

## RAPPORT

### FLOMBEREGNING

# NYTT FLOMLØP SKREDDERDALEN, STORE- OG NEDREDIKET

# RAPPORT

**Prosjektnavn:**

## FLOMBEREGNING

**Dokumentnavn:**

## NYTT FLOMLØP SKREDDERDALEN, STORE- OG NEDREDIKET

**Prosjektnr.:** 12697  
**Dokumentnr.:** 12697-OO-R-001

**Dato:** 28.01.2019  
**Revisjon:** 02  
**Antall sider:** 80

**Utarbeidet av:**   
Martin Flottorp Paus

**Kontrollert av:**   
Leif Basberg

**Godkjent av:**   
Thomas Konow

**Rettigheter til prosjektmaterialet**

Oppdragsgiver har rett til å bruke materialet utarbeidet av prosjekterende Dr.techn.Olav Olsen AS til gjennomføring av prosjektet, senere drift, vedlikehold, ombygging og påbygging. Hvis ikke annet er avtalt, har Dr.techn.Olav Olsen AS alle øvrige rettigheter til sine ideer og det utarbeidete materialet. Dr.techn.Olav Olsen AS kan likevel ikke bruke dette på en måte som er urimelig i forhold til oppdragsgiver. Oppdragsgiver kan ikke overdra materialet til en tredjepart uten samtykke fra Dr.techn.Olav Olsen AS.

Revisjon	Dato	Grunn for utsendelse	Utarb. av	Kontr. av	Godkj. av
00	07.04.2018	Oversendes oppdragsgiver	MFP	LBA	THK
01	07.12.2018	Revidert nedbørfelt	MFP	LBA	THK
02	28.01.2019	Kom. fra NVE inkludert	MFP	LBA	THK

# INNHold

<b>SAMMENDRAG .....</b>	<b>5</b>
<b>1      INNLEDNING .....</b>	<b>7</b>
1.1      Generelt .....	7
1.2      Feltbeskrivelse .....	10
1.2.1    Feltparametere .....	10
1.3      Dambeskrivelser .....	12
1.3.1    Dam Storediket .....	12
1.3.2    Dam Nedrediket .....	14
1.3.3    Dam Skredderdalen .....	15
<b>2      BEREGNING AV FLOMMER .....</b>	<b>18</b>
2.1      Beregning av flommer ved bruk av flomfrekvensanalyse .....	18
2.1.1    Vannføringsstasjoner .....	18
2.1.2    Flomsesong .....	22
2.1.3    Frekvensanalyse, bestemmelse av $Q_{1000}$ for målestasjonene .....	23
2.1.4    Frekvensanalyse sammenliknet med observerte flommer .....	24
2.1.5    Frekvensanalyse, bestemmelse av $Q_{1000}$ for nedbørfelt .....	24
2.2      Beregning av flommer ved bruk av regionale flomformler .....	25
2.3      Beregning av flommer ved bruk av den rasjonale formel .....	25
2.4      Beregning av flommer samt tilhørende usikkerheter med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt .....	26
2.4.1    Resultater Skredderdalen, nasjonalt formelverk .....	27
2.4.2    Resultater Nedrediket, nasjonalt formelverk .....	28
2.4.3    Resultater Storediket, nasjonalt formelverk .....	29
2.5      Beregning av flommer med PQRUT .....	30
2.5.1    Flomvarighet .....	30
2.5.2    Beregning av nedbør .....	31
2.5.3    Parametere til PQRUT .....	32
2.5.4    Resultater, nedbørsavløpmodellering .....	33
2.6      Sammenlikning av resultater fra forskjellige metoder .....	34
2.7      Sjekk mot erfaringstall .....	35
2.8      Sjekk mot gamle flomberegninger .....	35
2.9      Klimafaktor .....	36
2.10     Sikkerhetsmargin .....	36
<b>3      HYDRAULISKE BEREGNINGER .....</b>	<b>37</b>
3.1      Vannføringskurver Dam Skredderdalen .....	37

3.1.1	Dam Skredderdalen med dagens flomløp .....	37
3.1.2	Dam Skredderdalen med nytt flomløp.....	39
3.2	Vannføringskurver Dam Nedrediket.....	41
3.2.1	Dam Nedrediket eksisterende flomløp .....	41
3.2.2	Dam Storediket .....	43
<b>4</b>	<b>RESULTATER .....</b>	<b>45</b>
4.1	Ruting gjennom Skredderdalen og Nedrediket .....	45
4.1.1	Dam Storediket .....	48
4.1.2	$Q_{1000}$ .....	48
4.1.3	$Q_{PMF}$ .....	50
4.1.4	Dam Nedrediket.....	51
4.1.5	Dam Skredderdalen .....	51
4.2	Resultater.....	52
4.2.1	Dam Storediket .....	52
4.2.1	Dam Nedrediket.....	53
4.2.2	Dam Skredderdalen .....	53
4.3	Følsomhetsanalyse.....	54
<b>5</b>	<b>REFERANSER .....</b>	<b>56</b>
	<b>VEDLEGG A - FLOMBEREGNINGER .....</b>	<b>57</b>
A.1.1	Feltareal .....	57
A.1.2	Effektiv sjøprosent.....	61
A.2	Frekvensanalyser.....	62
A.2.1	Frekvensanalyse for målestasjoner .....	62
A.3	Kulminasjonsfaktor .....	65
A.4	IVF-kurver .....	68
A.5	Årsnedbør, Skredderdalen .....	69
A.6	Nedbør/tilsig PQROUT .....	70
	<b>VEDLEGG B - FLOMFORLØP SOM TABELLER .....</b>	<b>72</b>
	<b>VEDLEGG C - TEGNINGER .....</b>	<b>76</b>

## SAMMENDRAG

Dr.techn. Olav Olsen AS er gitt i oppdrag av Bergen Kommune, Vann og avløpsetaten, å foreta flomberegninger for dammene Skredderdalen, Storediket og Nedrediket. Dammene ligger rett øst for Bergen sentrum og Vågen, se kart i Figur 1-1. Nedbørfeltet til dammen hører til Bergen og Omegn nedbørfelt, 056.5.

Skredderdalen dam nr.: 4010 hører til konsekvensklasse 3 og har derfor krav om dimensjonering for en 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) samt påregnelig maksimalflom ( $Q_{PMF}$ ) for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand, ref. § 5-7. i [1]. Beregningen for dam Skredderdalen er gjort for dammen etter rehabilitering.

Storediket dam nr.: 3117 hører til konsekvensklasse 4 og har derfor krav om dimensjonering for en 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) samt påregnelig maksimalflom ( $Q_{PMF}$ ) for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand.

Nedrediket dam nr.: 5088 har overløp etablert slik at vanntrykket på dammen er mindre enn 1 meter og volumet av magasinet er mindre en 10000 m<sup>3</sup>, dammen er derfor automatisk plassert i konsekvensklasse 0. Siden dammen ovenfor og nedenfor er klasse 3 og 4 har vi brukt 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) for sjekk av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand når vi ruter flommene gjennom Nedrediket.

Beregningene er foretatt i henhold til retningslinje for flomberegninger [2], og er basert på bruk av NVEs programvare for flomfrekvensanalyse, skalering av historiske flommer og PQROUT. Rasjonale formler og nasjonalt formelverk for små nedbørfelt er benyttet som sammenlikning.

Datagrunnlaget til disse flomberegningene vurderes å ligge i kvalitetsklasse 3, i henhold til [2], med flere målestasjoner i og nær nedbørfeltet, men stor gradient i spesifikke flomstørrelser. Derfor har vi gjort en usikkerhetsanalyse for å vurdere om ytterligere sikkerhetsmargin skal legges til. Basert på analysen har vi besluttet å anbefale at det ikke legges til ytterligere sikkerhetsmargin da denne allerede er inkludert i vurderingene. Hvis dammen skal bygges om anbefales det å legge på en klimafaktor på 1,2, oppdragsgiver ønsker å bruke en faktor på 1,4 så vi har brukt det. Det koster lite med å bygge med ekstra sikkerhet når det likevel skal gjøres tiltak. Ved sjekk av dagens strukturer er det ikke nødvendig å bruke klimafaktor. Resultatet av flomberegningene er vist i Tabell 1, Tabell 2 og Tabell 3.

Aller høyder brukt i rapporten har datum NN2000, der hvor tegninger er koordinat satt er ETRF89, UTM 32N benyttet.

> *Tabell 1 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$  bruddgrensetilstand og PMF ulykkesgrensetilstand for Skredderdalen med klimafaktor på 1,4 (Klasse 3) rehabilitert dam.*

Flom	Til- stopping	Klima- faktor	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{l}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)	Over- topping (m)
$Q_{1000}$	Ja	1,4	+1,11	6395	14,72	14,72	0,95	-
PMF	Nei	-	+1,11	7340	16,88	16,88	0,86	-

- > Tabell 2 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$  bruddgrensetilstand og PMF ulykkesgrensetilstand for Storediket med klimafaktor på 1,4 (klasse 4).

Flom	Til- stopping	Klima- faktor	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{l}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)	Over- topping (m)
$Q_{1000}$	Ja	1,4	+0,48	7750	10,08	9,04	0,69	0,21
$Q_{PMF}$	Nei	-	+0,48	8440	10,97	10,37	0,60	0,12

- > Tabell 3 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$  for Nedrediket (klasse 0).

Flom	Til- stopping	Klima- faktor	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{l}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)	Over- topping (m)
$Q_{1000}$	Nei	Nei	+1,93	4649	7,91	7,91	2,04	0,11

Revisjon 2 inkluderer et nytt avsnitt på side 31, oppdaterte tabeller 2-16 og 2-17, en ny figur 4-2 og et nytt vedlegg, vedlegg B. Dette er utdypning av kommentarer mottatt fra NVE [3] og oppfølgende telefonsamtale med Thomas Væringstad 28.01.2019

# 1 INNLEDNING

## 1.1 Generelt

Dr.techn. Olav Olsen AS er gitt i oppdrag av Bergen Kommune, Vann og avløpsetaten å foreta flomberegninger for dammene Skredderdalen, Storediket og Nedrediket. Dammene ligger rett øst for Bergen sentrum og Vågen, se kart i Figur 1-1. Nedbørfeltet til dammen hører Bergen og Omegn, 056.5.

Skredderdalen dam nr.: 4010 hører til konsekvensklasse 3 og har derfor krav om dimensjonering for en 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) samt påregnelig maksimalflom ( $Q_{PMF}$ ) for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand, ref. § 5-7. i [1].

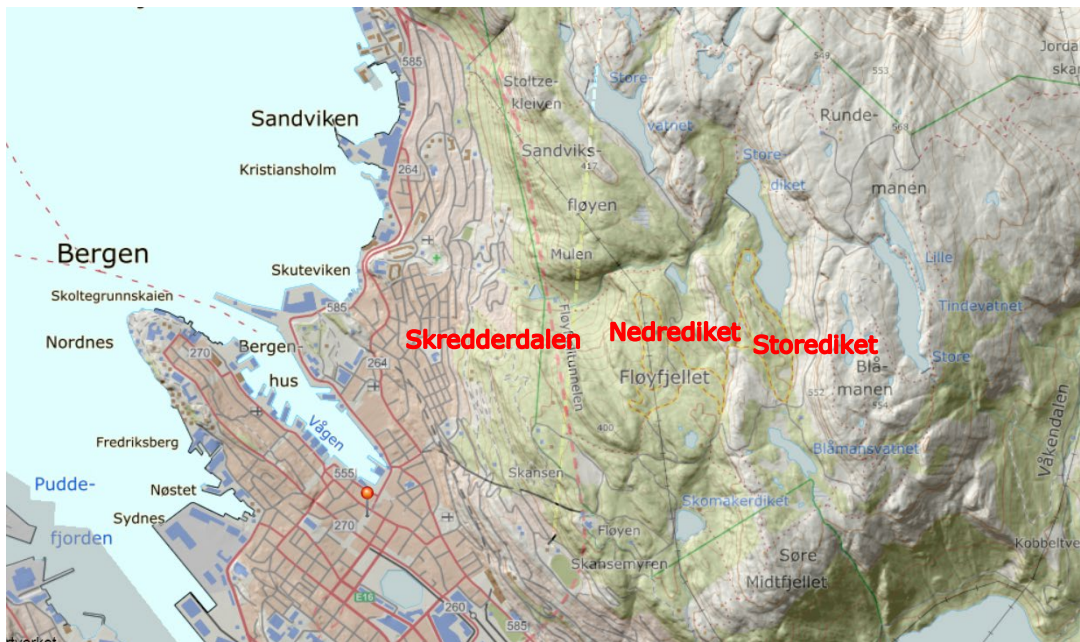
Storediket dam nr.: 3117 hører til konsekvensklasse 4 og har derfor krav om dimensjonering for en 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) samt påregnelig maksimalflom ( $Q_{PMF}$ ) for kontroll av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand.

