilke beregningsmetoder (kapittel 6) som anvendes i en flomberegning, vil være avhengig av hvilke data som er tilgjengelig for området. På Nord-Østlandet finnes det svært lite data for små nedbørfelt, som gjør at flere metoder bør benyttes for å komme frem til et rimelig flomestimat.

Finn representative vannføringsstasjoner

Tabell 11 og figur 29 viser de hydrologiske målestasjonene i små felt med forholdsvis gode data i området sammen med nedbørfeltet til Lundebecken funnet i [NVE Seriekart](#). Tabell 11 illustrerer godt mangelen på vannføringsdata i små felt på Nord-Østlandet. De fire stasjonene som er valgt ut her, har alle vesentlig større nedbørfelt (10–20 ganger større) enn nedbørfeltet til Lundebecken og kan ikke forventes å gi representative flomverdier for Lundebecken. I tilfeller som dette, med svært begrenset datagrunnlag, er det nyttig å prøve ut flere tilnærminger når vi utarbeider flomestimatet.

Tabell 11: Hydrologiske målestasjoner med utvalgte feltegenskaper i området rundt Lundebecken.

St.nr.	St.navn	Areal (km ²)	Q _N (l/s/km ²)	A _{se} (%)	Skog (%)	Snaufjell (%)	Medianhøyde (moh)
	Lundebecken	2,3	15	0	53	0	506
2.323	Fura	36,4	26*	0	80	0	581
2.616	Kuggerud	48,3	16*	1,14	85	0	375
2.1	Hådammen	37,9	22*	0,81	70	0	566
2.592	Fokstua	26,5	23*	0	0	98	1439

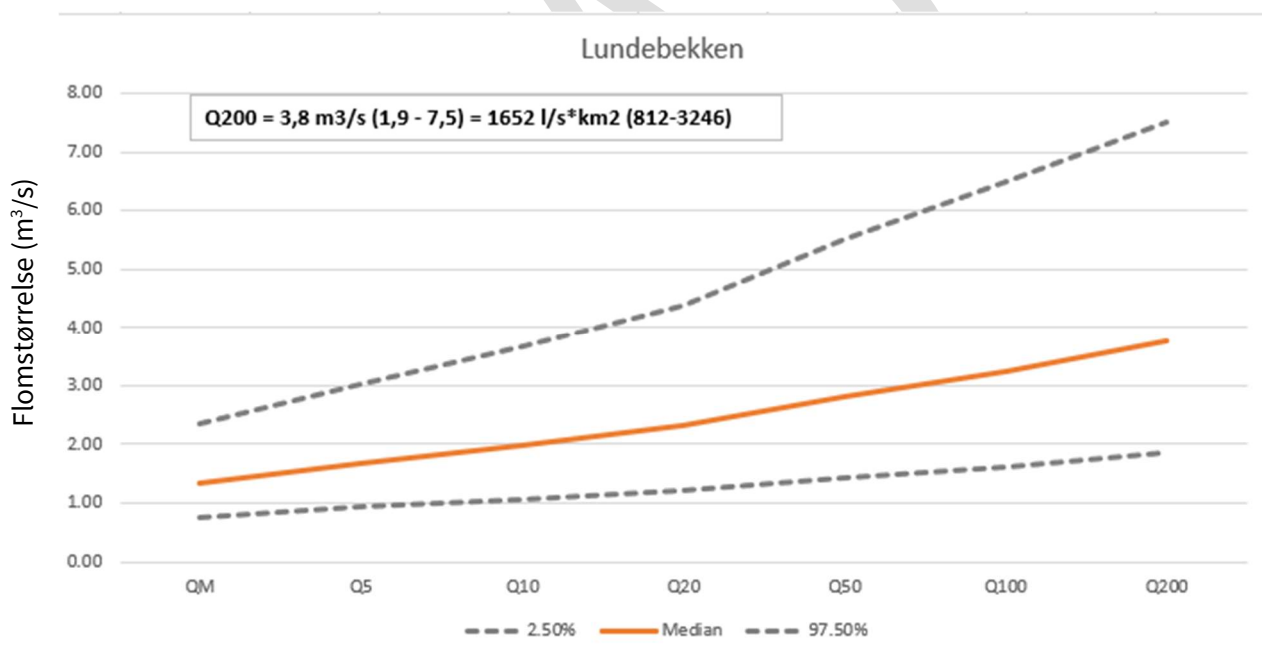
*Normalavrenningen er beregnet ut ifra observasjoner

normalavrenningen for Lundebecken 15 l/s/km². Basert på at avrenningskartet gir lave verdier i området, justeres normalavrenningen for Lundebecken opp til 20 l/s/km².

Tabell 12: Vurdering av normalavrenningen for målestasjoner i området rundt Lillehammer.

Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Q _N avrenningskart (l/s/km ²)	Q _N observasjoner (l/s/km ²)
2.323	Fura	12	26
2.616	Kuggerud	13	16
2.1	Hådammen	20	22
2.592	Fokstua	18	23

Når normalavrenningen er bestemt, legges feltparametrene inn i formelverkene RFFA-2018 og RFFA-NIFS. Figur 30 viser resultatet fra RFFA-NIFS, som anbefales brukt for små nedbørfelt opp til og med gjentakintervall på 200 år. 200-årsflommen estimeres til å være 3,8 m³/s som tilsvarer en spesifikk verdi på 1652 l/s/km².



Figur 30 Første estimat av 200-årsflommen for Lundebecken. Verdiene som står i parentes viser usikkerhetsintervallet (2,5- og 97,5-persentilen).

Velg beregningsmetode

For å vurdere om flomestimatet for Lundebecken er rimelig, er det i kapittel 6 anbefalt å bruke flere beregningsmetoder. Figur 30 viser at det for Lundebecken sitt felt på 2,3 km² er tre metoder som kan brukes; RFFA-NIFS, frekvensanalyser og PQRUT.

I avsnittet over har vi funnet et foreløpig estimat med RFFA-NIFS, som vi bruker til å sammenligne flomestimatet fra andre metoder med.

Flomfrekvensanalyse

Selv om målestasjonene i figur 29 ikke forventes å være representative for Lundebekken, er det nyttig å se på de observerte flomverdiene i området. Det gir et inntrykk av variasjon og størrelsesorden, selv om Lundebekken forventes å ha en større spesifikk kulminasjonsflom enn alle disse feltene. Resultatene fra flomfrekvensanalyser utført på tidsseriene til målestasjonene er oppsummert i tabell 13.

Flomfrekvensanalysene viser at det er store forskjeller i de spesifikke flomstørrelsene i de fire nedbørfeltene. Spesifikk 200-årsflom varierer fra 378 l/s/km² for Kuggerud til 1574 l/s/km² for Fura. Kuggerud har det største nedbørfeltet, høyest effektiv sjøprosent og lavest normalavrenning, mens Fura har nest minst feltareal, lavest effektiv sjøprosent og høyest normalavrenning av de fire nedbørfeltene. Fura er også den stasjonen som ligger nærmest Lundebekken.

Tabell 13: Resultater fra flomfrekvensanalyser fra målestasjoner i området rundt Lillehammer

Stasjonsnr.	Stasjonsnavn	Areal (km ²)	QM (l/s/km ²)	Q200 (l/s/km ²)
2.323	Fura	36,4	616	1574
2.616	Kuggerud	48,3	135	378
2.1	Hådammen	37,9	293	671
2.592	Fokstua	26,5	391	962

I Lundebekken er det ingen vannføringsmålestasjoner, men det finnes noen representative stasjoner i regionen. Av de representative stasjonene som ble funnet i Tabell 11, er tre av stasjonene vurdert til å ikke være representative. De tre målestasjonene hadde Q₂₀₀ på under 1000 l/s/km², mens RFFA-NIFS (Figur 30) gir Q₂₀₀ for Lundebekken på 1600 l/s/km².

Den mest representative av stasjonene er 2.323 Fura, men denne har et mye større feltareal, og er dekt av en større prosentdel skog. Derfor vil den endelige flomverdien til Fura heller ikke være en god representativ stasjon for Lundebekken. Siden det ikke er funnet noen egnede representative stasjoner for Lundebekken, velger vi derfor i dette tilfellet å ikke gå videre med flomfrekvensanalyser, men man har sammenligningsverdier for Q_M og Q₂₀₀ i tabell 13.

Vi velger å bruke nedbør-avløpsmodellen PQRUT, siden feltet til Lundebekken er større enn 2 km², den effektive sjøprosenten er 0 %, og vi gjør en beregning for gjentaksintervallet på 200 år.

Nedbør-avløpsmodell PQRUT

For å utføre beregninger med nedbør-avløpsmodellen [PQRUT](#) skal modellen først kalibreres. Ettersom det ikke foreligger noen observasjoner å kalibrere mot, estimeres modellparametrene K₁, K₂ og T ved hjelp av ligningene i Vedlegg H.2.2. Slik kalibrerer du modellparametre i PQRUT. I tillegg må det

bestemmes en dimensjonerende nedbørverdi og en konsentrasjonstid. For Lundebecken er modellparametrene estimert til

$$K_1 = 0,240 \quad K_2 = 0,065 \quad T = 25,6 \text{ mm}$$

For å bruke PQRUT må en bestemme konsentrasjonstiden, T_c . En pragmatisk måte å estimere T_c på er å anta en vannhastighet på 1–2 m/s og dele på feltlengden. I dette tilfellet ble det brukt en hastighet på 1,5 m/s, som gir følgende estimat av konsentrasjonstiden:

$$T_c = \frac{4100 \text{ m}}{1,5 \text{ m/s}} = 2733 \text{ s} = 46 \text{ min} \rightarrow 1 \text{ time}$$

Når en bruker PQRUT, er det viktig å huske på at modellen har timesoppløsning som fineste tidskritt. I veldig små nedbørfelt som Lundebecken, som ligger helt i grenseland for anbefalt areal, kan kulminasjonsverdien være vesentlig større enn timesgjennomsnittet. Følgelig vil modellresultatet være noe lavt selv om en antar at simulert timesverdi er korrekt.

For å bestemme dimensjonerende nedbør følges anbefalingene i *Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger*. For å få et første estimat av dimensjonerende døgnnedbør anvendes figur 22. Kartet gir at nedbørverdien bør ligge i størrelsesorden 75–125 mm. Kartutsnittet (figur 31) fra [NVE Seriekart](#) viser at det ligger fire nedbørstasjoner i området rundt Lundebecken. Frekvensanalyser fra disse stasjonene gir 200-års døgnverdier på mellom ca. 85 og 110 mm (tabell 14). De høyeste observerte døgnverdiene fra disse fire stasjonene er 62 mm (Lillehammer – Sætherengen), 80 mm (Vea), 82 mm (Biri), og 78 mm (Sjusjøen – Storåsen).



Figur 31 Nedbørstasjoner i nærheten av Lillehammer funnet ved bruk av [NVE Seriekart](#).

På bakgrunn av frekvensanalysen for Lillehammer – Sætherengen og de regionale analysene settes dimensjonerende døgnnedbør til 90 mm.