Nedrediket dam nr.: 5088 har overløp etablert slik at vanntrykket på dammen er mindre enn 1 meter og volumet av magasinet er mindre en 10000 m<sup>3</sup> dammen er derfor automatisk plassert i konsekvensklasse 0. Siden dammen ovenfor og nedenfor er klasse 3 og 4 har vi brukt 1000-årsflom ( $Q_{1000}$ ) for sjekk av sikkerhet mot brudd i ulykkesgrensetilstand, når vi ruter flommene gjennom Nedrediket.

Norconsult utførte en flomberegning for Skredderdalen og Storediket i 2013, [4] som ble godkjent av NVE i 2014 [5]. Vi forventet ikke betydelig endringer i flomstørrelser fra denne rapporten.

Oppdragsgiver ønsker å utføre flomberegninger for alle dammen for å sikre en helhetlig forvaltning og fordi dam Skredderdalen skal rehabiliteres. Denne flomberegningen gjelder for flomløp som planlagt for dam Skredderdalen. Oppdragsgiver ønsker å få flomberegningen godkjent for det nye flomløpet før tiltaket iverksettes.

I forbindelse med utarbeidelse av teknisk plan og vurdering av tiltak på dammen kan det vurderes å endre nivå på HRV og overløpslengde. Det vil i så fall utføres nye beregninger av flomvannstander basert på tilløpsflommen i denne rapporten.



> *Figur 1-1 Oversiktskart rundt plassering av dammene, hentet ut med [6]*

Generelt vil dimensjonerende tilløpsflom være bestemt gjennom den risiko (eller sannsynlighet) for overskridelse man velger å ta i det enkelte tilfellet, samt det tidsrommet man betrakter. Gjentakstintervallet for dimensjonerende tilløpsflom er satt til 1000 år for denne dammen. Dimensjonerende tilløpsflom er derfor karakterisert ved et gitt gjentakstintervall. Det vil ofte også være hensiktsmessig å angi sannsynligheten for overskridelse av denne flommen i løpet av en gitt periodelengde. I Tabell 1-1 er det vist en slik sammenheng:

> *Tabell 1-1 Sannsynlighet i prosent for overskridelse av T-årsflom i en periode på L år*

Gjentaksintervall (T)	Periodelengde i år (L)					
	10	50	100	200	500	1000
200	5	22	39	63	92	99
500	2	10	18	33	63	86
1000	1	5	10	18	39	63

I løpet av de nærmeste 50 år vil altså sannsynligheten for at 500-års flom overskrides være 10 %. På samme periode vil sannsynligheten være 5% for at 1000-års flom overskrides.

## 1.2 Feltbeskrivelse

Nedbørfeltene til Skredderdalen, Nedrediket og Storediket er et relativt små felt som ligger rett øst for Bergen sentrum. Store og Lille Tindevatn er demmet opp slik at de ledes til Storediket. Vi har inkludert nedbørfeltene til Tindevatna i nedbørfeltet til Storediket i beregningene.

### 1.2.1 Feltparametere

Relevante data om nedbørfeltene er vist i Tabell 1-2. Feltareal og feltparameter har blitt automatisk generert med [7]. Arealet er deretter manuelt kontrollert og justert ved bruk av høydedata.

> *Tabell 1-2 Nedbørfeltet (data fra NVE lavvannskart, se Vedlegg A)*

Nedbørfelt	Feltareal (km <sup>2</sup> )*	Høydeintervall (moh.)	Medianhøyde (moh.)	Middelavrenning $\left(\frac{1}{s \cdot \text{km}^2}\right)$
Storediket	1,3	374-558	465	113,2
Nedrediket	1,7	321-558	417	109,0
Skredderdalen	2,3	165-558	395	105,4
Tindevatna**	0,3	518-560	532	121,1

\* Feltareal er hentet fra høydedata.no og bearbeidet i ARCGIS.

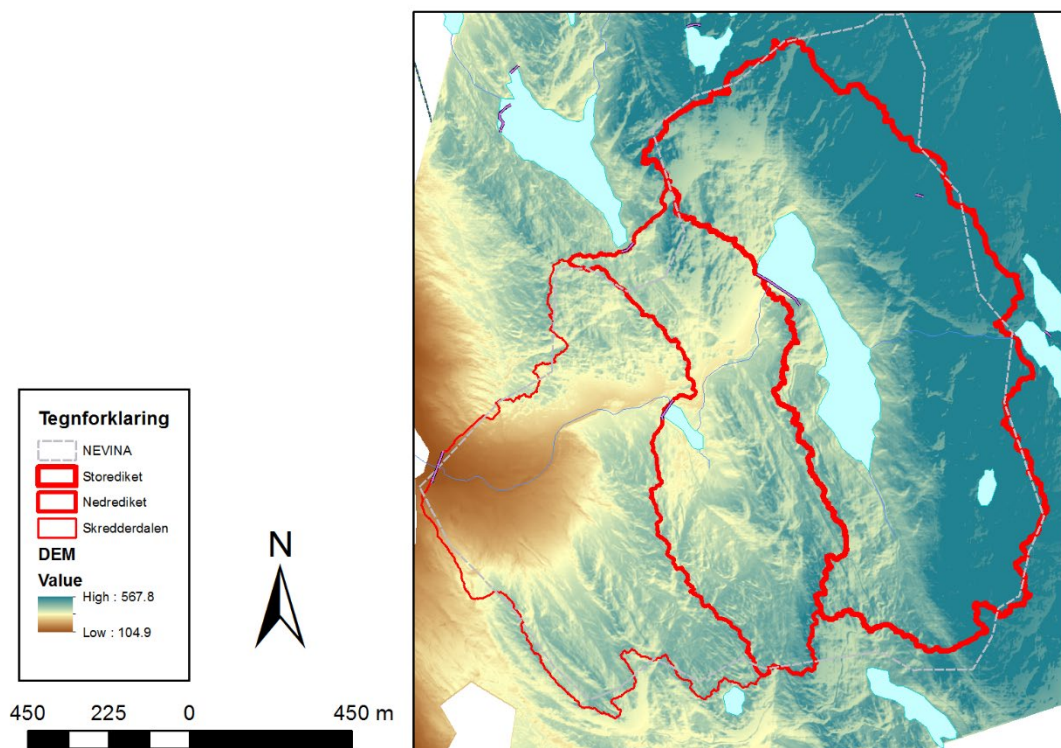
\*\* Arealet er inkludert i nedbørfeltene til Storediket/Nedrediket og Skredderdalen

Det er viktig å bruke riktige feltareal for å få riktige flomstørrelser. Det var småforskjeller i det vi fikk ved å bruke NEVINA og det som var brukt i flomrapport fra 2013 [4]. Derfor gjorde vi en analyse med høydedata fra 2011 tilgjengelig fra [6]. Vi lastet ned en digital terrengmodell, DTM, med 0,5 x 0,5m oppløsning.

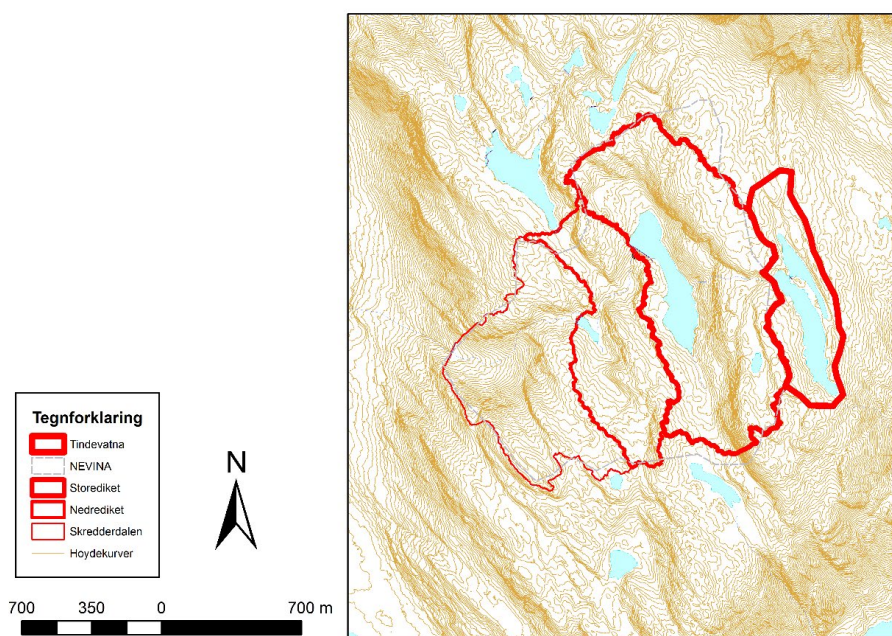
Norconsult brukte et feltareal på 2,4 km<sup>2</sup> for dam Skredderdamel, ref. [4]. Nevina ga oss et nedbørfelt på 2,0 km<sup>2</sup>, og med vår analyse fikk vi også 2,0 km<sup>2</sup> selv om grensene er noe forskjellige fra grensene i NEVINA. Med Tindevatna som overføres til Storediket så ble nedbørfeltet til Skredderdalen 2,3 km<sup>2</sup>.

Analysene fra våre digitale terrengmodeller stemmer godt overens med nedbørfeltene fra NEVINA. Vi velger å bruke resultatene fra de digitale terrengmodellene siden disse er basert på høydedata av høyest oppløsning.

Endringene av nedbørfeltene var ikke store men det gir utslag på flomstørrelsene. Der hvor areal benyttes til skalering vil Storediket være 7,5 % overestimert og Skredderdalen 4,2 % overestimert i tidligere rapport fra 2013 [4] i forhold til denne analysen.



> *Figur 1-2 Nedbørfelt som bestemt i denne analysen og ved bruk av NEVINA*



> *Figur 1-3 Nedbørfelt til Store og Lille Tindevatn, arealet legges til dam Stordikets nedbørfelt*

## 1.3 Dambeskrivelser

Alle høyder brukt i teksten er NN2000, dammene er oppmålt i 2017 og 2018. Der hvor det er relevant er koordinatsystemet ETRS1989-UTM32N benyttet.

### 1.3.1 Dam Storediket

Dam Storediket består av to seksjoner; en murdam og en jordfyllingsdam. Murdammen har en lengde på ca. 92 m med en maksimal høyde på ca. 14 m. Langs oppstrøms kant av kronen er det etablert en brystning med høyde 0,4 m og nivå på 379,33 moh. Vi har trukket fra betongpillarer til rekkverk på oppstrømsside (5,6m, 28 stk av 0,2m) og overløp/lukehus (7m) når vi har regnet overløpslengde av damkrona.

Sentralt på dammen er det etablert et flomløp utført i betong. Nivået på overløpskronen tilsvarer HRV på 378,85 moh. Oppstrøms del av flomløpet er utført som en lukket bokskulvert i betong. Innløpet omfatter to seksjoner med bredde 2,5 m og høyde opp til betongdekket på 0,8 m. Overløpet er utført med rister av armeringsstål. Nedstrøms overløpsterskelen er overløpsseksjonene ført sammen i en kulvert med 0,6 x 0,6 m før det ledes inn i et 650 mm rør. Derfra ledes flomvannet gjennom en murt kulvert og ut i vassdraget ca. 30 m nedstrøms dammen. Over overløpet er det plassert et lukehus, vi har regnet med overløp på begge sider av lukehuset som begge er 2,5 m lange.

Jordfyllingsdammen utgjør ca. 34 m med en brystning på 379,87moh. Vi har trukket fra 2m med betongpillarer til rekkverk på oppstrøms side (10 stk. av 0,2m)

Alle mål er hentet fra oppmålinger gjort av ASPLAN VIAK i 2017 tegnings nummer 114-02 og 115-01 vist i vedlegg C.

Overløpet er utsatt til for tilstopping, så vi har antatt 50 % tilstopping på dette overløpet. Overløpskoeffisienten  $C$  for overløpene er estimert i henhold til [8]. Vi bruke  $C=1,7$  for overløpet når vannstanden er 60 cm over HRV så skifter vi til underløpsformel og bruker  $k=0,7$ . Konservativt bruker vi  $C=1,4$  for overløp over dammen da det er gjerde både oppstrøm og nedstrøms som vil påvirke strømningen negativt. Selve damkrona er sikret for gående med gjerde på begge sider av damkrona. Her vil det være fare for tilstopping så vi bruker 50% tilstopping av damkrona.

Magasinkurven til dammen ble beregnet, litt forenklet, ved at vi kjente vannarealet ved HRV og antok at breddene på vannet var vertikale slik at vannvolumet er lineært økende med vannstanden. I virkeligheten vil vannarealet øke noe når vannstanden øker, og dermed vil også vannstanden stige litt saktere. Denne forskjellen er sannsynligvis neglisjerbar, men det er konservativt å beregne med vertikale bredder.

Bilde av dammen er vist i Figur 1-4, tegninger gitt vedlegg C.

- > Tabell 1-3 Overløp Storediket betongsøyler er trukket fra bredden på overløpene, alle høyder NN2000

Damdel	Bredde (m)	Høyde (moh.)	Underkant bro (moh.)	Overløpskoeffisient
Overløp	2*2,5 m	378,85	379,65	1,7
Overkant overløp	2*2,5 m	379,75	-	1,4
Toppbrystning Murdammen	92-7-5,6=79,4 m	379,33	-	1,4
Damkrone fyllingsdam	34-2=32 m	379,87	-	1,4



- > Figur 1-4 Dam Storediket, bilde av Adam Jurák - <https://www.google.com/maps/>

### 1.3.2 Dam Nedrediket

Dam Nedrediket består av en fyllingsdam. Fyllingsdammen har en total lengde på ca. 63 m med en maksimal høyde på ca. 2,5 m. Langs oppstrøms kant av kronen er det etablert en murkant nivå på ca. 326,6 moh.

Det er etablert en flomkanal/flomløp på høyre side av dammen i to nivåer på 324,67 og 325,88 moh. Over flomkanalen er det en betongplate som sikrer adkomst over dammen. Vi har forenklet brukt en lav C faktor når vi har regnet overløp på dammen.

Alle mål er hentet fra oppmålinger gjort av ASPLAN VIAK i 2017 tegningsnummer 100-01 og 101-01 vist i vedlegg C.

Overløpet er utsatt til for tilstopping, så vi har antatt 50 % tilstopping på dette overløpet. Overløpskoeffisienten C for overløpene er estimert i henhold til [8]. Vi bruker skarpkantet overløp med forhold energihøyde/bredde=0,1

Magasinkurven til dammen ble beregnet, litt forenklet, ved at vi kjente vannarealet ved HRV og antok at breddene på vannet var vertikale slik at vannvolumet er lineært økende med vannstanden. I virkeligheten vil vannarealet øke noe når vannstanden øker, og dermed vil også vannstanden stige litt saktere. Denne forskjellen er sannsynligvis neglisjerbar, men det er konservativt å beregne med vertikale bredder. Bilde av dammen er vist i Figur 1-5, tegninger er gitt vedlegg C.

> Tabell 1-4 Overløp Nedrediket, alle høyder NN2000

Damdel	Bredde (m)	Høyde (moh.)	Underkant vei (moh.)	Overløpskoeffisient
Overløp, kanal	1,2 m	324,67	327,0	1,4
Overløp	2,4 m	325,88	326,5	1,4
Damkrone	50 m	326,6	-	1,4



> Figur 1-5 Dam Nedrediket, bilde Willy Monsen

### 1.3.3 Dam Skredderdalen

Dam Skredderdalen er en tømurdam med en total lengde på 93 m og en maksimal høyde på 14,5 m.

Dammen er bygget i 2 etapper. I følge tegning 51521-501 (Noteby, 1995), ble opprinnelig dam bygget i 1882. I 1924 ble dammen hevet med 7,2 m til dagens nivå.

I 1937 ble nåværende flomløp ved venstre vederlag bygget sammen med omløpsarrangement forbi dammen. Overløpet fra 1937 senket vannstanden i magasinet til dagens HRV som er 1,11 m under topp brystning. Dammen har dermed 2 flomløp i 2 nivåer. Det nye flomløpet er det primære flomløpet og er plassert mot venstre vederlag. Det gamle flomløpet (sekundærflomløpet) ligger ca. 0,5 m høyere, eller ca. 0,6 m under brystningen. Sekundær flomløpet har to betongpilarer som er 0,2 m bredde. Foran det primære flomløpet er det plassert en rist.

Dammen har en kronebredde på ca. 5,9 m. På damkrona er det en ca. 0,4 m høy brystning med rekkverk mot oppstrøms side. Damkrona har for øvrig et svakt fall mot nedstrøms side. Toppen av brystningen ligger på kt. 175,98, mens HRV er på kt. 174,87.

Overløpet er utsatt til for tilstopping, så vi har antatt 50 % tilstopping på dette overløpet. Overløpskoeffisienten  $C$  for overløpene er estimert i henhold til [8]. Vi bruker skarpkantet overløp med forhold energihøyde/bredde=0,1 for sekundær flomløpet og damkrona. Gjerde på damkrona og betong rekkverk påvirker strømningene derfor velger vi en lav  $C$  verdi. Vi bruker tilstopping av damkrona siden det er plassert rekkverk på begge sider av damkrona.

> *Tabell 1-5 Overløp Skredderdalen, alle høyder NN2000*

Damdel	Bredde (m)	Høyde (moh.)	Underkant vei (moh.)	Overløpskoeffisient
Primærflomløp	5,5 m	174,87		1,8
Sekundær-flomløp	9,76 - 0,4 = 9,36 m	175,36	175,97	1,4
Damkrone	75 - 4,4 = 70,6 m	175,98	-	1,4

Bilde av dammen er vist i Figur 1-5 og Figur 1-7, tegninger gitt vedlegg C.



> *Figur 1-6 Primærflomløp Skredderdalen, foto Thomas Konow*



> *Figur 1-7 Sekundærflomløp Skredderdalen, foto Thomas Konow*

Dam Skredderdalen skal rehabiliteres og i den forbindelse er et nytt flomløp planlagt med følgende dimensjoner som vit i tabell 1-6. Det skal være en gangbane over flomløpet. Vi forutsetter at flomløpet utformes så gunstig som mulig. Siden det er en bred damkrone har vi forsiktig antatt  $C=1,8$  og vi har regnet med 25% tilstopping av overløpet.

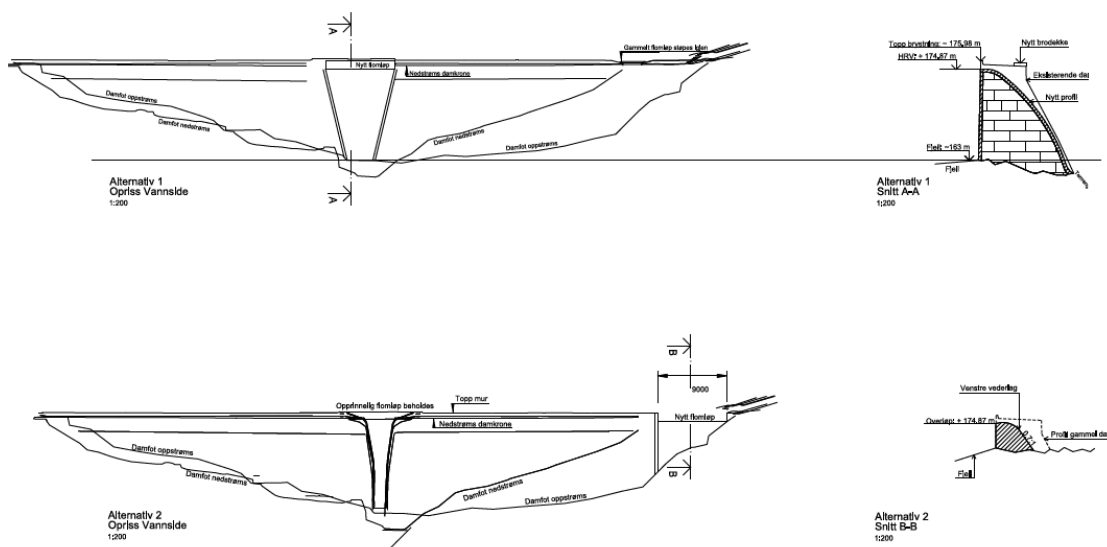
Det foreslåtte flomløp kan plasseres der hvor dagens sekundær flomløp er plassert midt på dammen eller ved høyre vederlag. Nytt flomløp vil utformes med en overløpsterskel som er hydraulisk utformet. For begge overløpene vil kanalen nedstrøms utformes slik at det vil være fritt overløp og undervannet ikke vil påvirke kapasiteten. Tilløpet vil også utformes slik at det ikke påvirker vannføringen.

> Tabell 1-6 Overløp Skredderdalen, alle høyder NN2000

Damdel	Bredde (m)	Høyde (moh.)	Underkant vei (moh.)	Overløpskoeffisient
Primær flomløp	12 m	174,87		1,8
Damkrone*	$75 - 4,4 = 70,6$ m	175,98	-	1,4

\*konservativt damkrona blir noen meter lengre.

Tegninger av det foreslåtte overløp er vist i Figur 1-8 og i tegning er lagt ved i vedlegg C.