Tabell 14: Resultater fra frekvensanalyser på døgndata for fire nedbørstasjoner i området rundt Lundebecken (P200-døgn multipliseres med faktor 1,13 for å regne om fra kalenderdøgn til vilkårlige 24-timers verdier)

Stasjonsnr	Stasjonsnavn	Periode	P200-døgn (mm)	P200-24 timer (mm)	Fordeling	Høyeste obs (mm)
12680	Lillehammer-Sætherengen	1983-2020	79	89	Gumbel	62
11900	Biri	1896-2020	95	107	GEV	82
12600	Vea	1967-2020	77	87	GEV	80
12960	Sjusjøen-Storåsen	1978-2004	87	98	Gumbel	78

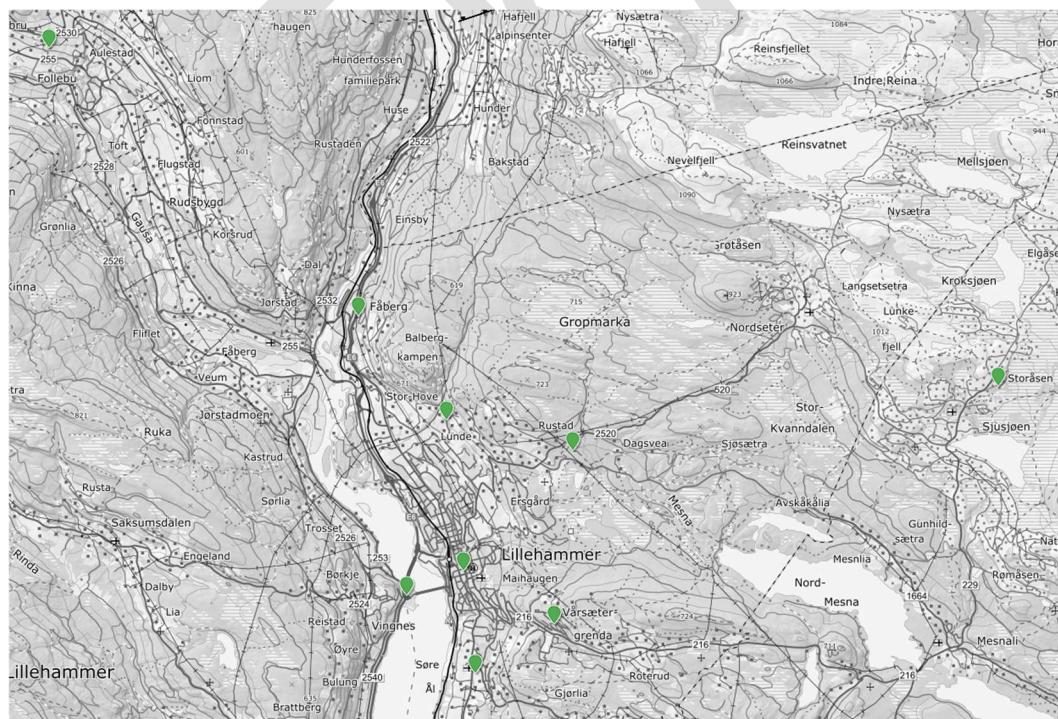
For å bestemme dimensjonerende verdier for timesnedbør anvendes Figur 24 for å få et førsteinntrykk. I dette kartet ligger Lillehammer i en sone hvor 200-års timesnedbør forventes å ligge mellom 20 og 35 mm. Rett sør for Lundebecken er det utarbeidet IVF-statistikk for Lillehammer som er tilgjengelig hos Norsk klimaservicesenter. IVF-kurven for 200-års gjentaksintervall for nedbørstasjonen ved Lillehammer er oppsummert i tabell 15.

Tabell 15: IVF-statistikk for Lillehammer hentet fra Norsk klimaservicesenter.

Område	Periode	P ₂₀₀ (1time)	P ₂₀₀ (3 timer)	P ₂₀₀ (6 timer)	P ₂₀₀ (12 timer)	P ₂₀₀ (24 timer)
Lillehammer	1969 – 1991	19,4	27,6	42,3	42,8	57,9

IVF-statistikk på korttidsnedbør er beheftet med stor grad av usikkerhet grunnet både korte tidsserier og lav stasjonstetthet. Det er derfor alltid nødvendig å gjøre en vurdering av nedbørestimatene ved å inkludere tilgjengelig informasjon fra området. Som supplement til regresjonsanalysene i Figur 24 og eventuelle nærliggende nedbørstasjoner med tilgjengelig IVF-statistikk kan figur 23 brukes i kombinasjon med estimert 24-timersverdi. For Innlandsregionen ligger timesverdien i størrelsesorden 36 prosent av døgnerverdien. Dette gir en timesverdi på 32 mm (36 prosent av 90 mm/24 t). IVF-statistikken for Lillehammer fra Norsk klimaservicesenter gir et vesentlig lavere estimat på 24-timersverdien (57,9 mm) enn analysen utført på flere stasjoner i området (90 mm). For å undersøke rimeligheten av 1-times-estimatet må en sjekke hva som er tilgjengelig av observert korttidsnedbør i området.

Det finnes ikke stasjoner med lange tidsserier med timesoppløsning i området, men det finnes flere stasjoner som har observasjoner de siste årene. Figur 32 viser utklipp fra [Seklima](#) med oversikt over nedbørstasjoner med timesoppløsning i området rundt Lillehammer.



Figur 32 Oversikt over nedbørstasjoner med timesdata i området rundt Lillehammer, funnet på [Seklima](#).

For å vurdere rimeligheten av estimatet i tabell 15 undersøkes observerte nedbørintensiteter ved disse stasjonene. Gjennomgangen av nedbørstasjonene i området er oppsummert i tabell 16 og viser at det ved tre hendelser siden 2017 er registrert timesnedbør på over 15 mm. Under nedbørepisoden 1. september 2019 ble det registrert høye timesverdier for fire av de seks stasjonene rundt Lillehammer. Én av dem (Lillehammer – Vårsætergrenda) registrerte en verdi som er marginalt høyere enn 200-årsestimatet fra tabell 15.

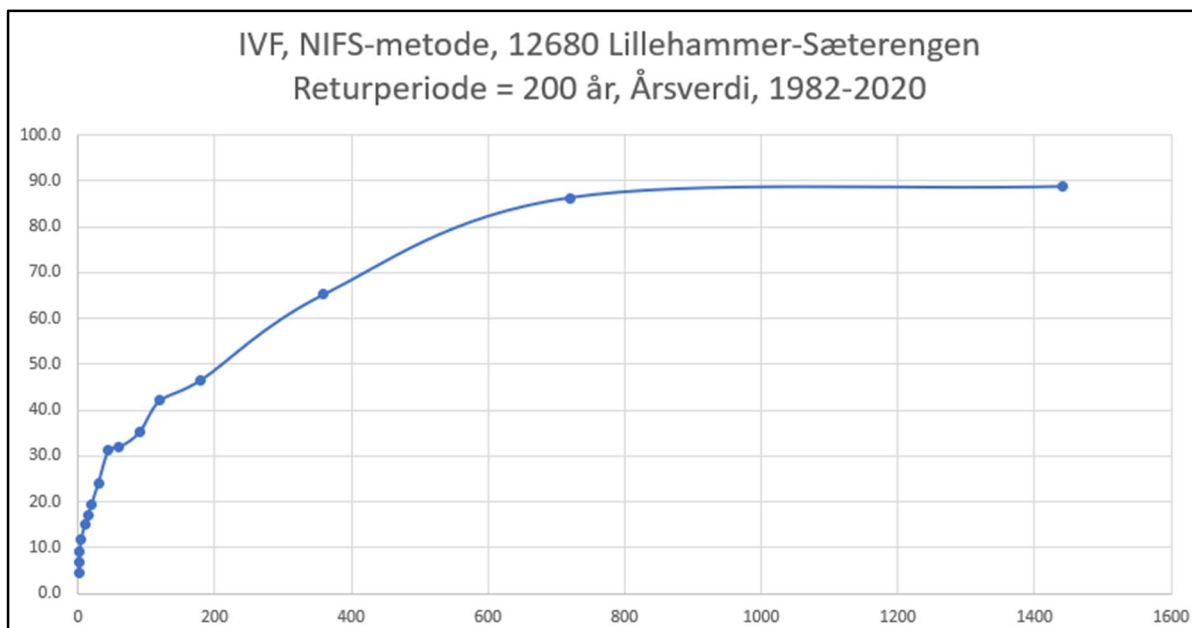
Tabell 16: Stasjoner med kortidsnedbør i området rundt Lillehammer med høyeste observerte timesnedbør.

Målestasjon	Periode	Maks obs. timesnedbør (mm)	Dato
Fåberg	Okt 2018 - Nov 2021	16.7	14.06.2021
Lillehammer-Bjørnerud	Jun 2017 - Nov 2021	15.4	16.08.2018
Lillehammer-Nordsetervegen	Jun 2017 - Nov 2021	17.9	01.09.2019
Lillehammer-Rådhuset	Mai 2018 - Nov 2021	13.3	01.09.2019
Lillehammer-Vårsætergrenda	Jun 2017 - Nov 2021	19.9	01.09.2019
Lillehammer-Sætherengen	Jun 2019 - Nov 2021	16.5	01.09.2019

Gjennomgangen og vurderingen av nedbørforholdene rundt Lillehammer gir flere grunner til å stille spørsmål ved IVF-statistikken i Tabell 15. Timesestimater ligger lavere enn verdiene fra den regionale analysen i Figur 24. Døgnverdiene i Tabell 15 ligger vesentlig lavere enn estimatene fra flere målestasjoner i området (Tabell 14). IVF-statistikken er beregnet på bakgrunn av forholdsvis gamle data (1969–1991) og en kort tidsserie. I tillegg viser observasjoner fra området rundt Lillehammer at det er observert høye timesverdier ved flere anledninger de seneste årene (Tabell 16). På bakgrunn av dette anses IVF-kurven fra Tabell 15 å gi et for lavt estimat for Lillehammer og Lundebecken⁷. I stedet benyttes tilnærmingen som bruker 24-timers estimat, i kombinasjon med Figur 23. Resultatet fra analysen gir IVF-kurven for 200-års gjentaksintervall vist i figur 33.

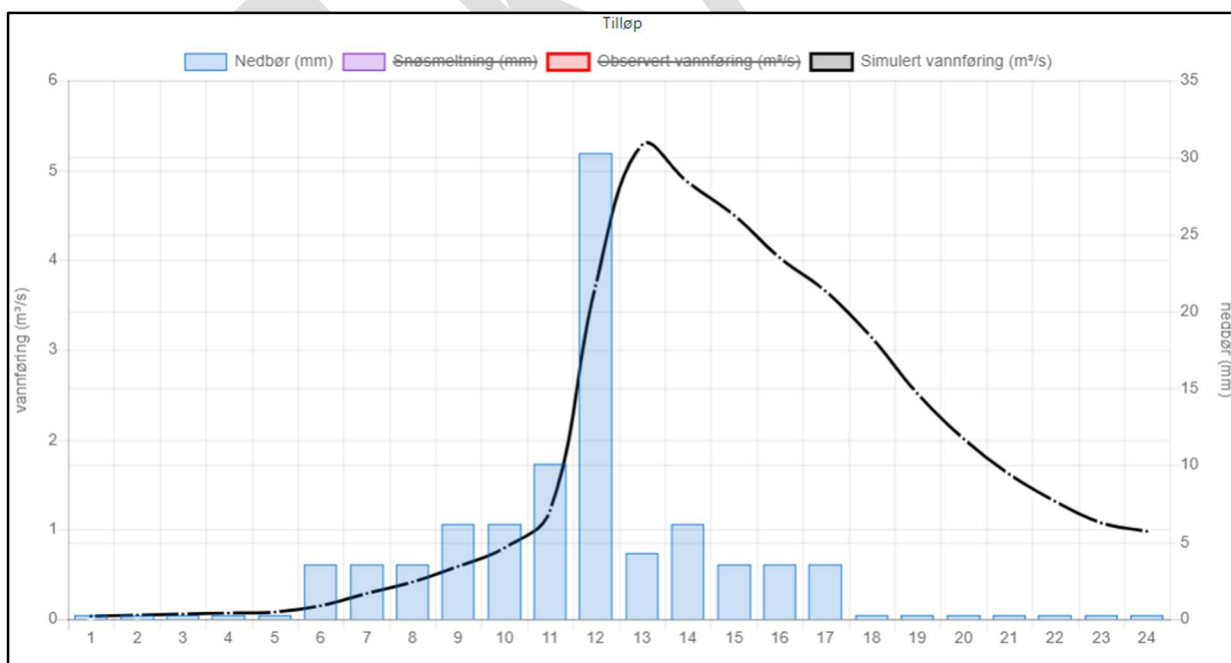
Beregnet nedbør er en representativ punktverdi for nedbørfeltet. Det betyr at det i en nedbørsituasjon vil falle mer nedbør enn punktverdien i deler av feltet og mindre i andre deler. Punktverdien må derfor omregnes til arealverdi, dvs. justeres for «samtidighet», ved hjelp av såkalte arealreduksjonsfaktorer (ARF). Dette gjøres etter anbefalingene i *Vedlegg G: Ekstremnedbør i flomberegninger* og tabell 7. Tabell 7: Anbefalte arealreduksjonsfaktorer for ulike feltstørrelser (km²) og varigheter (t). Faktorene er basert på Figur 1 i Beregning av ekstremnedbør (Førland, 1987).

⁷ På oppdrag fra Lillehammer kommune har Norconsult AS utarbeidet [nye IVF-kurver](#) for Lillehammer. Lillehammer kommune anmoder konsulentfirmaer om å ta i bruk de nye kurvene. I Lillehammer kommunes [temaplan for overvann](#) skriver kommunen bl.a. «IVF-kurven for nedbørstasjonen Lillehammer vurderes som ikke representativ for korttidsnedbør i Lillehammer da den gir for lave verdier i forhold til virkelige verdier.» Kommunens konklusjon stemmer med konklusjonen i dette regneeksemplet.



Figur 33 IVF-kurve for Lundebecken basert på analyse av døgnnedbør og nedbør i prosent av døgn (figur 23). Y-aksen viser mm nedbør og x-aksen viser varighet i minutter.

Resulterende IVF-kurve for Lundebecken benyttes så for å konstruere nedbørforløpet. Feltparametre og nedbørforløp ble lagt inn i PQRUT, og resultatet fra kjøringen er vist i figur 34. Kjøringen ga en flom med 200-års gjentakintervall på $5,3 \text{ m}^3/\text{s}$, som tilsvarer 2304 l/s/km^2 . Igjen må en huske på at kulminasjonsverdien for veldig små nedbørfelt som Lundebecken kan være vesentlig større enn timesgjennomsnittet. Følgelig vil modellresultatet være noe lavt selv om en antar at simulert timesverdi er korrekt.



Figur 34. Estimat av 200-års flom ved bruk av PQRUT med modellparametre estimert fra Filipova mfl. (2016).

Sammenligning av resultater og valg av dimensjonerende flomestimat

Denne flomberegningen har hatt et svært begrenset datagrunnlag. I mangel av gode representative vannføringsstasjoner i området ble flomstørrelsene beregnet ved bruk av formelverk og PQRUT. Resultatene i Tabell 17 er sprikende.

Tabell 17: Resultater fra metodene RFFA-NIFS, RFFA-2018 og PQRUT for Lundebecken.

Metode	Q ₂₀₀ (m ³ /s)			Q ₂₀₀ (l/s/km ²)		
	2,5 persentil	Median	97,5 persentil	2,5 persentil	Median	97,5 persentil
RFFA-NIFS	1,9	3,8	7,5	812	1652	3246
RFFA-2018	1,3	2,4	4,8	565	1046	2087
PQRUT		5,3			2304	

Når det utføres flomberegninger for nedbørfelt i områder hvor det er så begrenset datagrunnlag som for Lundebecken, kan det være utfordrende å bestemme dimensjonerende flomverdi. Lundebecken ligger i et område hvor avrenningskartet er usikkert, og grunnet datamangel (representative stasjoner) kan det ikke forventes å få et godt estimat av middelflommen gjennom erfaringstall og formelverk.

Metodene som er brukt i dette regneeksemplet, gjelder for naturlige felt, og nedbørfeltet til Lundebecken er urbanisert i nedre deler. Følgelig er ikke Lundebecken et felt som veilederen direkte omfatter. Det betyr imidlertid ikke at tilnærmingene som presenteres i veilederen ikke kan brukes, men heller at dette bør tas i betraktning når det utføres flomberegninger for denne typen nedbørfelt. Urbane områder, med tette flater, medfører typisk en raskere avrenning og følgelig større flomtopp. Det er derfor ikke unaturlig å tro at formelverket, som baserer seg utelukkende på naturlige felt, kan gi en noe lav verdi for Lundebecken. Med bakgrunn i dette settes Q₂₀₀ for Lundebecken til 4,6 m³/s = 2000 l/s/km².

Sammenlign flomestimatet med andre flomberegninger, observasjoner og estimat

I [Flomrapportdatabasen](#) finner vi noen flomberegningsverdier i området rundt Lillehammer. Verdiene er basert på beregninger fra 2014. Ett av punktene flomberegningen er gjort for er Lundebecken, men lenger nedstrøms enn punktet vi har gjort beregningen for. For et felt på 2,8 km² kom de frem til at Q₂₀₀ for Lundebecken var 11 m³/s = 3930 l/s/km². Beregningen er gjort med eldre datagrunnlag, og med andre anbefalinger enn dagens veiledning baserer seg på. I *Vedlegg J: Erfaringstall for flomestimater* kan man for Østlandet komme opp i 2000–2500 l/s/km². Det antyder at flomestimatet fra andre beregninger kan virke noe høyt, og at det er mer rimelig å sette Q₂₀₀ for Lundebecken til 4,6 m³/s = 2000 l/s/km².

Vurdering av usikkerheter i flomestimatet og det hydrologiske grunnlaget

På bakgrunn av et svært begrenset hydrologisk datagrunnlag, og også begrensede erfaringstall i regionen, vurderes flomberegningen for Lundebecken til å være i klasse 5 «Begrenset hydrologisk datagrunnlag og store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området», som er den laveste klassen i Tabell 5.

Klimapåslag på flomestimatet

For å dimensjonere for fremtidig klima anbefales det å legge til et klimapåslag. Gjennom tilnærmingen beskrevet i kapittel 1569 kan en finne at det for små nedbørfelt på Østlandet anbefales et klimapåslag på minst 20 prosent. Med tanke på hvor lite feltet til Lundebecken er, samtidig som det er veldig bratt, kan man i dette tilfellet vurdere et større klimapåslag enn 20 prosent. Ved å bruke resultatene fra «Klima i Norge 2100» settes klimapåslaget for Lundebecken til 40 prosent. Følgelig blir 200-årsflommen med klimapåslag for Lundebecken $1,4 \cdot 4,6 \text{ m}^3/\text{s} = 6,4 \text{ m}^3/\text{s} = 2800 \text{ l/s/km}^2$.

UTKAST

Vedlegg N: Regneeksempel: Regulert nedbørfelt

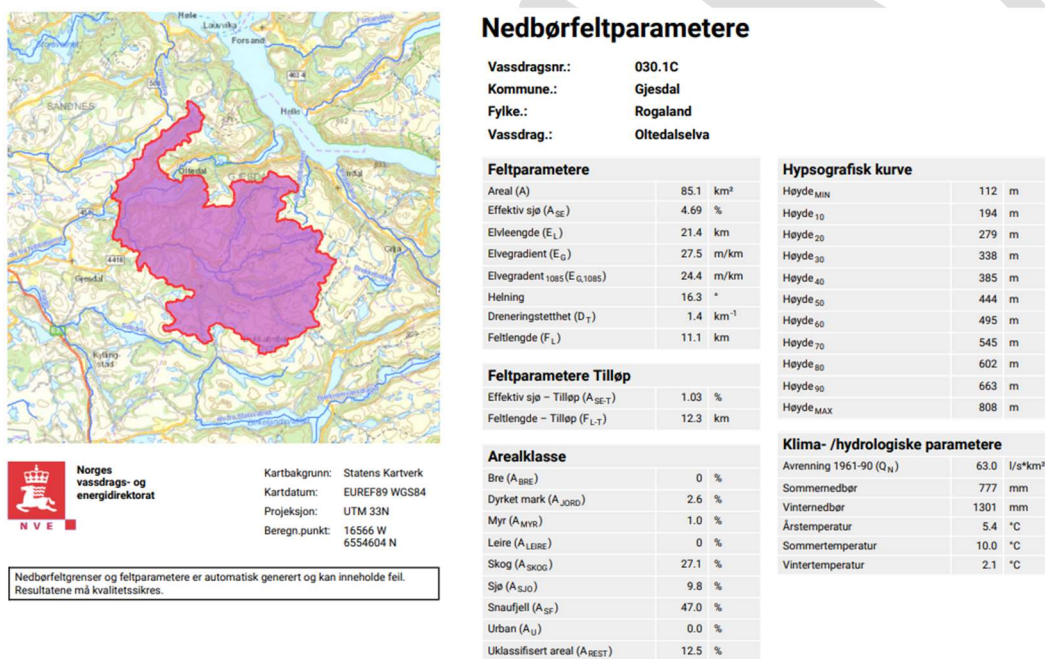
Dette regneeksemplet er likt som i NVE Veileder 1/2022, og vil bli gjennomgått og tilpasset NVE Veileder X/2025 før publisering.

Dette regneeksemplet viser en beregning av 200-årsflom i Oltedalselva ved Oltedal, basert på datagrunnlag fra 2020. Beregningen er på ingen måte komplett, men er ment å illustrere bruk av metoder og anbefalinger i denne veilederen. Resultatene er ikke endelige, men representerer foreløpige resultater ut fra analysene som er gjort.

Vi har lagt vekt på å vise enkelte nye metoder og anbefalinger innen flomfrekvensanalyser. En beregnet tilsigs-/tilløpsserie for Oltedalsvatn er sentral i vurderingene og analysene som gjøres.

Beskrivelse av vassdraget

Oltedalsvatn ligger 111 moh. omkring to mil øst for Sandnes i Rogaland. Ved utløpet av Oltedalsvatn ligger tettstedet Oltedal. Nedbørfeltets areal er 85 km². De høyereliggende delene av feltet består av et småkupert terreng med mange små innsjøer. Vålandsknuten, som ligger øst i nedbørfeltet, er høyeste punkt i feltet med drøyt 800 moh. Effektiv sjøprosent for nedbørfeltet til Oltedalsvatn er i NEVINA beregnet til 1 prosent eksklusivt magasinarealet (figur 35) og 4,7 prosent inkludert magasinet.



Figur 35. Rapport fra NEVINA med opplysninger om feltparametre for Oltedalsvatn.

Reguleringer

Oltedalsvassdraget har vært regulert siden 1909. Oltedal kraftverk har inntak i Oltedalsvatn, og driftsvannføringen kommer ut i Oltedalselva rett nedstrøms Oltedal sentrum. I 2014–2015 ble dammen revet og erstattet av en ny dam.

Det er to mindre magasiner oppstrøms Oltedalsvatn. Madlandsvatn ligger ca. 250 moh. og Kvitlavatn ca. 350 moh. Noen data for kraftverkene og tilhørende magasiner er gitt i tabell 18. Verdiene for HRV, LRV og magasinivolum er fra [NVE-Atlas](#). Reguleringsgrad – magasin for Oltedal kraftverk er 19 prosent.

Tabell 18: Kraftverk og magasiner i Oltedalsvassdraget.

Kraftverk	Nedbørfelt	Maksimal slukeevne	Årstilsig	Magasinivolum
Oltedal kraftverk	85 km ²	16,4 m ³ /s	169 mill. m ³	32 mill. m ³
Magasin	Nedbørfelt	HRV	LRV	Magasinivolum
Kvitlavatn	12 km ²	354,2 moh.	351,2 moh.	1,0 mill. m ³
Madlandsvatn	55 km ²	249,6 moh.	248,0 moh.	2,0 mill. m ³
Oltedalsvatn	85 km ²	111,47 moh.	100,47 moh.	28,8 mill. m ³

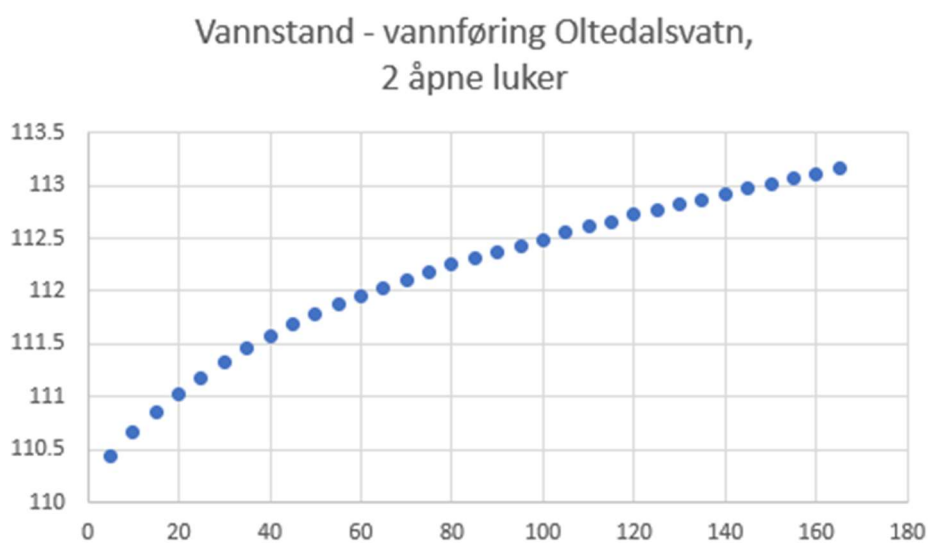


Figur 36 Oltedalsvatn, utløp er markert med rødt og Oltedal kraftverk, som har inntak i Oltedalsvatn, er markert med svart firkant.

I dette regneeksemplet er det gjort en forenkling ved at de to magasinene Kvitlandsvatn og Madlavatn er regnet som uregulerte. Det vil si, de inngår i beregningen av feltparametre for totalfeltet til

Oltedalsvatn. Derfor er det heller ikke foretatt separat ruting av lokale tilløpsflommer til disse magasinene.

Dam Oltedalsvatn ligger i elveleiet om lag 300 meter nedstrøms utløpet av vannet. Dammen ble nybygd i 2014–2015 og består av en betongterskel med topp på HRV 111,45 moh. og to klappeluker som hver er 7 meter brede og 1,5 meter høye. Terskelnivå på lukene er på kote 109,95. I henhold til SWECO-rapport «Flomberegninger for dammer i Oltedalsvassdraget» fra 2013 er avløpskapasiteten, forutsatt at begge lukene er åpne, ca. 35 m³/s ved HRV (111,45 moh.) økende til 95 m³/s ved en vannstand som er ca. 1 meter over HRV.