> Figur 1-8 Tegning av foreslåtte overløp

## 2 BEREGNING AV FLOMMER

### 2.1 Beregning av flommer ved bruk av flomfrekvensanalyse

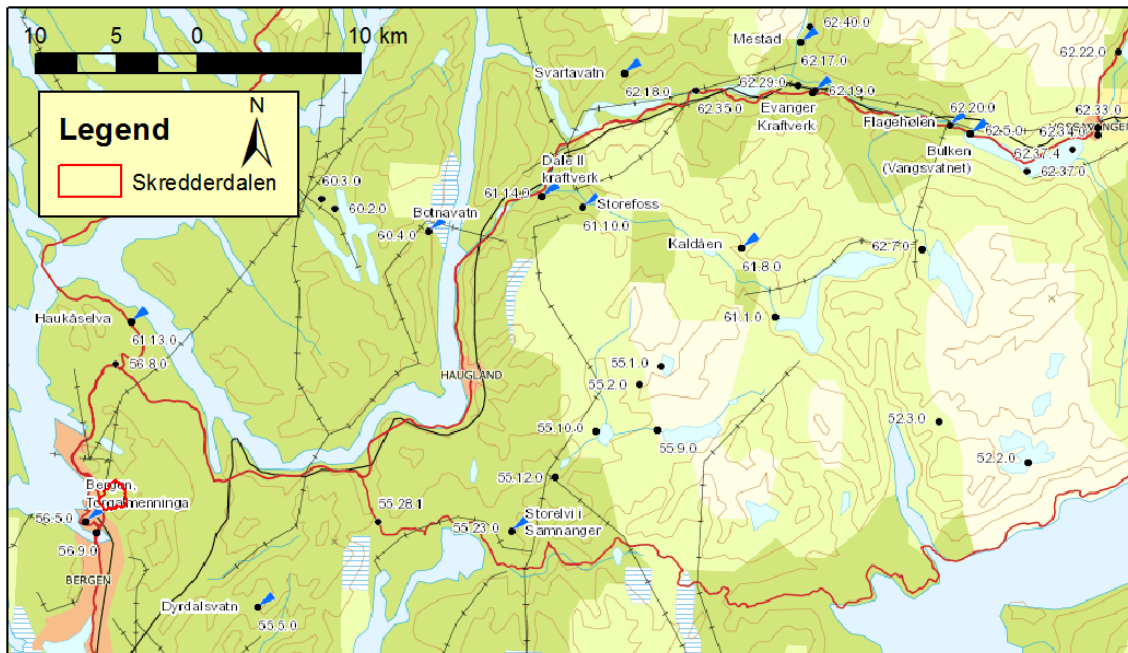
#### 2.1.1 Vannføringsstasjoner

Det er foretatt flomfrekvensanalyser for en rekke vannføringsstasjoner i området, se Figur 2-1, Figur 2-2, Figur 2-3 og Tabell 2-1. Utvalg av aktuelle målestasjoner er basert på følgende kriterier:

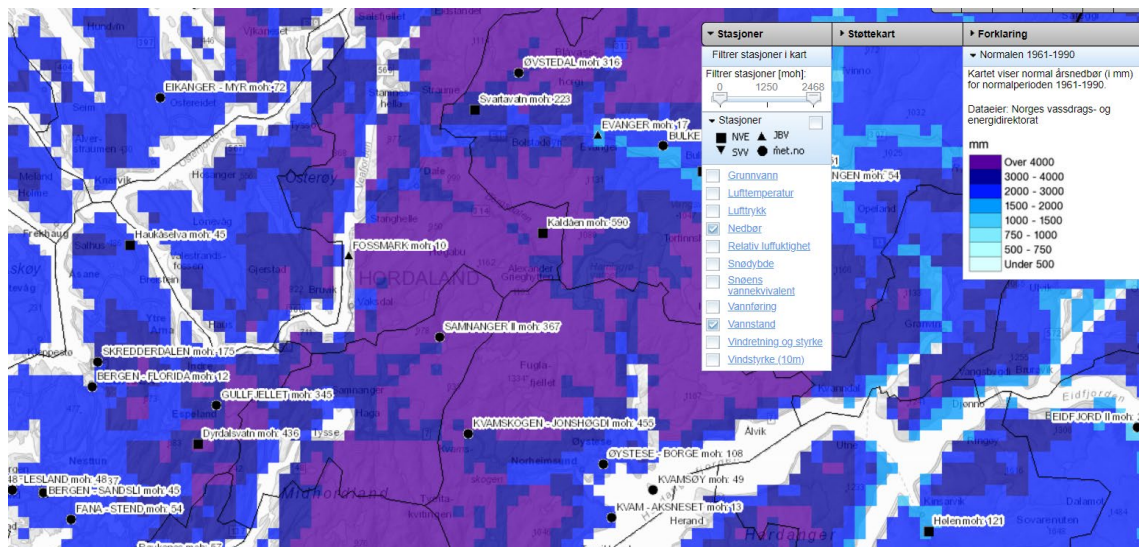
- Feltets størrelse
- Avstand fra dammen
- Feltparametere
- Uregulerte felt
- Serier med 'gode' data (blant annet vannføringskurvens kvalitet)
- Dataseriens periode
- Nedbørregion
- Klimasone

Målestasjonene i Tabell 2-1 er vurdert til å kunne gi et godt og representativt datagrunnlag for dammen. Alle målestasjonene ligger relativt nærme dammen og har liknende forhold når kriteriene beskrevet ovenfor blir brukt. Det vil likevel være forskjeller mellom nedbørfeltene til dammen og nedbørfeltene til målestasjonene.

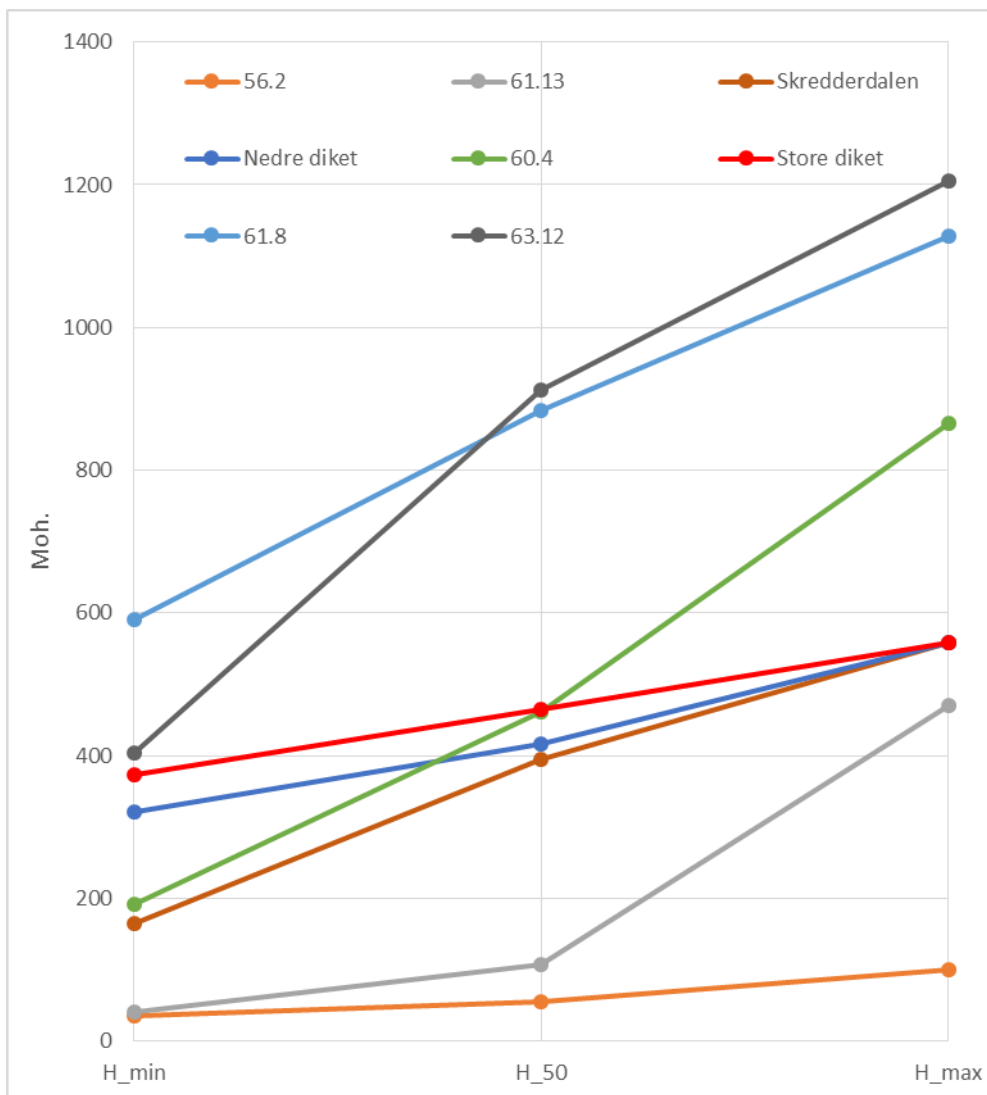
De fleste av målestasjonene i Tabell 2-1 ligger mindre enn 50 km fra nedbørfeltene. I følge kart med årsnedbør, vist Figur 2-2, har alle stasjonene omtrent de samme nedbørforholdene som nedbørfelt til dammen. De fleste av stasjonene har lange perioder med måledata, alle stasjonene har perioder på over 10 år.



> Figur 2-1 Vannførings stasjoner valgt til flomfrekvensanalyse og stasjoner i nærheten.



> Figur 2-2 Kart med normal årsnedbør 1961-90, nedbør stasjoner, normal nedbør og enkelt vannføringsstasjoner fra senorge.no



> *Figur 2-3 Forenklet hypsografisk fordeling for nedbørfeltene og de aktuelle målestasjonene. Grafene er sortert etter H<sub>50</sub>-verdi.*

- > Tabell 2-1 Stasjoner benyttet til flomfrekvensanalyse sortert etter størrelse på nedbørfelt. Verdier er hentet fra [7], [9] og [5]. Effektiv sjøprosent er beregnet i Vedlegg A.1.2. Definisjonen av nedbørklassene og plassering er vist i Figur 2-1 og Figur 2-2.

Måle-stasjon	Areal (km <sup>2</sup> )	Eff. sjø (%)	Høyde moh. (min-med-max)	Bre (%)	Middel-vannf. ( $\frac{1}{s \cdot km^2}$ )	Avstand (km)	Årsnedbør 1971-2000 (mm)	Periode
Store-diket	1,3	0,6	374-465-558	0	113,2		3-4000	
Nedre-diket	1,7	0,1	321-417-558	0	109,0		3-4000	
Skredder-dalen	2,3	0,1	165-395-558	0	105,4		3-4000	
56.2	2,2	2,74	35-55-100	0	35,5	12,5	2-3000	1984-
55.5	3,31	3,89	436-581-802	0	123,6	11	>4000	1977-
60.4	9,03	2,66	192-461-865	0	-	26	3-4000	Kun vannstand
61.13	7,39	2,71	41-108-470	0	74,6	11,5	2-3000	2006-
63.12	12,8	0,89	403-913-1205	0	95,6	58	>4000	1994-
61.8	15,28	0,1	591-884-1128	0	100,0	42	>4000	1985-

Av de seks valgte målestasjonene, er målestasjonen 60.4 mest representative for felt i Skredderdalens nedbørfelt. Dessverre er det ikke vannføringsdata tilgjengelig for denne stasjonen. Stasjonene valgt har liknende størrelse på feltarealet, de har lange måleperioder og de ligger relativt nærme dammen. Men det er store gradienter i nedbør og hypsografi i nedbørfeltene som viser at det enten ligge noe høyere eller lavere enn Skredderdalens nedbørfelt.

### 2.1.2 Flomsesong

Tabell 2-2 viser resultater for middelflom og  $Q_{1000}$  med en oppdeling i vår (1.3-31.7), høst (1.8-30.11) og år. Beregningene er foretatt med NVEs programvare, ved bruk av Gumbelfordeling. I henhold til [2] skal man gjøre flomberegninger for enten vår- eller høstflommer, men det er noen unntak der man heller skal benytte seg av årsflommer. Et av disse unntakene er beskrevet slik:

*«Hvis det er store flommer både vår og høst i et område, kan det være fare for at man undervurderer de store flommene ved å utføre separate analyser for vår- og høstsesongen. Hvis for eksempel  $Q_{1000}$ -verdien for vårflommer blir like stor som  $Q_{1000}$ -verdien for høstflommer, kan i prinsippet den flomstørrelsen opptre to ganger på 1000 år, og altså være en 500-årsflom. I slike tilfeller bør man utføre flomfrekvensanalyse uten sesonginndeling, dvs. på årsflommer.»*

De fleste av målestasjonene i Tabell 2-2 har noe større høstflommer enn vårflommer, men høstflommene er typisk mindre enn årsflommene. Området ligger tett ved kysten og i flomregion K2. Vi mener derfor at det blir mest korrekt å benytte seg av verdiene for årsflommer. Årsflommer er typisk større enn sesongverdi, og ved bruk av årsflommer skal man se bort ifra snøsmelting ifølge [2]. Stasjon 56.2 ligger tett på feltet men har ikke en lang kontinuerlig tidsserie. Vi ser også at den gir svære lave flomstørrelser så vi ser bort ifra den i den videre analysen.