Figur 37 Kapasitetskurve for luker Oltedalsvatn, gitt to åpne luker. Vannstand på y-akse er gitt i moh og vannføring x-akse i m³/s. Kilde: SWECO (2013).

For Oltedalsvatn benyttes en magasincurve (tabell 19) fra Hydra II. For vannstander over HRV gir magasincurven et magasinareal på ca. 3,1 km². Dette harmonerer godt med beregnet sjøareal ved HRV i NVE-Atlas, som for Oltedalsvatn er 3,13 km².

Tabell 19: Magasincurve Oltedalsvatn.

Vannstand	Magasinvolum
LRV = 100,47	0
106	12,9 mill. m ³
HRV = 111,47 moh.	28,8 mill. m ³
114	36,6 mill. m ³

Finn representative vannføringsstasjoner

Ved bruk av NVE Seriekart er det plukket ut fire vannføringsstasjoner som er nyttige til vurdering av flomanalyser for Oltedalsvatn (figur 38 og tabell 20). Det fins også andre stasjoner som kan være aktuelle å benytte, men i dette eksemplet er det kun tatt med et lite utvalg.

Stasjonene Helleland og Liarvatn er noe påvirket av regulering, begge har lav reguleringsgrad – magasin (ca. 5 prosent). Flomverdiene ved disse stasjonene antas derfor å være lite endret som følge av reguleringene.



Figur 38 Vannføringsstasjoner i rimelig nærhet av Oltedal.

Tabell 20: Hydrologiske målestasjoner med utvalgte feltegenskaper i rimelig nærhet av Oltedalsvatn. Spesifikt årsavløp er beregnet fra avrenningskart 1961–90.

St.nr.	St.navn	Obs.periode	Ant. År	Areal (km ²)	Q _N (l/s/km ²)	A _{se} (%)	Medianhøyde (moh.)
	Oltedalsvatn			85,1	63	1,1 (4,69)	444
24.9	Tingvatn	1923–2020	98	272	60	3,1	588
27.15	Austrumdal	1986–2020	35	61	95	5,5	659
27.24	Helleland	1897–2020	122	185	80	1,1	487
32.6	Liarvatn	1915–2020*	90	56	68	3,8	602

* For Liarvatn er det mangelfulle observasjoner i periodene 1927–35, 1958–60 og 1994–96

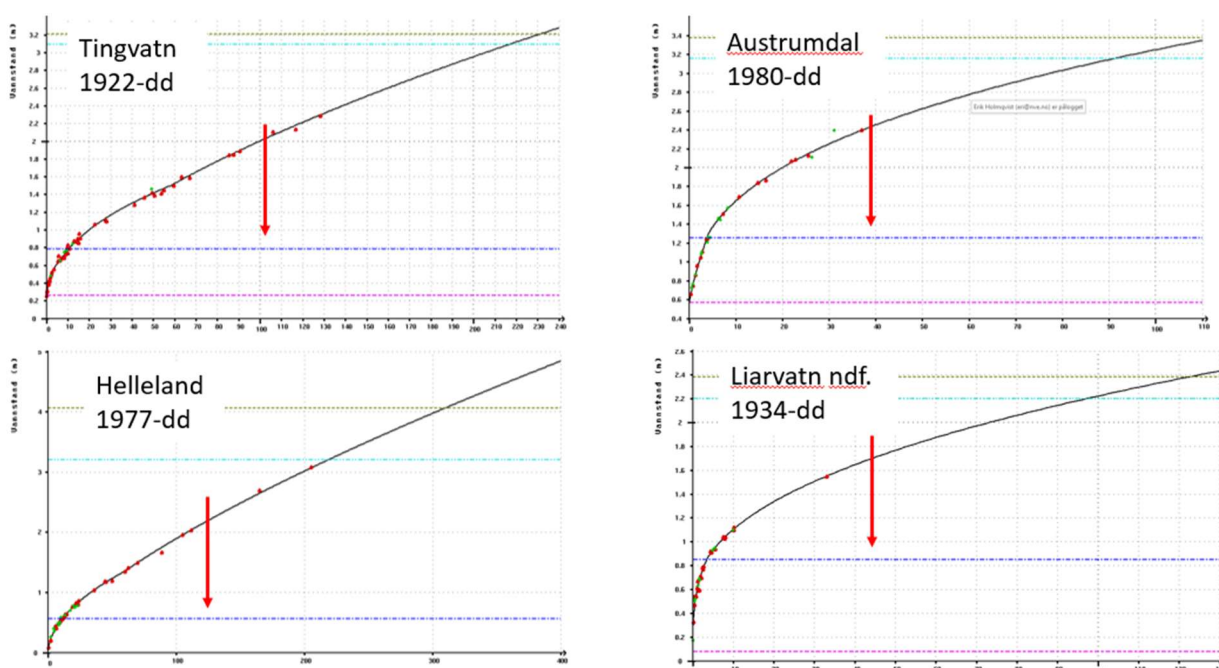
Ut fra en sammenligning av feltparametre kan en vente at spesifikk middelflom for tilløpet til Oltedalsvatn (lavere effektiv sjøprosent, mindre feltareal og noe større middelavrenning) er høyere enn for Tingvatn (avløp). For de øvrige målestasjonene drar noen feltparametre i retning av større spesifikke flomverdier og andre mot mindre spesifikke flomverdier enn for Oltedalsvatn.

For disse fire stasjonene er [NVE Seriekart](#) benyttet for å få informasjon om kvaliteten til de enkelte vannføringskurvene. Kvaliteten er delt i fem klasser: meget bra, bra, middels, dårlig og meget dårlig. For de fire stasjonene som er benyttet i dette eksemplet, får Liarvatn «middels» kvalitet og de øvrige «bra» kvalitet for store vannføringer (tabell 21). Stor vannføring er vannføringer større enn beregnet 75-persentil, dvs. at i gjennomsnitt 1 av 4 dager i året har stor vannføring. Stor vannføring er derfor ikke nødvendigvis en flomvannføring.

Vannføringskurvene for disse fire stasjonene er også plottet ved bruk av «VFTAB» (et av programmene i Hydra II) hvor også beregnet middelflom for hver stasjon er markert (figur 39). For Helleland og Tingvatn er det flere vannføringsmålinger som er på nivå med eller større enn middelflom. Flomverdiene for disse to stasjonene antas derfor å være gode. For spesielt Liarvatn, men også Austrumdal er det få målinger opp mot middelflom og ingen over dette nivået. Disse flomverdiene må derfor antas å være noe mer usikre enn for Helleland og Tingvatn. Ut fra tabell 21 og figur 39, er det rimelig å anta at de beregnede flomverdiene fra Liarvatn har størst usikkerhet.

Tabell 21: Kurvekvalitet for sammenligningsstasjonene ved stor (>75-persentil), middels (25–75-persentil) og liten (< 25-persentil) vannføring.

St.nr.	St.navn	Stor vannføring	Middels vannføring	Liten vannføring
24.9	Tingvatn	Bra	Bra	Bra
27.15	Austrumdal	Bra	Bra	Bra
27.24	Helleland	Bra	Bra	Bra
32.6	Liarvatn	Middels	Middels	Meget dårlig



Figur 39 Vannføringskurver for fire stasjoner i nærheten av Oltedal. På y-aksene er det vannstand og på x-aksen vannføring i m³/s. Vannføringsmålinger som ligger til grunn for kurven, er markert med røde punkter, og målinger som er gjort etter at

kurven ble generert, er markert med grønne punkter. Nivået for midlere flom er markert med rød pil. Høyeste observerte døgn- og momentanvannstand er markert med indigo og brun stiplet strek.

I tabell 22 er beregnet middelflom for målestasjonene gitt. Verdien for Liarvatn synes å være høy sammenlignet med de øvrige. Ut fra effektiv sjøprosent og middelavrenning ville en forventet lavere verdier her enn for eksempel for Helleland. Ut fra disse sammenligningsstasjonene forventes det at midlere tilløpsflom for Oltedalsvatn er større enn 380 l/s/km², men mindre enn 600–700 l/s/km².

Tabell 22: Middelflom ved målestasjoner i rimelig nærhet av Oltedalsvatn. Tall i parentes er for årene 2014–2020, dvs. de årene hvor en har samtidige tilløpsdata for Oltedalsvatn (se senere avsnitt).

St.nr.	St.navn	Obs.periode	Ant. år	Middelflom (m ³ /s)	Middelflom (l/s/km ²)
24.9	Tingvatn	1923–2020	98	103	377 (436)
27.15	Austrumdal	1986–2020	35	39	641 (719)
27.24	Helleland	1897–2020	122	113	610 (655)
32.6	Liarvatn	1915–2020*	90	44	780 (782)

* For Liarvatn er det mangelfulle observasjoner for 1927–35, 1958–60 og 1994–96

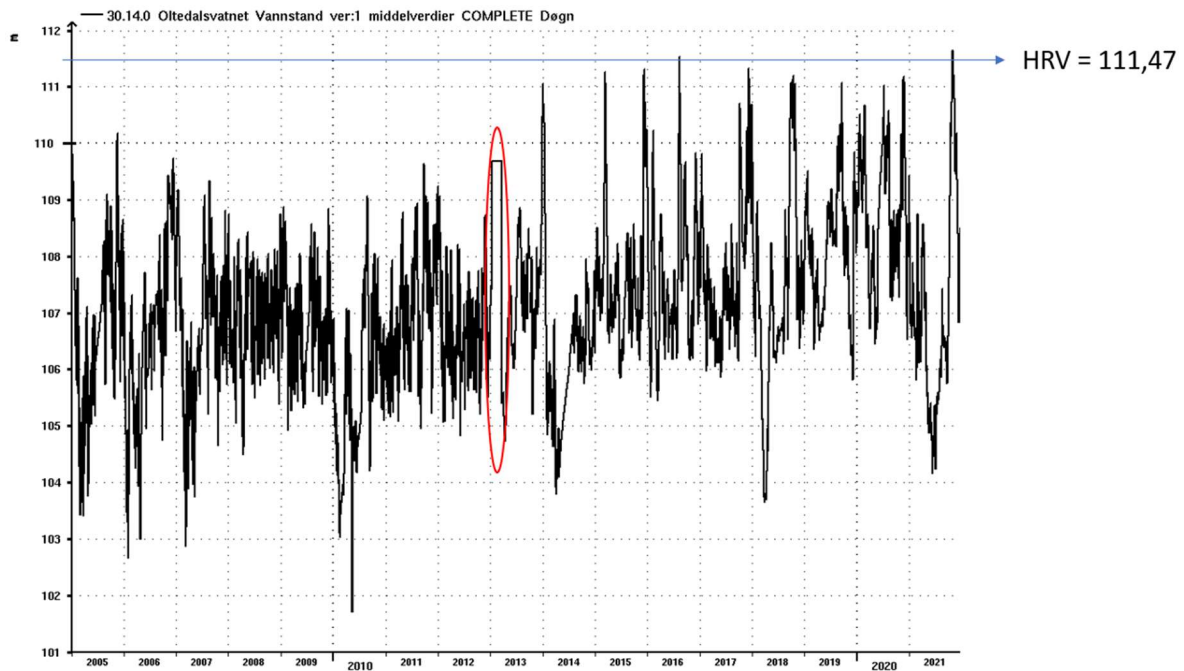
Hente ut foreløpig flomestimat fra formelverk

Regionalt formelverk (RFFA-2018) gir en medianflom (tilløp) til Oltedalsvatn på 496 l/s/km², men med et usikkerhetsintervall (2,5- og 97,5-persentilen) som spenner fra ca. 280 til 880 l/s/km².

En spesifikk middel-/medianflom på omkring 500 l/s/km² harmonerer godt med spesifikke flomverdier fra nabostasjonene.

Beregning av tilløpsserie basert på magasindata

I NVEs database finnes det for Oltedalsvatn daglige magasin vannstander siden 2005. Figur 40 viser at vannstanden kun har vært over HRV (111,47 moh) i Oltedalsvatn to ganger siden 2005. Det var i august 2016 (111,54 moh) og oktober 2021 (111,65 moh). En gjennomgang av magasindataene tyder på at datakvaliteten er vesentlig bedre fra 2014 og fremover enn tidligere. I årene før 2014 er det mye «støy» som gir mange kunstige flomtopper.

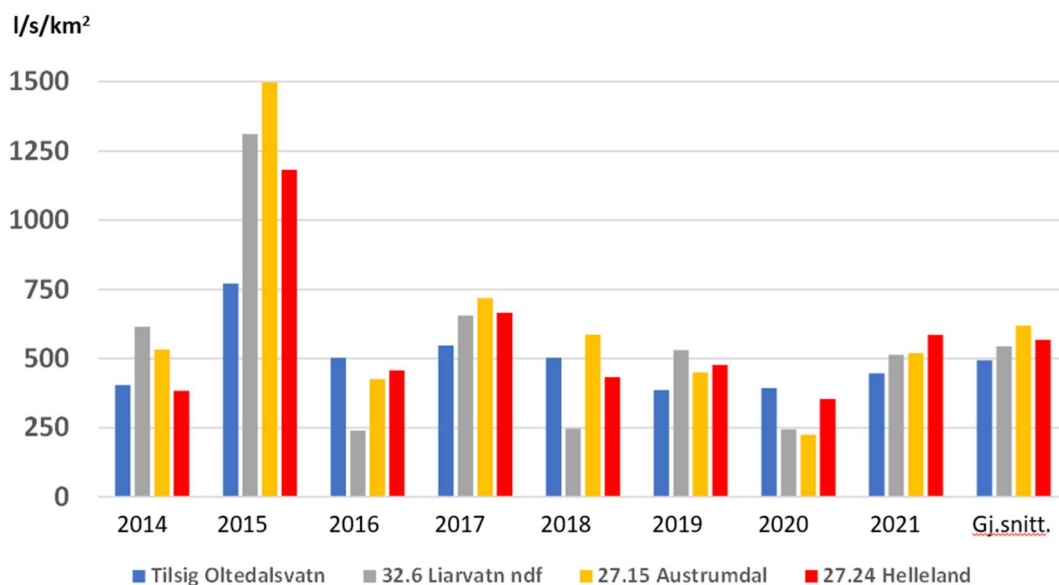


Figur 40 Magasin vannstand i Oltedalsvatn (2005–2021). Rød ring i starten av 2013 markerer en periode hvor vannstandsdataene antas å være feil. Det er generelt bedre kvalitet (mindre «støy») i vannstandsdataene etter 2014 enn i tidligere år.

Det er derfor beregnet en tilløpsserie til Oltedalsvatn fra 2014 og fremover. Tilløpet er beregnet som endring av magasin volum i Oltedalsvatn fra en dag til neste (usentrerte differanser) pluss driftsvannføring gjennom Oltedal kraftverk og eventuelt flomtap (spill og tapping gjennom luker). For disse årene har Lyse Produksjon AS oversendt timesdata for driftsvannføring gjennom Oltedal kraftverk og for spill og tapping gjennom lukene i Oltedalsvatn. Dette er så omregnet til døgnmidler. Det er ved beregning av tilløpserien sett bort fra magasinendringer i Kvitlavatn og Madlandsvatn. Hvis vi hadde tatt hensyn til disse også, ville vi fått en tilsigsserie (i stedet for en tilløpsserie) til Oltedalsvatn, men data fra disse to mindre magasinene har en del støy som forstyrrer beregningene, og de er derfor utelatt.

Største årlige tilløpsflom (døgn) til Oltedalsvatn, er sammenlignet med observasjoner fra tre vannføringsstasjoner (27.24 Helleland, 27.6 Austrumdal og 32.6 Liarvatn ndf.). Tilløpsflommene er illustrert i figur 41 sammen med samtidig observerte spesifikke vannføringer (+/- 1 dag) ved målestasjonene. De beregnede tilløpsverdiene for Oltedalsvatn er også gitt i tabell 23. Fra 2014 til 2021 har årlig maksimalt tilløp variert fra i underkant av 400 til nesten 800 l/s/km² og med en middelvei på 494 l/s/km².

Figur 41 viser at beregnede tilløpsflommer til Oltedalsvatn harmonerer godt med observasjoner fra sammenligningsstasjonene, selv om det naturlig nok er lokale forskjeller mellom feltene. Som regel er spesifikk avrenning noe høyere ved én eller flere av nabostasjonene enn for Oltedalsvatn. Det er rimelig siden de også har noe høyere spesifikk middelavrenning enn Oltedalsvatn. I 2020 er imidlertid beregnet tilsig for Oltedalsvatn noe høyere enn for de øvrige stasjonene. Dette var i slutten av desember 2020. For å vurdere rimeligheten av det beregnede tilsiget i 2020 er magasin- og værdata sjekket ekstra nøye for denne episoden.

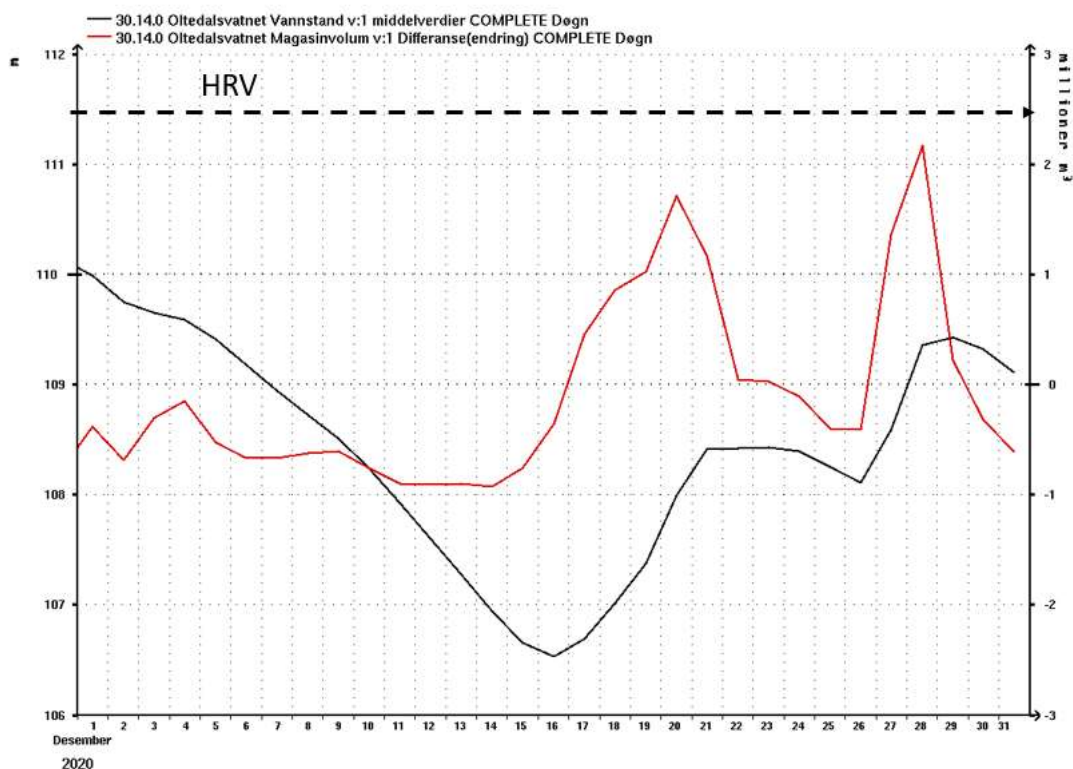


Figur 41 Beregnet årlig maksimalt tilløp til Oltedalsvatn 2014–2021 (blå søyler) og samtidig spesifikk vannføring ved vannføringsstasjonene 32.6 Liarvatn ndf (grå søyler), 27.15 Austrumdal (oransje søyler) og 27.24 Helleland (røde søyler).

Tabell 23: Årlig maksimalt tilløp til Oltedalsvatn beregnet som magasinvolumentring fra en dag til den neste (usentrerte differanser) pluss driftsvannføring og tapping gjennom luker.

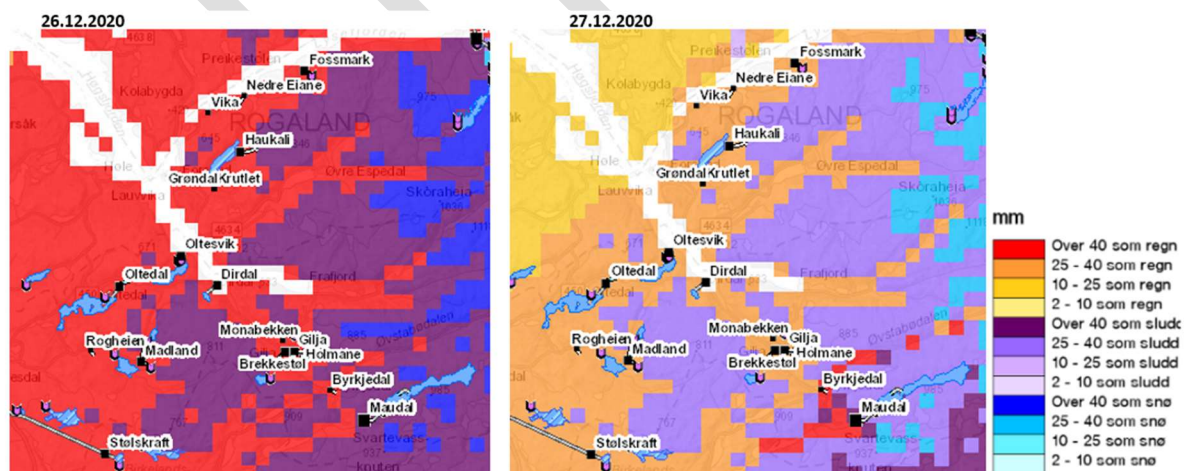
	Volumendring mill. m ³	Volumendring m ³ /s	Driftsvf. m ³ /s	Tapping luker m ³ /s	Sum m ³ /s	Sum l/s/km ²
20.03.2014	1,64	19	16	0	34	404
6.12.2015	4,26	49	16	0,7	66	770
8.2.2016	2,30	27	16	0,1	43	502
3.10.2017	3,21	37	10	0	47	547
22.9.2018	2,71	31	12	0	43	503
15.09.2019	2,35	27	6	0	33	386
28.12.2020	2,17	25	9	0	34	394
29.10.2021	0,95	11	16	11,1	38	447
Gj.snitt 2014–21					42	494
Gj.snitt 2014–20					43	501

Vannstandsdata fra Oltedalsvatn viser at vannstanden var godt under HRV i hele desember 2020, og det er heller ingen åpenbare feil i de registrerte vannstandene. Observasjonene gir en maksimal volumendring fra 27.–28. desember med drøyt 2 millioner m³. Med en driftsvannføring på 9 m³/s blir da beregnet tilsig 34 m³/s eller et spesifikt tilsig på nesten 400 l/s/km².



Figur 42 Observert vannstand i Oltedalsvatn i desember 2020 (svart strek) og magasinvolumentring fra en dag til den neste (rød strek). HRV er markert med svart stiplet strek.

Data fra xgeo.no viser at i slutten av desember 2020 kom det mye nedbør på Sør-Vestlandet. Under 600 moh. kom det vesentligste av nedbøren som regn, høyere opp som sludd og snø. Medianhøyden i feltet til Oltedalsvatn er ca. 440 moh., mens for Austrumdal og Liarvatn er medianhøyden noe over 600 moh. og for Helleland ca. 490 moh. Det synes derfor rimelig at spesifikk avrenning i denne situasjonen var høyere i nedbørfeltet til Oltedalsvatn enn i sammenligningsfeltene.



Figur 43 Observert nedbør i form av regn (rødt-gult), sludd (lilla) og snø (blått) i områdene omkring Oltedal 26. og 27. desember 2020. Kilde xgeo.no.

De beregnede årlige maksimale tilløpene til Oltedalsvatn virker derfor rimelige. Disse beregningene gir en midlere tilløpsflom på omkring 500 l/s/km².

Beregnet midlere tilløpsflom for Oltedalsvatn er som forventet høyere enn for Tingvatn og noe lavere enn for Austrumdal og Helleland, som ligger i et område med noe mer nedbør og høyere spesifikk middelavrenning. Beregnet middelflom for Liarvatn er vesentlig høyere, men denne stasjonen antas å ha større usikkerhet enn de andre på grunn av få vannføringsmålinger ved store vannføringer. I perioden 2014–2020 har sammenligningsstasjonene middelflommer som er 0–16 prosent større enn når hele tidsseriene legges til grunn.

Forenklet lokal + RFFA

Siden det finnes en kort tidsserie på åtte år for tilløpet til Oltedalsvatn, egner denne seg godt til metoden «Forenklet lokal + RFFA» (kapittel 8.4). Dette gjøres ved å legge inn den største observerte tilløpsflommen hvert år for Oltedalsvatn i NEVINA. Observerte medianflom vektet mot regional medianflom beregnet fra RFFA-2018. Resultatene ses i figur 44.

I dette eksemplet korrigeres RFFA-2018-verdien svært lite. Dette skyldes at observerte medianflom og regional medianflom i utgangspunktet er svært like. Ser vi på usikkerhetsestimaterne, ser vi at usikkerheten i estimatene er langt mindre for Forenklet lokal + RFFA.