> Tabell 2-2 Middelflom og  $Q_{1000}$  beregnet med sesonginndeling, døgnerverdier (l/skm<sup>2</sup>)

Målestasjon	Areal (km <sup>2</sup> )	Middelflom			$Q_{1000}$		
		Vår	Høst	År	Vår	Høst	År
56.2	2.2	168	274	318	582	768	650
55.5	3.3	807	1108	1224	2372	3073	3269
61.13	7.4	425	567	673	1372	1284	1608
63.12	12.8	590	703	758	1368	1697	1738
61.8	15.3	696	839	1027	2088	3056	2777

### 2.1.3 Frekvensanalyse, bestemmelse av $Q_{1000}$ for målestasjonene

Tabell 2-3 viser resultatene fra flomfrekvensanalyser med årsflommer for hver målestasjon. Beregningene er foretatt med NVEs programvare [10]. Tilpasningen beregnet ved bruk av Gumbel-fordelingen (EV1), General Extreme Value (GEV) og Gamma (GAM) for årsflommer er vist i A.2.

> Tabell 2-3 Flomfrekvensanalyse for årsflommer, døgnverdier ( $l/skm^2$ )

Målestasjon	Areal ( $km^2$ )	Antall år	Fordeling	$Q_M$	$Q_{200}$	$Q_{1000}$	$Q_{200}/Q_M$	$Q_{1000}/Q_M$
55.5	3.3	40	EV1	1228	2527	2876	2.06	2.34
61.13	7.4	10	EV1	673	1368	1605	2.03	2.39
63.12	12.8	23	GEV	759	1177	1218	1.55	1.61
61.8	15.3	32	EV1	1043	2329	2774	2.23	2.66

Frekvensanalysene gir noe sprikende flomverdier for de forskjellige målestasjonene. Målestasjonen 55.5 og 61.8 gir høyere flomverdier enn stasjonene 63.12 og 61.13. Det kan være mange faktorer som spiller inn for å skape forskjeller i frekvensanalyser, blant annet feltets størrelse, høyde, klimasone og nedbørsone. Det kan dessuten være varierende kvalitet på kurvetilpasningen i frekvensanalysene. For 61.13 så kan det virke som at denne stasjonen ligger i regnskygge men stasjon 63.12 ligger noe høyere og i lengre inn i landet. Vi velger derfor å vektlegge stasjonene 55.5 og 61.8 i den videre analyse.

### 2.1.4 Frekvensanalyse sammenliknet med observerte flommer

Som et grunnlag for å vurdere usikkerheten i frekvensanalysene er det i Tabell 2-4 gitt en oversikt over de største observerte flommene ved de enkelte målestasjonene. Den siste kolonnen ( $\text{maks. obs}/Q_{1000} \cdot K_{KUL}$ ) angir hvor store vannføringsmålinger som faktisk er foretatt i forhold til de estimerte kulminasjonsverdiene av en tusenårsflom. Kulminasjonsfaktorene er beregnet i Vedlegg A.3.

Det er målt relativt høye vannføringer i stasjonene som øker kvaliteten av vannføringskurven og derved analysen.

Kulminasjonsfaktoren  $K_{KUL}$  for hver målestasjon er beregnet ved å dele knekkpunktverdi på døgnverdi ved målestasjonens største observerte flom. Beregningene ligger i Vedlegg A.3. Gjennomsnittlig kulminasjonsfaktor fra alle målestasjonene er 1,7 vi har valgt å bruke 1,7 som kulminasjonsfaktor i frekvensanalysen.

- > Tabell 2-4 Største observerte flommer, hentet med [11]. Kulminasjonsfaktorer er regnet ut i Vedlegg A.3.

Målestasjon	$K_{KUL}$	Obs. dato	Maks. obs. ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	Maks.obs. ( $\frac{1}{\text{s} \cdot \text{km}^2}$ )	$\frac{\text{Maks. obs.}}{Q_{1000} \cdot K_{KUL}}$
55.5	1.99	8/9/2016	8.09	2452	0.43
61.13	1.35	10/31/2007	8.37	1131	0.52
63.12	1.96	9/17/2005	9.71	759	0.32
61.8	1.48	11/20/2009	17.2	1124	0.27

### 2.1.5 Frekvensanalyse, bestemmelse av $Q_{1000}$ for nedbørfelt

Resultatene fra frekvensanalysen for Skredderdalen er gitt i Tabell 2-5. Flomverdiene ble estimert med utgangspunkt i flomverdiene fra målestasjonene i Tabell 2-3. Vi så først på sammenhengen mellom arealet av nedbørfeltene og vannføringen til de valgte målestasjonene. Frekvensanalysen for Skredderdalen gjelder for de andre nedbørfeltene også.

- > Tabell 2-5 Resultater fra frekvensanalyser, døgnverdier og kulminasjonsverdier ( $\text{l}/\text{skm}^2$ )

Dam	$K_{KUL}$	$Q_m$	$Q_m \cdot K_{KUL}$	$Q_{200}$	$Q_{200} \cdot K_{KUL}$	$Q_{1000}$	$Q_{1000} \cdot K_{KUL}$	$Q_{200}/Q_m$	$Q_{1000}/Q_m$
Skredderdalen	1,7	1200	2040	2400	4080	2800	4760	2,0	2,3

## 2.2 Beregning av flommer ved bruk av regionale flomformler

I følge [2] kan de regionale flomformlene benyttes for felter > 20 km<sup>2</sup>, men da med forsiktighet for felter < 100 km<sup>2</sup>. Nedbørfeltet i denne flomberegningen er mindre enn 20 km<sup>2</sup>, og vi har derfor valgt å ikke beregne flommer ved hjelp av regionale flomformler.

## 2.3 Beregning av flommer ved bruk av den rasjonale formel

For små nedbørfelt kan man bruke den rasjonale formel, men den er ikke vel egnet til flommer med et større gjentaksintervall en 100 til 200 år og det er ikke anbefalt å bruke formelen på felt større enn 2-5 km<sup>2</sup>, ref. [12]. Vi kan derfor bruke denne formelen for, men ikke for større flommer enn Q<sub>200</sub>. Den rasjonale formel gir som regel konservative flomverdier, så resultatene herfra brukes hovedsakelig til sammenlikning med resultater fra andre metoder.

Vannføringen beregnes med følgende formel

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor C: avrenningsfaktor [dimensjonsløs]  
i: dimensjonerende nedbørintensitet fra IVF kurver [l/(s·ha)]  
A: feltareal [ha], (100 ha = 1 km<sup>2</sup>)

For å finne dimensjonerende nedbørintensitet *i* trengs en IVF kurve og beregnet konsentrasjonstid. se Vedlegg A.4. Konsentrasjonstiden for den rasjonal formel er beregnet på følgende måte

$$T_c = 0,6 \cdot L \cdot H^{-0,5} + 3000 \cdot A_{SE}$$

Hvor T<sub>c</sub>: Konsentrasjonstid [minutter]  
L: lengden av feltet [m]  
H: Høydeforskjellen i feltet [m]  
A<sub>SE</sub>: effektiv sjøprosent [%]

Dimensjonerende nedbørintensitet *i* ble hentet ut fra IVF-kurvene i Vedlegg A.4.

Nedbørfeltene består av rundt 50%-20% skog og 40-70% fjell ifølge Vedlegg A. For skogsområder settes C til 0,2-0,5 og snaufjell til 0,6-0,9 i henhold til [12]. En høyere C-verdi gir høyere vannføring. Minste verdi i intervallet av C brukes ved konsentrasjonstider på mindre enn 1 time, og største verdi brukes ved konsentrasjonstider på mer enn 3 timer. Vi har interpolert en C verdi ved å bruke prosentfordeling fjell og skog og vi brukte verdier i den lave ende siden vi har konsentrasjonstider på ca. 1 time. C ble deretter skalert med en faktor på 1,3 for å få ønsket verdi for 200-årsflom, i henhold til [12]. De resulterende verdier og flommer er vist i Tabell 2-6.

> Tabell 2-6 Q<sub>200</sub> beregnet med den Rasjonale formel (kulminasjonsverdi). Verdier er hentet fra Vedlegg A og beregnet med formlene over

Dam	L [m]	H [m]	A <sub>SE</sub> (%)	T <sub>c</sub> (min.)	C	i ( $\frac{l}{s \cdot ha}$ )	A (ha)	Q <sub>200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub>200</sub> ( $\frac{l}{s \cdot km^2}$ )
Storediket	900	184	0,6	58	0,66	80	130	6.86	6864
Nedrediket	1600	237	0,1	65	0,58	78	170	7.96	5493
Skredderdalen	2400	393	0,1	76	0,46	75	230	7.94	3968

## 2.4 Beregning av flommer samt tilhørende usikkerheter med nasjonalt formelverk for små nedbørfelt

Flomverdier og tilhørende usikkerheter er beregnet i henhold til nasjonalt formelverk for små nedbørfelt i [12]. Formelverket beregner middelflom og vannføringer med høyere returperioder, kulminasjonsverdier. Usikkerheten (95 % konfidensintervall) fås ved å gange estimatet av middelflommen med ca. 0,56-1,77. Usikkerheten øker gradvis for de høyere returperiodene. For gjentaksintervall på over 100 år ligger den på ca. 0,50-2,00. Med dette som utgangspunkt har vi brukt usikkerhetsfaktorene som vist i Tabell 2-7. Inngangsparameterne som benyttes er vist i Tabell 2-8.