RFFA				År	
Parameternavn	Flomvannføring (m ³ /s)	95% intervall - nedre grense (m ³ /s)	95% intervall - øvre grense (m ³ /s)	Døgnmiddel (m ³ /s) (RFFA2018)	
Medianflom (Q ₅₀)	42,3	24,9	71,9	2014	34
5-årsflom (Q ₅)	55,4	32,6	94,2	2015	66
10-årsflom (Q ₁₀)	64,3	37,8	109	2016	43
20-årsflom (Q ₂₀)	72,9	42,9	124	2017	47
50-årsflom (Q ₅₀)	84,3	49,6	143	2018	43
100-årsflom (Q ₁₀₀)	93,0	54,7	158	2019	33
200-årsflom (Q ₂₀₀)	101,8	59,9	173	2020	34
2021					38
Egne målinger				40,5 m ³ /s Medianflom (døgn)	
Parameternavn	Flomvannføring (m ³ /s)	95% intervall - nedre grense (m ³ /s)	95% intervall - øvre grense (m ³ /s)		
Medianflom (Q ₅₀)	41,4	33,9	50,5		
5-årsflom (Q ₅)	48,8	40,0	59,6		
10-årsflom (Q ₁₀)	56,7	46,4	69,1		
20-årsflom (Q ₂₀)	64,3	52,7	78,4		
50-årsflom (Q ₅₀)	74,3	60,9	90,7		
100-årsflom (Q ₁₀₀)	82,0	67,2	100		
200-årsflom (Q ₂₀₀)	89,7	73,5	110		
Tilløpsflom: Ja					

Figur 44 Figuren til venstre viser hhv. beregnede flomverdier fra RFFA-2018 (øverst) og Forenklet lokal + RFFA-2018 (nederst) I test-versjonen av NEVINA som er benyttet til denne figuren, beregnes 5- til 200-års flom med egne målinger noe feil, mens medianflom er korrekt. Dette rettes til lansering. Figuren til høyre viser de lokale dataene for tilløpsflom til Oltedalsvatn som er benyttet i analysen.

Endelig valg av midlere tilløpsflom

Både bruk av regionale flomformler og magasindata gir en midlere tilløpsflom på ca. 500 l/s/km² for Oltedalsvatn. Dette harmonerer også godt med data fra sammenligningsstasjoner i nærheten og forenklet lokal + RFFA. Det antas derfor at dette er et rimelig estimat på middelflom (tilløp, døgnmiddel) for Oltedalsvatn.

Full lokal + RFFA

I dette regneeksemplet er det 200-årsflom som skal beregnes. Seriene Tingvatn, Helleland og Liarvatn er alle svært lange (i norsk målestokk) med omkring 90–120 år med data. Frekvensanalyse av data fra Liarvatn bør imidlertid vektlegges mindre enn de øvrige, på grunn av antatt dårligere kvalitet på flomdataene (se tidligere avsnitt).

I tabell 24 er frekvensanalyse ved bruk av GEV-fordelingen og L-moment (lokal analyse) og GEV-Bayesiansk (full lokal + RFFA kjørt i NVEs programvare FLOM_ANALYSE for målestasjonene.

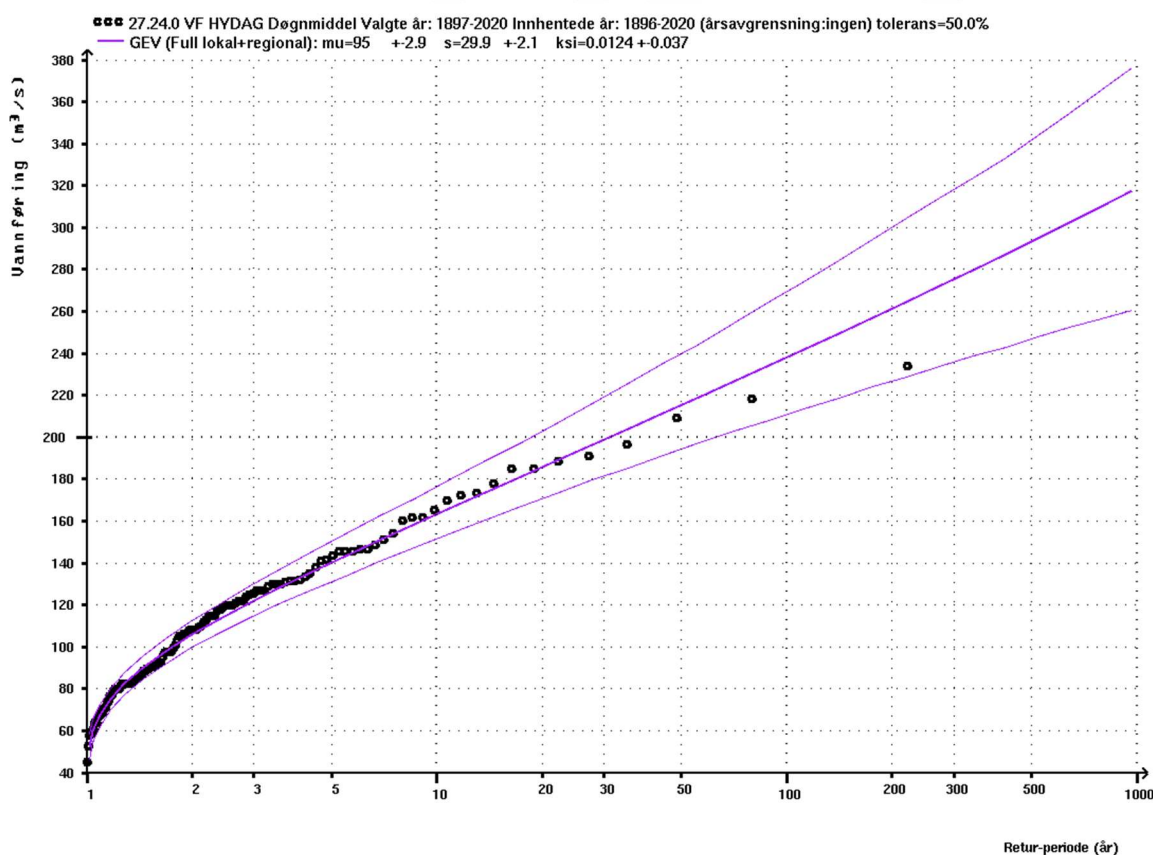
Tabell 24: Resultater fra flomfrekvensanalyser fra stasjoner i nærheten av Oltedalsvatn.

	År	Q_M l/s/km ²	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	
24.9 Tingvatn	98	377	1,20	1,37	1,52	1,73	1,89	2,05	Full lokal + RFFA-2018
24.9 Tingvatn	98	377	1,18	1,34	1,49	1,70	1,86	2,02	Lokal
27.24 Hellel.	124	610	1,25	1,46	1,66	1,92	2,12	2,33	Full lokal + RFFA-2018
27.24 Hellel.	124	610	1,25	1,45	1,64	1,87	2,05	2,22	Lokal
32.6 Liarvatn	90	780	1,25	1,47	1,70	2,00	2,24	2,48	Full lokal + RFFA-2018
32.6 Liarvatn	90	780	1,27	1,53	1,79	2,15	2,44	2,75	Lokal

Analyse kun med lokale data gir for disse tre stasjonene en variasjon i beregnet Q_{200}/Q_M fra ca. 2,0 til 2,8. Ved bruk av også regional informasjon reduseres variasjonen i middelestimatet for de tre stasjonene til ca. 2,1 til 2,5.

Analysene fra Liarvatn tillegges mindre vekt enn de øvrige, og som ved beregning av middelflom antas dataene fra Helleland å være mer representative for tilløp til Oltedalsvatn enn data fra Tingvatn.

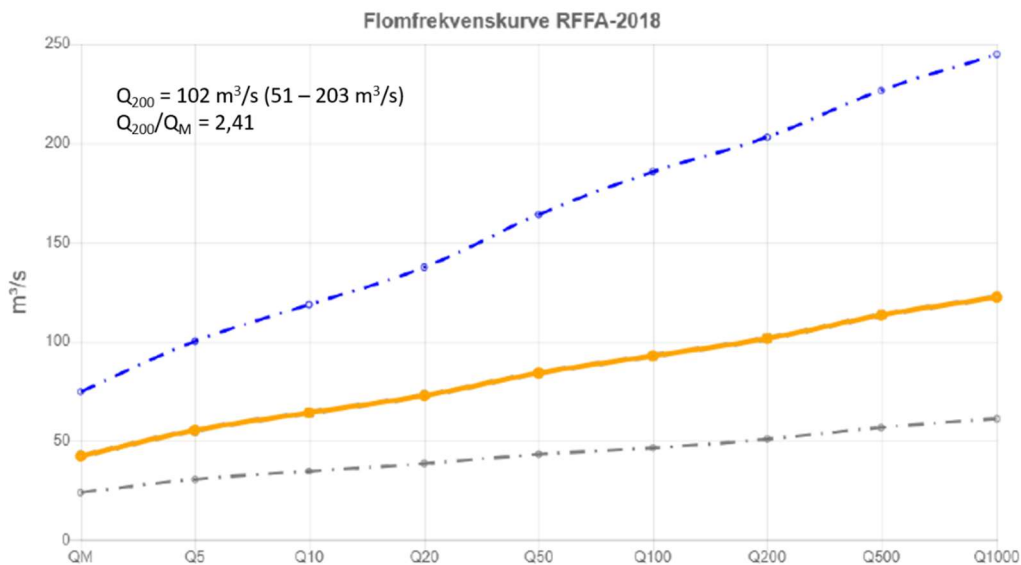
Helleland har den lengste observerte tidsserien av disse tre stasjonene, og resultatene fra denne stasjonen benyttes videre. I henhold til anbefalinger gitt i Engeland mfl. 2020 (NVE-rapport 10/2020) velges disse resultatene ved bruk av både lokale data og regional informasjon. Det gir Q_{200}/Q_M på 2,33. De statistiske analysene for Helleland gir et utfallsrom (95 % konfidensintervall) fra ca. 2,0 til 2,6.



Figur 45 Frekvensanalyse av den 124 år lange tidsserien fra 27.24 Helleland i kombinasjon med regional informasjon. Det er benyttet GEV-fordeling. Analysene er kjørt i programmet «FLOM_ANALYSE» som ligger i NVEs programvarebibliotek. Øvre og nedre kurve viser beregnet 95 % konfidensintervall.

Dette gir en spesifikk 200-års tilløpsflom på 1165 l/s/km² for Oltedalsvatn, med et minste og største estimat på ca. 1000 og 1300 l/s/km². Dette tilsvarer en 200-års flomvannføring på 85–111 m³/s og med et midlere estimat på 99 m³/s. Dette er døgnmidler.

Dette harmonerer godt med kun bruk av feltparametre og regionale formler (RFFA-2018). Ved bruk av NEVINA er 200-års tilløpsflom til Oltedalsvatn beregnet til 102 m³/s (figur 46), men med et konfidensintervall som spenner fra 51 til 203 m³/s, eller fra ca. 600 til 2400 l/s/km².



Figur 46 Beregnet 200-års døgnflom for Oltedalsvatn ved bruk av feltparametre og bruk av regionale flomformler (RFFA-2018). Beregningene er utført i programsystemet NEVINA. Verdiene som står i parentes, viser usikkerhetsintervallet (2,5- og 97,5-persentilen).