- > *Tabell 2-7 Usikkerhetsfaktorene for 97,5 persentil og 2,5 persentil for flommer med forskjellige gjentaksintervaller*

	$Q_M$	$Q_5$	$Q_{10}$	$Q_{20}$	$Q_{50}$	$Q_{100}$	$Q_{200}$	$Q_{500}$	$Q_{1000}$
$K_{97,5}$	1,75	1,80	1,85	1,90	1,95	2,00	2,00	2,00	2,00
$K_{2,5}$ $= 1/K_{97,5}$	0,57	0,56	0,54	0,53	0,51	0,50	0,50	0,50	0,50

- > *Tabell 2-8 Inputverdier til nasjonalt formelverk (hentet fra Vedlegg A)*

Dam	Feltareal (km <sup>2</sup> )	Middelvannføring $Q_N$ ( $\frac{l}{s \cdot km^2}$ )	Eff. Sjø (%)
Storediket	1,3	113,2	0,6
Nedrediket	1,7	109,0	0,1
Skredderdalen	2,3	105,4	0,1

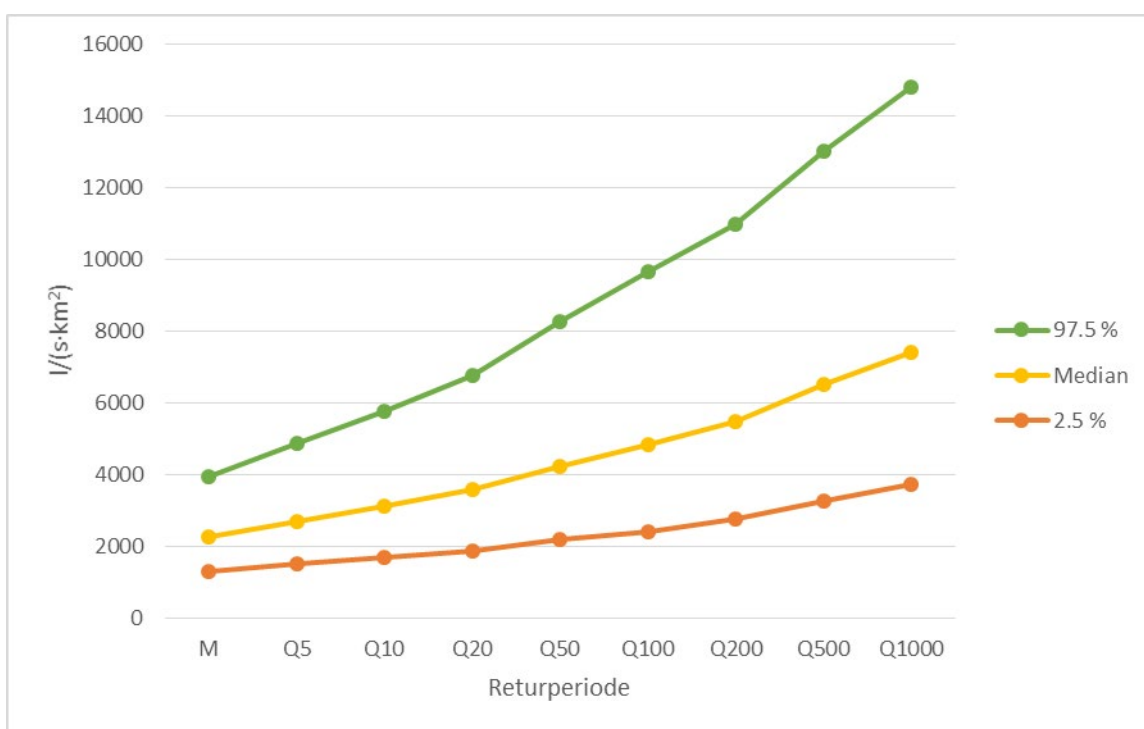
Ved å bruke formelverket for små nedbørfelt fikk vi verdier som vist i tabellene og grafene i Kapittel 2.4.1, 2.4.2 og 2.4.3.

Verdier som funnet med formelverket gir et stor spenn i flomverdier. Vi bruker dette hovedsakelig til å sjekke om de verdier vi har bestemt med andre metoder faller innenfor det forventede intervall.

### 2.4.1 Resultater Skredderdalen, nasjonalt formelverk

- > Tabell 2-9 Beregnet 95% konfidensintervall med nasjonalt formelverk for Skredderdalen, kulminasjonsverdier

$\left(\frac{1}{s \cdot \text{km}^2}\right)$	2,5 %	Median	97,5 %
QM	1280	2239	3919
Q200	2741	5482	10965
Q500	3253	6505	13010
Q1000	3704	7408	14815

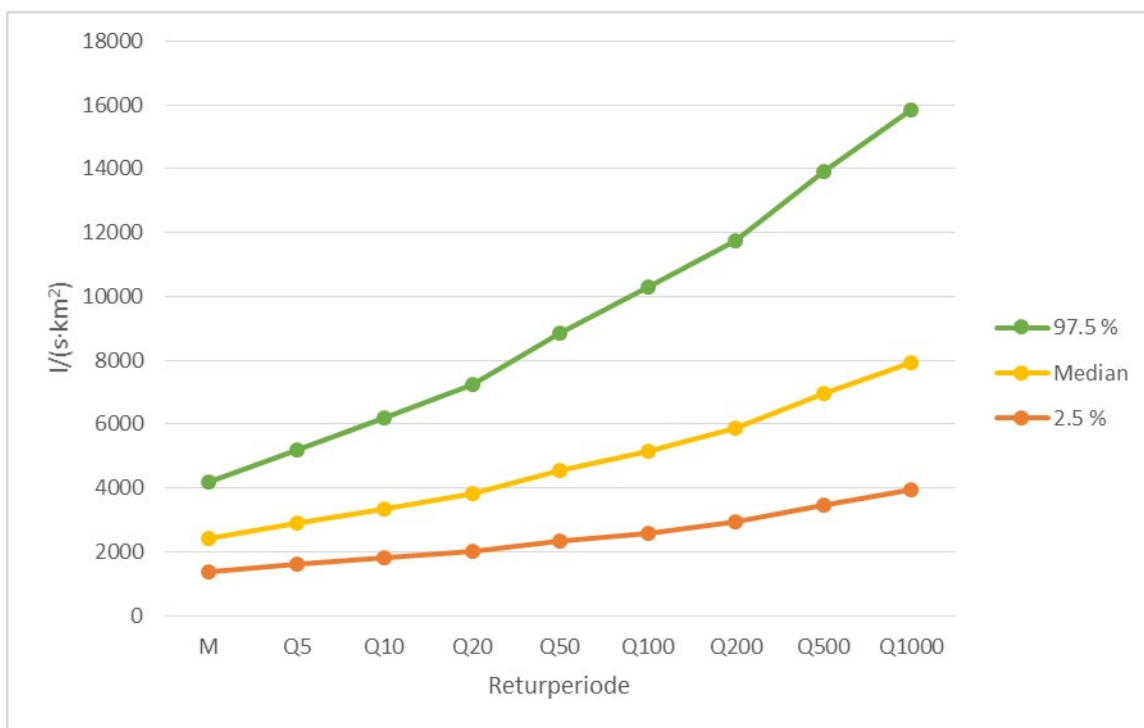


- > Figur 2-4 Median estimater for Skredderdalen beregnet med formelverket og tilhørende usikkerhet (95 % konfidensintervall), kulminasjonsverdier

### 2.4.2 Resultater Nedrediket, nasjonalt formelverk

- > Tabell 2-10 Beregnet 95% konfidensintervall med nasjonalt formelverk for Nedrediket, kulminasjonsverdier

$\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	2,5 %	Median	97,5 %
QM	1373	2402	4204
Q200	2932	5865	11729
Q500	3478	6957	13913
Q1000	3960	7920	15840

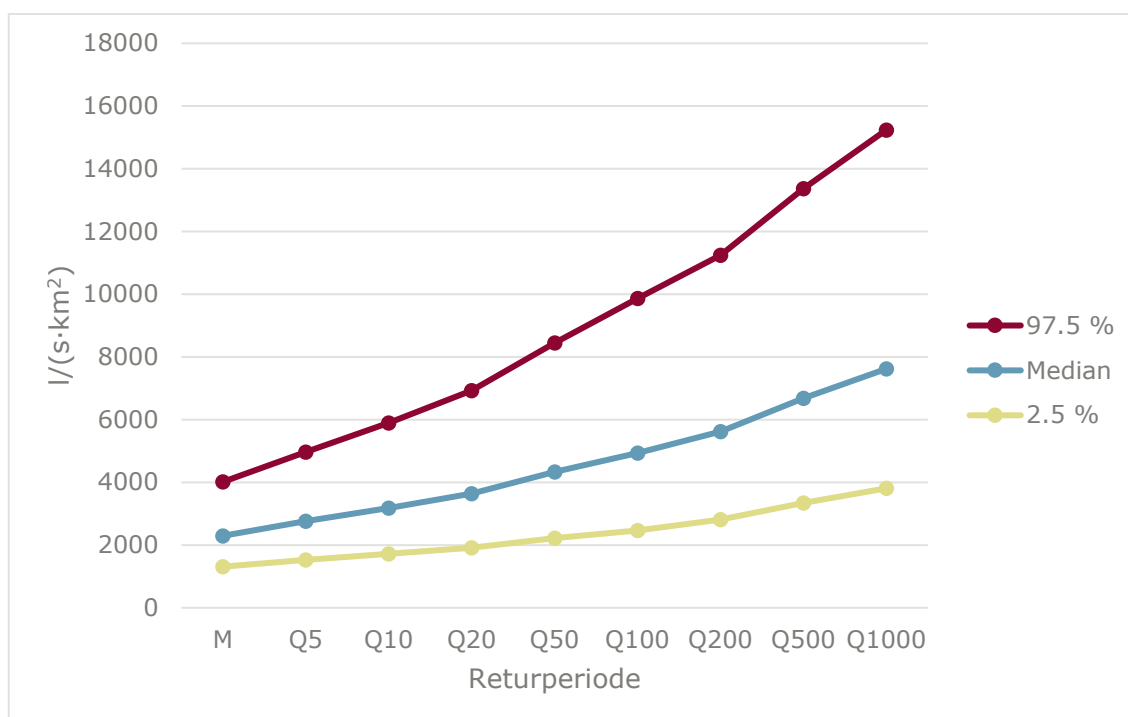


- > Figur 2-5 Median estimater for Nedrediket beregnet med formelverket og tilhørende usikkerhet (95 % konfidensintervall), kulminasjonsverdier

### 2.4.3 Resultater Storediket, nasjonalt formelverk

- > Tabell 2-11 Beregnet 95% konfidensintervall med nasjonalt formelverk for Storediket, kulminasjonsverdier

$\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	2,5 %	Median	97,5 %
QM	1311	2294	4015
Q200	2811	5621	11243
Q500	3341	6681	13363
Q1000	3810	7619	15239



- > Figur 2-6 Median estimater for Storediket beregnet med formelverket og tilhørende usikkerhet (95 % konfidensintervall), kulminasjonsverdier

## 2.5 Beregning av flommer med PQRUT

### 2.5.1 Flomvarighet

For dammer med fast overløp kan man estimere kritisk varighet ( $V_M$ ) for magasinene ved hjelp av formelen angitt i [2].

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

Hvor:  $A_M$  – magasinets areal ved HRV ( $\text{km}^2$ )  
 $Q_i$  – tilløpsflom i  $\text{m}^3/\text{s}$ , midlet over  $V_M$ . Som regel kan dette settes til fire ganger middelflom over ett døgn.  
 $L$  – overløpslengde (m)  
 $C$  – overløpskoeffisient

I tillegg til magasinets kritiske varighet,  $V_M$ , må det også tas hensyn til feltets konsentrasjonstid,  $V_F$ , definert som vannets transporttid fra øverste del av feltet til magasinet.  $V_F$  kan anslås ut fra feltlengden og en antatt middelhastighet for vannet på 1 – 2 m/s, eller ut fra anerkjente formler for beregning av konsentrasjonstid. Total varighet av tilløpsflommen bør være minst  $1,5 \cdot (V_F + V_M)$ .

Vi har brukt følgende verdier for å bestemme kritisk varighet

> *Tabell 2-12 Beregning av kritisk varighet*

Dam	Magasin Areal ( $\text{km}^2$ )	$Q_i$ ( $\text{m}^3/\text{s}$ )	L Lengde (m)	C Koeffisient	$V_m$ (timer)
Skredderdalen	0,004	20	14,84	1,4	0,1
Storediket	0,08	10	5	1,4	5

> *Tabell 2-13 Beregning av konsentrasjonstid for PQRUT og total varighet av tilløpsflom*

Dam	Feltlengde $F_L$ (m)	Antatt middelhastighet $H_M$ (m/s)	Konsentrasjonstid $V_f$ (timer) $F_L/H_M$	Total varighet av tilløpsflom (timer) $1,5 \cdot (V_f + V_M)$
Skredderdalen	2400	1,5	0,5	0,8
Storediket	900	1,5	0,2	7,6

### 2.5.2 Beregning av nedbør

$M_{1000}$  og PMP er beregnet av Meteorologisk Institutt (MI) og vist i Vedlegg A.5. Vi legger årsverdierne til grunn. Verdiene for  $M_{1000}$  og PMP er vist i Tabell 2-14. Beregnet verdi av total varighet av tilløpflom er gitt i Tabell 2-13. Med dette som utgangspunkt har vi valgt å gjøre beregninger med 12 timers nedbørsverdier. Vi bruker verdier som funnet for Storediket som resttilsig til Nedrediket og Skredderdalen.

> Tabell 2-14 Verdier av  $M_{1000}$  og PMP, fra Meteorologisk institutt

Timer	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n/24 t	0.27	0.36	0.56	0.74	1	1.3	1.55	1.78	1.98	2.17	2.36	2.55
M100 (mm)	50	65	100	135	180	235	280	320	355	390	425	460
M200 (mm)	55	70	110	150	200	260	310	355	395	435	470	510
M500 (mm)	60	80	125	165	225	295	350	400	445	490	530	575
M1000 (mm)	65	90	135	180	245	320	380	435	485	530	580	625
PMP (mm)	95	130	200	265	355	460	550	630	705	770	840	905

> Tabell 2-15 Verdier av  $M_{1000}$  og PMP, med arealreduksjonsfaktor (ARF) for nedbørfeltet til Storediket, fra Meteorologisk institutt

Timer	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n/24 t	0.27	0.36	0.56	0.74	1	1.3	1.55	1.78	1.98	2.17	2.36	2.55
M100 (mm)	48	62	97	132	178	233	280	320	355	390	425	460
M200 (mm)	52	67	107	147	198	257	310	355	395	435	470	510
M500 (mm)	57	77	121	162	223	292	350	400	445	490	530	575
M1000 (mm)	62	86	131	176	243	317	380	435	485	530	580	625
PMP (mm)	90	125	194	260	351	455	550	630	705	770	840	905

Vi brukte 12 timers nedbørsverdier og fordelte disse over 24 timer. Det gjorde at vi fikk noe lavere døgnmiddelverdier mens kulminasjonsverdien våre stemmer meget godt overens med forventede verdier. Vi ser at kulminasjonsfaktorene er i den høye ende av hva vi forventet noe som antyder at døgnverdiene er kan være i den lave ende av forventede verdier. Denne flomberegningen skal benyttes for rehabilitering av dammene og der skal kulminasjonsverdier benyttes og disse passer bra overens med andre analyser og tidligere beregninger.

### 2.5.3 Parametere til PQRROUT

Nedbørshistoriene er rutet med PQRROUT ved hjelp av [13] for å beregne tilsiget. PQRROUT regnes med følgende parametere som inputverdier:

- Nedbørshistorie, se Vedlegg A.6
- **A**, feltareal [km<sup>2</sup>]
- **A<sub>SE</sub>**, effektiv sjøprosent, [%]
- **H<sub>75</sub>**, 75% passasjen på feltets hypsografiske kurve [moh.]
- **H<sub>25</sub>**, 25% passasjen på feltets hypsografiske kurve [moh.]
- **Q<sub>N</sub>**, midlere spesifikt årsavløp 1961-1990, [l/s·km<sup>2</sup>]
- **L<sub>F</sub>**, Feltaksens lengde [km]
- **tc**, konsentrasjonstid [timer]
- **Perc**, perkolasjon [mm/time]
- **klz**, tømming nedre [mm/time]
- **fc**, feltkapasitet [mm]
- **lp**, innsjøprosent [%]
- **epot**, fordamping [mm/døgn]
- **sm**, markfuktighet [%]
- **Q<sub>start</sub>**, initialvannføring [m<sup>3</sup>/s]

De fleste av disse parameterne er hentet ut med Nevina [7], se Vedlegg A. Øvrige parametere er beregnet slik:

- Tc – kapittel 2.5.1
- Q<sub>start</sub> er satt lik som Q<sub>N</sub>, omregnet til m<sup>3</sup>/s.
- Normalverdiene fra [13] ble brukt for Perc, Klz, Fc, Epot, Sm, epot

#### > Tabell 2-16 Modellparameter for Storediket, PQRROUT

A	A <sub>SE</sub>	H <sub>75</sub>	H <sub>25</sub>	Q <sub>N</sub>	L <sub>F</sub>	tc	Perc	klz	fc	lp	epot	sm	Q <sub>start</sub>
1.3	0,60	527	407	113,2	1,2	1	0.0025	0.00042	150	8,3	2	100	0,1

K1	K2	T
0.29	0.05	31.94

#### > Tabell 2-17 Modellparameter for Skredderdalen, PQRROUT

A	A <sub>SE</sub>	H <sub>75</sub>	H <sub>25</sub>	Q <sub>N</sub>	L <sub>F</sub>	tc	Perc	klz	fc	lp	epot	sm	Q <sub>start</sub>
2.3	0,10	473	362	105,4	1,8	1	0.0025	0.00042	150	4,8	2	100	0,2

K1	K2	T
0.22	0.04	31.51

### 2.5.4 Resultater, nedbørsavløpsmodellering

Resultatene fra PQROUT er gitt i Tabell 2-18 og Tabell 2-19. Kurver med nedbør og beregnet tilsig er vist i Vedlegg A.6. Beregningene i PQROUT er basert på timesverdier, og vi har her antatt at timesverdien er lik kulminasjonsverdien. Døgnverdien i resultatene er beregnet som gjennomsnittlig vannføring i løpet de 24 timene med høyest vannføring.

Kulminasjonsfaktoren er gitt av forholdet mellom kulminasjonsverdi og døgnverdi og den ble på 2,7 og 3,2 for  $Q_{1000}$ . Til sammenlikning ble kulminasjonsfaktoren beregnet til å være 1,7 ved frekvensanalysen. Kulminasjonsfaktorer opp mot 3 er uvanlig, men for småfelt med lite demping er det ikke urimelig å med en høy kulminasjonsfaktor. At vi finner den høyeste kulminasjonsverdi for dam Storediket noe som stemmer siden dette er et lite felt med ubetydelig demping.

> Tabell 2-18 Beregning av  $Q_{1000}$  og  $Q_{PMF}$  ved bruk av PQROUT for Storediket (24 t)

Flom	Døgn. ( $m/s^3$ )	Døgn. $(\frac{1}{s \cdot km^2})$	Kulm. ( $m/s^3$ )	Kulm. $(\frac{1}{s \cdot km^2})$	Kulm. faktor
$Q_{1000}$	2,3	1740	7,2	5540	3,2
$Q_{PMF}$	3,2	2675	10,9	8440	3,2

> Tabell 2-19 Beregning av  $Q_{1000}$  og  $Q_{PMF}$  ved bruk av PQROUT for Skredderdalen (24 t)

Flom	Døgn. ( $m/s^3$ )	Døgn. $(\frac{1}{s \cdot km^2})$	Kulm. ( $m/s^3$ )	Kulm. $(\frac{1}{s \cdot km^2})$	Kulm. faktor
$Q_{1000}$	3,9	1722	10,6	4610	2,7
$Q_{PMF}$	6,1	2650	16,1	7030	2,7

Døgnmiddelverdien vi får ved å bruke nedbør avløpsmodellering ligger i den lavere ende av det vi ville forvente fra frekvensanalysen.

## 2.6 Sammenlikning av resultater fra forskjellige metoder

Flomverdiene fra de forskjellige beregningsmetodene er sammenliknet for Skredderdalen i Tabell 2-20. Verdiene er gitt som kulminasjonsverdier.

- > *Tabell 2-20 Sammenlikning av flomberegninger, Skredderdalen (l/skm<sup>2</sup>, kulminasjonsverdier)*

Flom	Frekv. - analyse	Rasj. formel	Nasjonalt formelverk			PQR0UT
			2,5 %	Med.	97,5 %	
Q <sub>200</sub>	<b>4080</b>	3968	2741	5482	10965	-
Q <sub>1000</sub>	4760	-	3704	7408	14815	<b>4610</b>
Q <sub>PMF</sub>	-	-	-	-	-	<b>7030</b>

Tabellen viser at vi får rimelig samsvar mellom bestemte flomstørrelser ved å bruke de forskjellige metodene. Rasjonelle formel er en forenklet formel som typisk gir konservative resultater. PQR0UT gir som regel høye verdier. Vi finner rimelig overenstemmelse mellom PQR0UT og frekvensanalysen med verdier i den lavere ende av det vi får ved å bruke det nasjonale formelverk for små nedbørfelt for Q<sub>1000</sub>.

- > *Tabell 2-21 Valgte kulminasjonsverdier for Q<sub>200</sub>, Q<sub>1000</sub> og Q<sub>PMF</sub> uten klimafaktor og sikkerhetsmarginer*

$\left(\frac{l}{s \cdot km^2}\right)$	Storediket	Skredderdalen og Nedrediket restfelt
Q <sub>200</sub>	-	<b>4080</b>
Q <sub>1000</sub>	<b>5540</b>	<b>4610</b>
Q <sub>PMF</sub>	<b>8440</b>	<b>7030</b>

Forholdstallet Q<sub>PMF</sub>/Q<sub>1000</sub> er innenfor det forventede intervallet 1,5 – 3,0 som gitt i [2].

## 2.7 Sjekk mot erfaringstall

Erfaringstall, hentet fra [2]:

### «Døgnmiddelverdier for $Q_{1000}$ i små felt, < 50 km<sup>2</sup>.

På Sørlandet og Vestlandet, vassdragsområdene 017 tom. 115, ligger flomverdiene stort sett mellom 1500 - 3000 l/s pr. km<sup>2</sup>, med de største verdiene over 2000 l/s pr. km<sup>2</sup>, i felt et stykke innenfor kysten på Sørvestlandet og Vestlandet. I felt helt ut mot kysten er verdien ofte i underkant av 2000 l/s pr. km<sup>2</sup>, og i de østlige områder rundt og noen ganger under 1500 l/s pr. km<sup>2</sup>.»

Døgnverdien av de valgte flomverdiene ligger omtrent midt i intervallet fra erfaringstallene for liknende felt på Vestlandet, se Tabell 2-22. Dette gir en pekepinn på at verdiene er i riktig størrelsesorden, men utover det er det vanskelig å trekke slutninger fra disse verdiene. Vi finner at døgnmiddelverdien bestemt med nedbør avløp modelleringen er lavere enn hva vi fant ved å bruke frekvensanalysen.

> Tabell 2-22 Sjekk av valgte flomverdier mot erfaringstall [2]

$\left(\frac{l}{s \cdot km^2}\right)$	Døgnmiddelverdier $Q_{1000}$	Erfaringstall
Skredderdalen og Nedrediket	1715	<~2000
Storediket	1735	<~2000

## 2.8 Sjekk mot gamle flomberegninger

Det er gjort en sammenlikning av våre flomverdier og flomverdier fra en flomberegning fra 2013 [4], dette er vist i Tabell 2-23. Verdiene fra 2013 stemmer godt overens med resultatene våre fra PQROUT. Vi har brukt årsflommer som vi mener er riktig for et kystnært felt mens det i den tidligere flomberegning ble benyttet høstflommer

> Tabell 2-23 Sjekk mot gamle flomberegninger, kulminasjonsverdier (l/skm<sup>2</sup>)

Dam	Flom	Fra 2013 ref. [4]	Våre beregninger (2017)	
			Frekvensanalyse	PQROUT*
Skredderdalen	$Q_{1000}$	4415	4760	<b>4610</b>
	$Q_{PMF}$	7165	-	<b>7030</b>
Storediket	$Q_{1000}$	5785	4760	<b>5540</b>
	$Q_{PMF}$	8570	-	<b>8440</b>

\* Valgte verdier fra våre flomberegninger

## 2.9 Klimafaktor

I [14] er det forventet en økning i flomstørrelsene med en faktor opptil 1,2 og det anbefales å legge til minst 20% i alle felt mindre enn 100 km<sup>2</sup>. Vi ville anbefale å bruke en klimafaktor på 1,2 tilsigsflommene i tråd med anbefalingene. Oppdragsgiver ønsker å bruke 40% så vi har brukt et klimapåslag på 1,4. Vannføringsverdiene fra Tabell 2-21 er skalert med klimafaktor og gjengitt i Tabell 2-24. Vi legger ikke på klimafaktor på  $Q_{PMF}$  da denne er basert på PMP.