Kulminasjonsvannføring

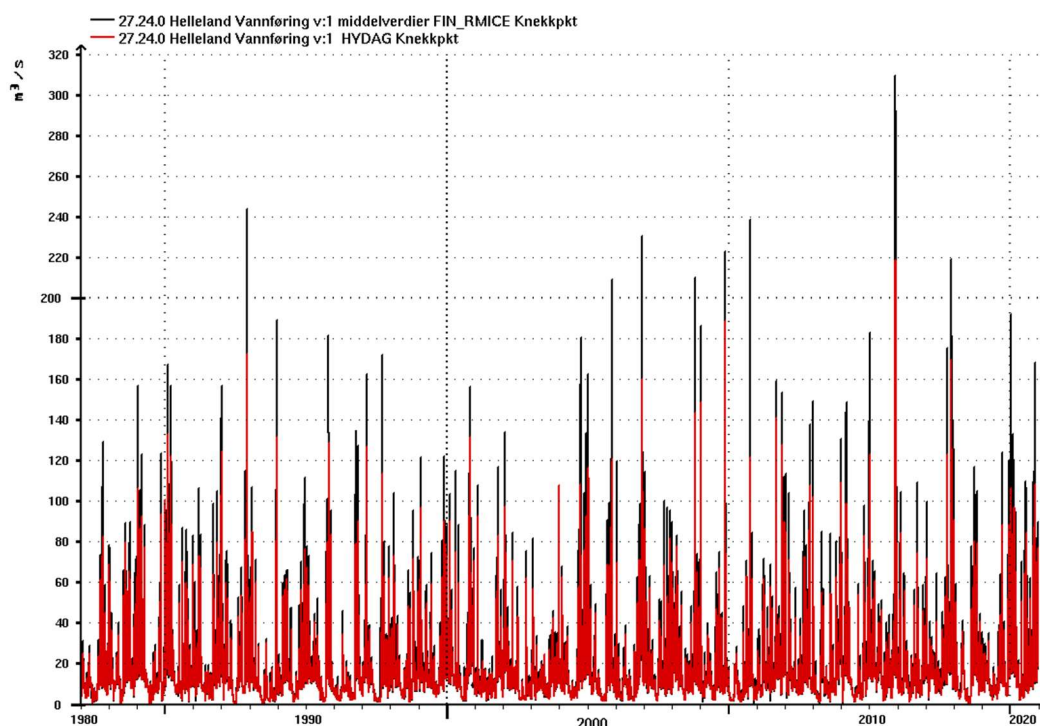
Flomvannføringene som hittil er presentert, er døgnmiddelvannføringer. Kulminasjonsvannføringer kan være vesentlig større. I NEVINA er det beregnet et forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på 1,22 for tilløp til Oltedalsvatn. Dette er basert på feltparametre. En tilsvarende analyse for Helleland gir 1,20. For å vurdere dette er både observerte data fra Helleland og magasindata fra Oltedalsvatn analysert.

I perioden 1988–2020 finnes det data med fin tidsoppløsning fra Helleland. I Figur 47 er disse plottet sammen med døgnmiddelvannføringene. Den høyeste døgnmiddel- og kulminasjonsvannføringen var 5. desember 2015, med et forholdstall på litt over 1,4 (tabell 29). For de fem største flomvannføringene har forholdstallet variert fra ca. 1,2 til 2,0. For hele perioden 1988–2020 er det et forholdstall på ca. 1,4 mellom midlere kulminasjons- og døgnmiddelflom.

Tilsendte vannhusholdningsdata (timesoppløsning) for Oltedal er også gjennomgått for flommen i desember 2015. Det er også her sett bort fra de to magasinene lenger opp i vassdraget. Inkluderes disse, blir maksimalt timetilsig flere hundre m³/s. Det er åpenbart feil og skyldes støy i magasin vannstandene. Data fra Oltedalsvatn (inklusive tapping gjennom kraftverk og luker) gir et maksimalt timetilsig på ca. 85 m³/s og et døgnmiddel på ca. 61 m³/s. Det gir et forholdstall på ca. 1,4. Dette harmonerer godt med verdien fra Helleland under denne flommen.

At beregnet døgnmiddeltilsig her ($61 \text{ m}^3/\text{s}$) avviker noe fra det som er presentert i tidligere avsnitt ($66 \text{ m}^3/\text{s}$) for flommen i desember 2021, skyldes sannsynligvis noe ulik beregning av døgnvannstand – her er det beregnet fra kl. 00–24. Det som er rapportert til NVEs database, kan avvike noe fra dette.

Ut fra dette antas det at midlere forholdstall basert på observasjoner fra Helleland fra 1988–2020 også er rimelig for tilløpsflom til Oltedalsvatn. I videre beregninger er det derfor benyttet et forholdstall på 1,4 mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring. Gitt en 200-års tilløpsflom (døgn) på $99 \text{ m}^3/\text{s}$ blir kulminasjonsvannføringen $139 \text{ m}^3/\text{s}$.



Figur 47 Kulminasjons- (svart strek) og døgnmiddelvannføring (rød strek) ved 27.24 Helleland 1988–2020.

Tabell 25: De fem største flomvannføringene ved 27.24 Helleland 1988 – 2020.

Dato	Kulminasjonsvannføring m^3/s	Døgnmiddelvannføring m^3/s	Forholdstall
5.12.2015	309	218	1,42
1.12.1992	244	172	1,42
6.10.2010	238	121	1,97
11.12.2006	230	160	1,44
20.11.2009	223	188	1,19
Midlere flom 1988–2020	161,4	116,8	1,38

Bruk av nedbør-avløpsmodell til å finne flomforløp

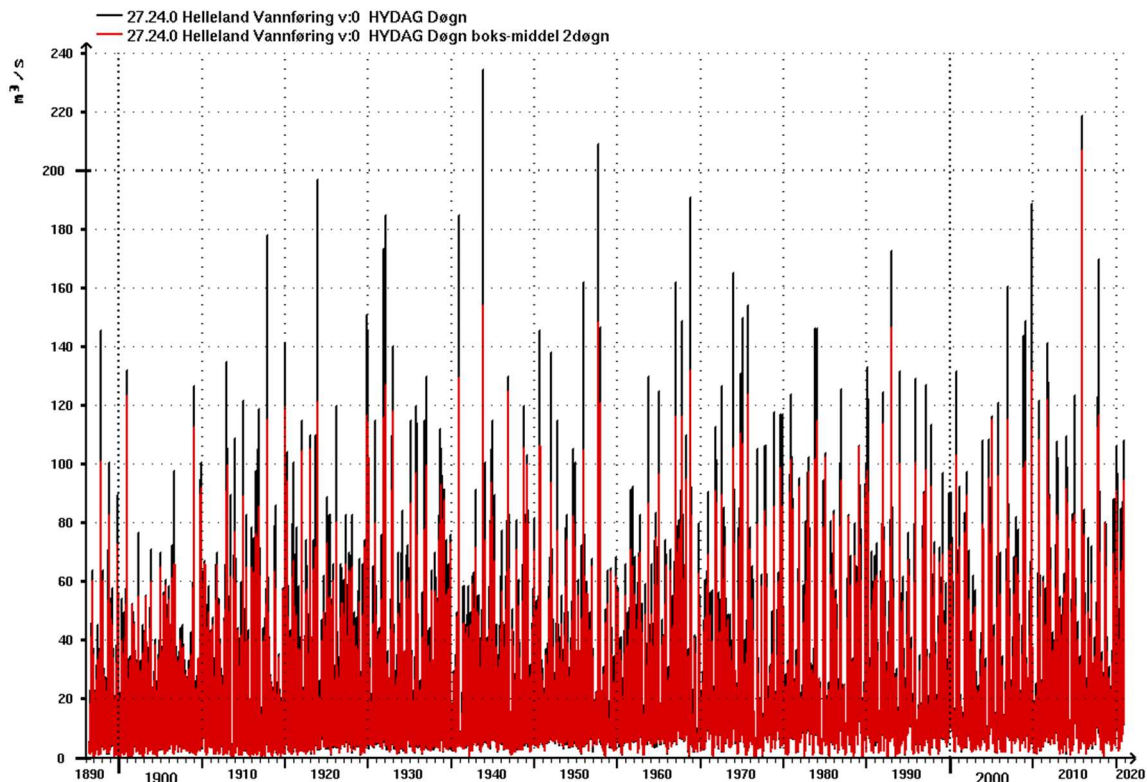
I neste avsnitt om bruk av nedbør-avløpsmodellen er det beregnet at total varighet på et flomforløp for Oltedalsvatn bør være ca. to døgn. Det er derfor også utført flomfrekvensanalyse på data fra de tre representative stasjonene over to døgn.

Ved frekvensanalyse for varigheter lengre enn ett døgn kan NVEs analyseprogram DAGUT benyttes, men da kun for analyse av lokale data. For alle tre stasjonene er det benyttet GEV-fordeling kombinert

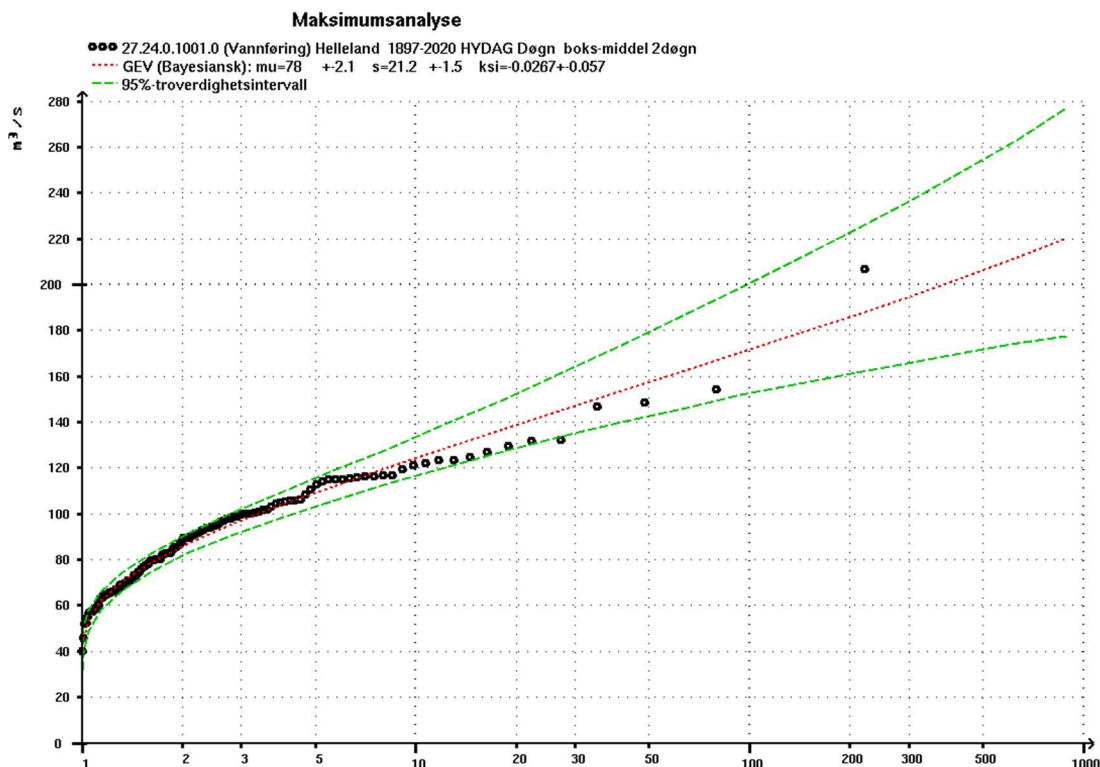
med L-moment ved flomanalyse over to døgn. Deretter er forholdstallet mellom flom beregnet over ett og to døgn beregnet for de ulike gjentaksintervallene.

Figur 48 viser vannføring midlet over to døgn og ett døgn for Helleland fra 1890-tallet og frem til i dag. En ser av figuren at flommen i desember 2015 har det klart største to-døgnsmidlet. Resultatet av flomfrekvensanalysen er vist i figur 49 og tabell 26.

Ut fra denne analysen hadde flommen i 2015, når en midler over to døgn, et gjentaks-intervall på omkring 500 år. Konfidensintervallene i figur 49 viser imidlertid at gjentaksintervallet kan ha vært omkring 100 år eller større enn 1000 år.



Figur 48 Vannføring ved Helleland 1896–2020, døgnmidler (svart) og 2-døgnsmidler (rød).



Figur 49 Flomfrekvensanalyse for Helleland, 1896–2020. Flomvannføringer er midlet over to døgn. Det er benyttet GEV-Bayesiansk analyse med kun lokale data.

Tabell 26: Resultater fra flomfrekvensanalyser for stasjoner i nærheten av Oltedalsvatn. Vannføringene er midlet over to døgn. Det er benyttet GEV-fordeling med Bayesiansk tilpasning.

	År	Q_M l/s/km ²	Q_5/Q_M	Q_{10}/Q_M	Q_{20}/Q_M	Q_{50}/Q_M	Q_{100}/Q_M	Q_{200}/Q_M	Q_{500}/Q_M	Q_{1000}/Q_M
24.9 Tingvatn	98	352	1,17	1,31	1,45	1,62	1,76	1,90	2,08	2,22
27.24 Helleland	124	485	1,22	1,38	1,52	1,69	1,81	1,92	2,06	2,16
32.6 Liarvatn ndf.	90	640	1,24	1,48	1,72	2,05	2,33	2,62	3,03	3,36

Forholdet mellom flomstørrelsene over ett og to døgn for de tre stasjonene er beregnet basert på samme analysemetode (GEV-L-moment, kun lokale data). En finner da at for midlere flom er to-døgnsverdien 80–90 prosent av døgnverdien, mens for 200-årsflom er variasjonen noe større, fra omkring 70 til 90 prosent. Reduksjonen er noe større for Helleland enn for de to øvrige, dette harmonerer med at Helleland har en lavere effektiv innsjøprosent enn de to øvrige. Under den store flommen i desember 2015 ved Helleland er imidlertid den største vannføringen over to døgn 97 prosent av største døgnmiddel, men kun 75 prosent av maksimal 24-timers vannføring.

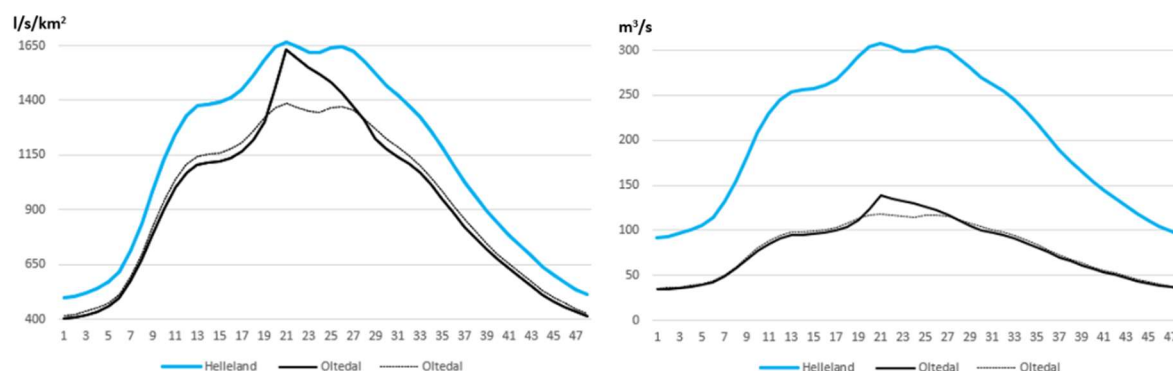
Ut fra en sammenligning med nabostasjonene antas derfor at for 200-års tilløpsflom til Oltedalsvatn er en to-døgnsverdi på 80 prosent av døgnverdien et rimelig estimat.

Tabell 27. Flomstørrelse midlet over to døgn i prosent av døgnflom.

	Q_M 2døgn/ Q_M 1døgn/ [%]	$Q_{5-2}/$ Q_{5-1} [%]	$Q_{10-2}/$ Q_{10-1} [%]	$Q_{20-2}/$ Q_{20-1} [%]	$Q_{50-2}/$ Q_{50-1} [%]	$Q_{100-2}/$ Q_{100-1} [%]	$Q_{200-2}/$ Q_{200-1} [%]	$Q_{500-2}/$ Q_{500-1} [%]	$Q_{1000-2}/$ Q_{1000-1} [%]
24.9 Tingvatn	93	93	91	91	89	88	88	87	86
27.24 Helleland	80	78	76	74	72	70	69	67	66

32.6 Liarvatn ndf.	82	80	79	79	78	78	78	78	78
--------------------	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Ved konstruksjon av 200-års tilløpsflom til Oltedalsvatn (figur 50) er 2015-flommen fra Helleland benyttet som modellhydrogram. Forløpet er noe justert, slik at kulminasjonsvannføringen blir 139 m³/s, samtidig som flomtilløpet midlet over to døgn blir 80 m³/s (80 prosent av døgnverdien på 99 m³/s).



Figur 50 Modellhydrogram for 200-års tilløpsflom til Oltedalsvatn. Til høyre er timesverdier gitt i m³/s og til venstre i l/s/km². Blå strek viser observert vannføring ved Helleland i desember 2015. Svart stiplet strek viser beregnet tilløpsflom til Oltedalsvatn ved ren skalering av observasjonene fra Helleland. Svart fet strek viser et justert flomforløp, hvor kulminasjonsvannføringen harmonerer med beregnet maksimalverdi samtidig som volumet over to døgn er uendret.

Bruk av PQRUT

Ved modellering av vassdraget er det to vanlige tilnærminger: å se på nedbørfeltet til totalfeltet og å dele opp i delfelt som beskriver det lokale nedbørfeltet til hvert av de tre magasinene. Siden totalfeltet er relativt lite og vi ikke trenger detaljerte beregninger for de to øverste magasinene, er det valgt å ta utgangspunkt i totalfeltet. De to oppstrøms magasinene inkluderes da gjennom feltparameteren effektiv sjøprosent. Dette vil i praksis være en forenkling og kanskje ikke den beste måten å gjøre dette på.

For å utføre beregninger med nedbør-avløpsmodellen [PQRUT](#) skal modellen først kalibreres. Ettersom det ikke foreligger sikre observasjoner med fin tidsoppløsning som egner seg til å kalibrere modellparametrene K_1 , K_2 og T , er det benyttet ligningene presentert i *Vedlegg H.1.2. Ligninger for estimering av modellparametrene*. Feltparametre som representerer tilløpet til Oltedalsvatn, er beregnet i NEVINA. I dette tilfellet gir de to ulike ligningssettene relativt like verdier for modellparametrene, se tabell 28. Formelverket fra 2016 benyttes videre i analysene.

Tabell 28: Modellparametre til PQRUT estimert ved hhv. formelverk fra 1983 og 2016.

Modellparameter	Oltedalsvatn (totalfelt)	
	Lign. (1983)	Lign. (2016)
K1	0,071	0,067
K2	0,019	0,014
T	30,2	42,1

Initialvannføringen ble satt til tre ganger normalvannføringen og metningsgraden til 100 prosent. Det er ikke tatt hensyn til nedbør direkte på magasin, men magasinarealet inngår i nedbørfeltene.

I tillegg må det bestemmes en dimensjonerende nedbørverdi og en konsentrasjonstid.

Konsentrasjonstid

Det er valgt å beregne konsentrasjonstiden til totalfeltet til Oltevatn basert på en pragmatisk metode. Det er antatt en vannhastighet i vassdraget på 1,5 m/s i gjennomsnitt. Det gir:

$$T_c = 2,3 \text{ timer}$$

Varighet på forløpet

Kritisk varighet for magasinet Oltevatn kan bestemmes ved egen formel, se kapittel 11.2.1. Basert på middelflom beregnet fra RFFA-2018 og informasjon om overløp og størrelse på magasinet blir kritisk varighet:

$$V_M = 21,1 \text{ timer}$$

Videre kan total varighet på forløpet estimeres ved formel gitt i kapittel 11.2.

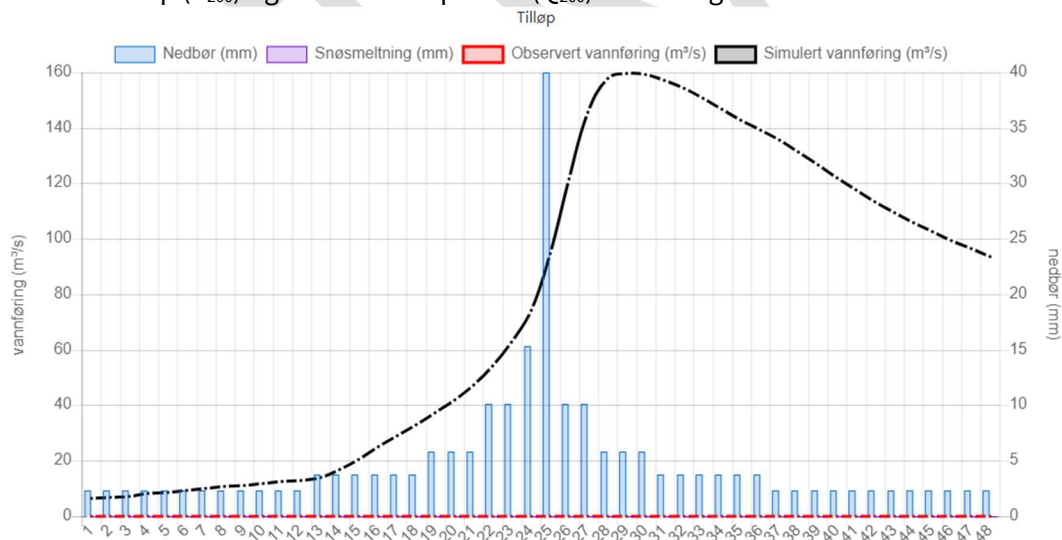
Total varighet = 35,1 timer.

Vi velger dermed å benytte et flomforløp på to døgn med tilnærmet symmetrisk nedbør.

Nedbør og snøsmelting

Ekstremnedbør er beregnet av Meteorologisk institutt (MET) i 2009. Estimatenes er noe gamle og bør eventuelt oppdateres i en endelig beregning. Vi benytter årsnedbør og ser vekk fra eventuell snøsmelting.

Nedbørforløp (P_{200}) og simulert tilløpsflom (Q_{200}) er vist i figur 51.



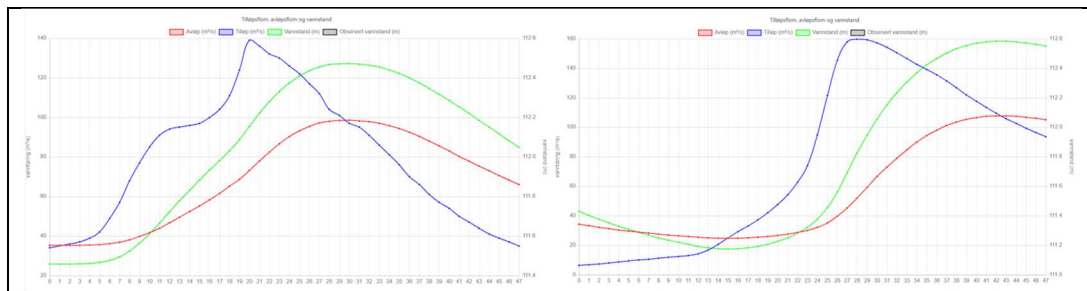
Figur 51 Konstruert nedbørforløp ut fra ekstremnedbør beregnet av MET og simulert flomforløp i PQRUT.

Ruting

Ved rutingen er det forutsatt at begge luker er åpne, men likevel at de er manøvrert slik at vannstanden ikke går under HRV i starten av flomforløpet. Vannstanden i magasinet ved starten av forløpet er satt lik HRV (111,47 moh). Magasincurve og kapasitetscurve er vist tidligere i

regneeksemplet. Vannstanden representerer høyden i Oltedalsvatn. Det er noe fall mellom Oltedalsvatn og dammen, slik at vannstanden ved dammen vil være noe lavere enn i Oltedalsvatn under flom.

Det er rutet 200-års tilløpsflom beregnet fra hhv. flomfrekvensanalysen og PQRUT. Figur 52 viser resultatene fra rutingen, der figuren til venstre viser forløp fra frekvensanalysen, mens figuren til høyre viser forløp fra nedbør-avløpsmodellen. De to metodene gir 200-års flomvannstander som begge er ca. 1 m over HRV. Avviket mellom dem er ca. 10 cm. Beregningene gir dermed resultater som harmonerer rimelig godt, men dette er foreløpige resultater, og det er ikke gjort noen endelig vurdering av disse.



Figur 52 Ruting av 200-års tilløpsflom gjennom Oltedalsvatn basert på flomforløp fra frekvensanalyse (venstre) og nedbør-avløpsmodell (høyre).

Tabell 29: Resultater fra ruting av 200-årsflom gjennom Oltedalsvatn. Rutingen er utført for tilløpsflom beregnet fra hhv. flomfrekvensanalyser og nedbør-avløpsmodell. Vannstanden gjelder ved dammen.

Metode	Flom	HRV (moh.)	Tilløp (m ³ /s)	Avløp (m ³ /s)	Vannstand (moh.)
FFA	Q ₂₀₀	111,47	139	98	112,47
NA	Q ₂₀₀	111,47	160	108	112,58

Klassifisering av flomberegning

Det er åtte år med kraftverksdata (magasin vannstander, driftsvannføring og tapping gjennom luker) fra Oltedalsvassdraget som er benyttet til beregning av årlige maksimale tilløpsflommer til Oltedalsvatn. For de mindre magasinene lenger opp i vassdraget er det mer «støy» i magasin vannstandene, slik at disse er utelatt fra analysene. Tidserien for tilløpsflom til Oltedalsvatn er også kort med tanke på beregning av sjeldne flomhendelser, men den er et godt bidrag for vurdering av middel-/medianflom.

Sammenligningsstasjonene i området viser at det er store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området. Ut fra anbefalingene i kapittel 14.1 vurderes derfor denne flomberegningen å være i klasse 3 «brukbart hydrologisk datagrunnlag, men store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området».

Videre arbeid for å fullføre beregningen

Dette regneeksemplet er, som nevnt innledningsvis, ikke en komplett flomberegning, men det er ment å illustrere bruken av noen nye metoder og anbefalinger i denne veilederen. Resultatene er ikke endelige, og de er derfor ikke sammenlignet med andre, tidligere beregninger.



NVE

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthuns gate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo
Telefon: (+47) 22 95 95 95