> Tabell 2-24 Valgt kulminasjonsverdi for  $Q_{1000}$  med klimafaktor på 40 %

Dam	Klimapåslag 40%	$\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$
Skreddedalen/Nedrediket	$Q_{1000}$ -klima	6454
Storediket	$Q_{1000}$ -klima	7750

Vi anbefaler å bruke disse verdier til å beregne bruddgrensetilstand.

## 2.10 Sikkerhetsmargin

I henhold til [1] skal det tillegges en sikkerhetsmargin ved dimensjonering og kontroll av dam og flomløp der datagrunnlaget for flomberegninger er mangelfullt. Datagrunnlaget til disse flomberegningene vurderes å ligge i kvalitetsklasse 3, i henhold til [2]. Det vil si et «brukbart hydrologisk datagrunnlag, med observasjoner i eller nært vassdraget men med store gradienter».

Vi mener at det er meget konservativt å legge ytterligere sikkerhetsfaktor på de bestemte verdier da vi allerede har lagt 40% på for å ta høyde for mulige endringer i klima og verdiene i utgangspunktet er høye. Siden feltene er svært små, det er et stort spenn i verdier bestemt med det nasjonale formelverk for små felt og dam Skredderdal skal rehabiliteres har vi allikevel lagt på 10% usikkerhet. Det kan argumenteres at denne allerede er inkludert i flomverdiene bestemt så vi har inkludert beregninger både med og uten usikkerhetsfaktor.

> Tabell 2-25 Valgt kulminasjonsverdi for  $Q_{1000}$  med klimafaktor og usikkerhetsfaktor

Dam		$\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$
Skreddedalen/Nedrediket	$Q_{1000}$ -klima-usikkerhet	7099
Storediket	$Q_{1000}$ -klima-usikkerhet	8530

Når vi legger på usikkerhet og klimapåslag på bestemte flomverdier så vil vi ikke ha det forventede forhold mellom PMF og  $Q_{1000}$  vi ser at  $Q_{1000}$  blir tilsvarende PMF. Vi anbefaler å bruke  $Q_{1000}$ -klima i bruddgrensetilstand og PMF i ulykkesgrensetilstand.

## 3 HYDRAULISKE BEREGNINGER

Magasinkurven til dammen ble beregnet, forenklet, ved at vi kjente vannarealet ved HRV og antok at breddene på vannet var vertikale slik at vannvolumet er lineært økende med vannstanden. I virkeligheten vil vannarealet øke noe når vannstanden øker, og dermed vil også vannstanden stige litt saktere. Denne forskjellen er sannsynligvis neglisjerbar, men det er konservativt å beregne med vertikale bredder.

### 3.1 Vannføringskurver Dam Skredderdalen

Dam Skredderdalen skal bygges om så vi har beregnet flom for overløpet som er planlagt, for sammenligning har vi inkludert det eksisterende flomløpet.

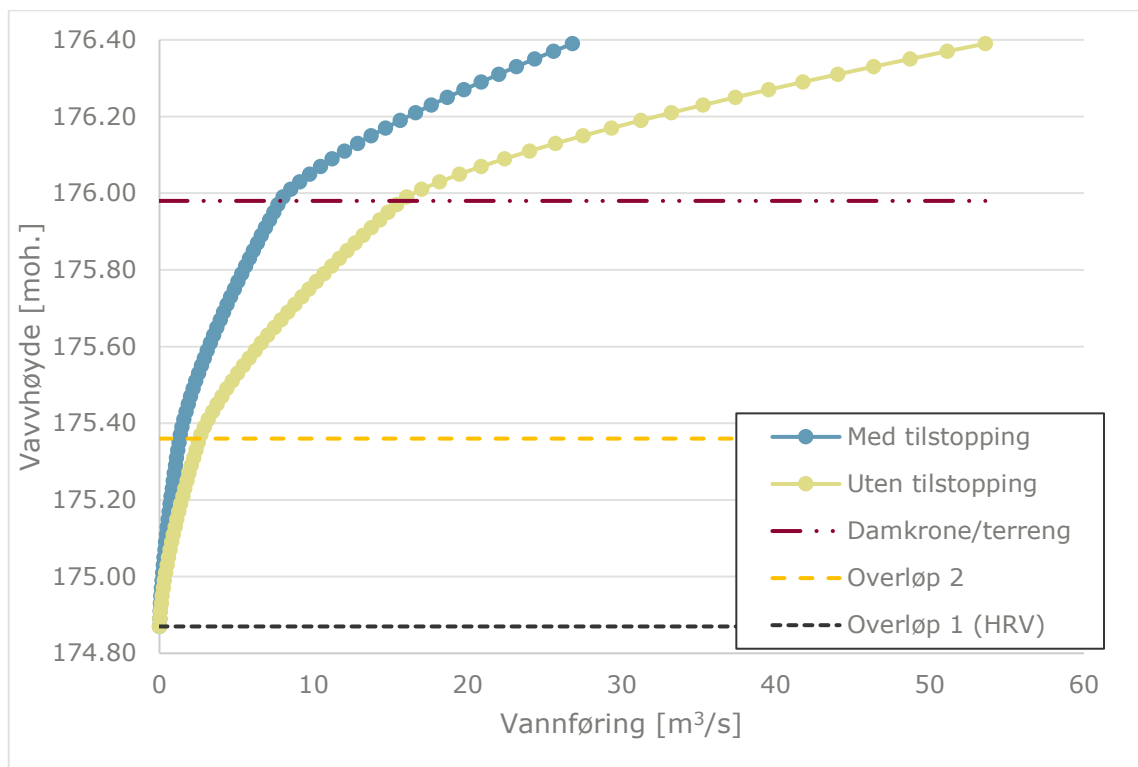
#### 3.1.1 Dam Skredderdalen med dagens flomløp

Vannføringskurvene vist i Figur 3-1 er satt opp etter geometrien til dammen. Overløpskoeffisienten  $C$  er estimert i henhold til [8].

- Overløp 1:
  - o Åpent flomløp med terskelnivå på 174.87 moh.
  - o Netto lengde 5,50 meter.
  - o C-verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 2
  - o Antatt 50 % tilstopping
  - o Dette er en forenkling derfor bruker vi en lav C verdi
- Overløp 2:
  - o Overløpet ligger på 175.36 moh.
  - o Netto lengde 9,36 m.
  - o C-verdi satt til 1,6.
  - o Antatt 50 % tilstopping
  - o Antall hjørner 6
  - o Dette er en forenkling og vi bruker en lav C verdi
- Damkrone
  - o 70,6 meter lang krone som ligger på 175.98 moh.
  - o C-verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 40
  - o Antatt 50 % tilstopping
- Luker og rør er antatt stengt
- Det ingen overføringer til eller fra magasinet.

Begge flomløpene har gangbane og helt korrekt så skal vi skifte formel fra åpent til lukket flomløp når vannstanden er 2/3 av åpningen. Vi har i stedet brukt en lav C faktor. Vi bruker ikke denne vannføringskurven og har inkludert den for sammenligning. Vi ser at med disse antagelsen så får vi tilsvarende avløp som i tidligere flomberegning. Vi finner at denne forenklingen er akseptabel med de usikkerheter det er med dagens flomløp.

Det er liten demping i magasinet så flomstigning kan leses rett av vannføringskurven, se rutning av flommen i senere kapittel.



> *Figur 3-1 Vannføringskurver for Skredderdalen med dagens flomløp, med og uten tilstopping*

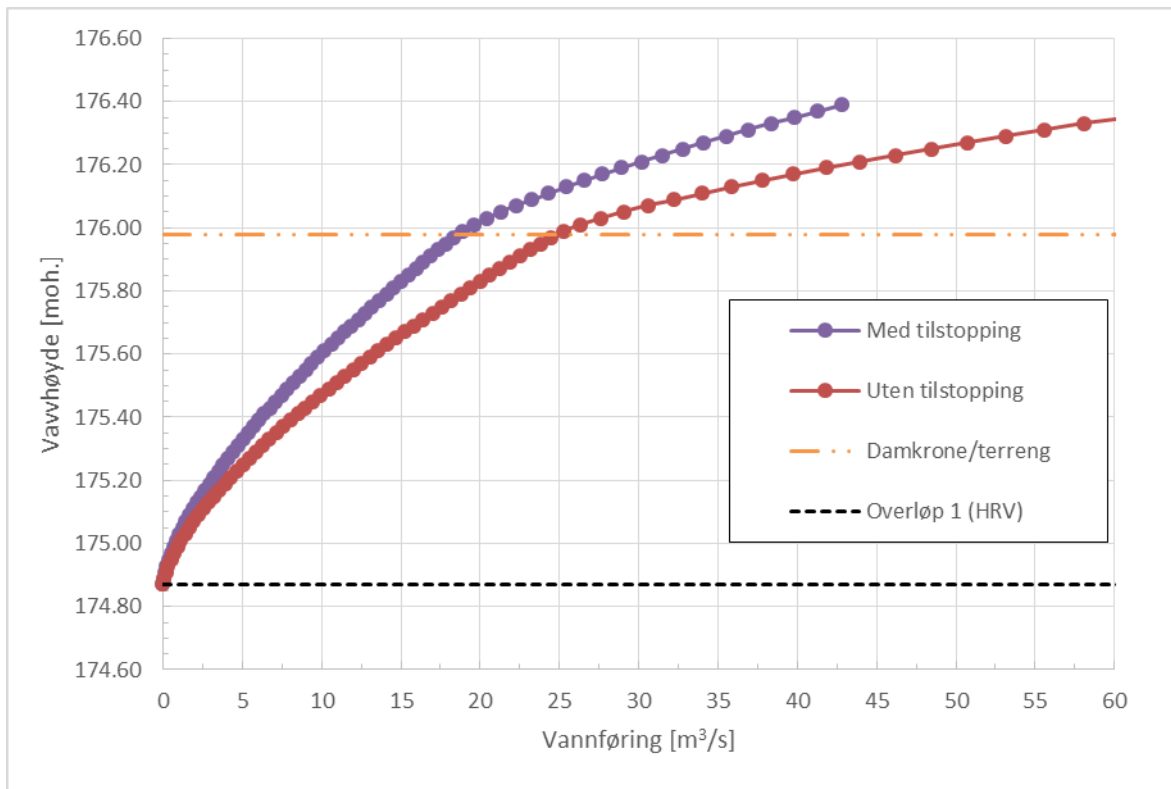
### 3.1.2 Dam Skredderdalen med nytt flomløp

Dam Skredderdalen skal bygges om og eksisterende flomløp skal legges ned. Et nytt flomløp skal utformes slik at damkronen ikke overtoppes. I denne flombergeningen er det forutsatt at flomløpet er 12 m bredt og terskel i nivå med dagens HRV.

Vannføringskurvene vist Figur 3-2 er satt opp etter foreslått geometri til dammen. Oppdragsgiver ønsker å få godkjent flomberegning med det nye flomløp. Overløpskoeffisienten  $C$  er satt konservativt.

- Overløp 1:
  - o Åpent flomløp med terskelnivå på 174.87 moh.
  - o Netto lengde 12 meter.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,8.
  - o Antall hjørner 2
  - o Gangbane utformes og legges slik at den ikke vil være til hinder for flomvannføringer
  - o Antatt 25 % tilstopping
  
- Damkrone
  - o 73,46 meter lang krone som ligger på 175.98 moh.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 40
  - o Antatt 50 % tilstopping
- Luker og rør er antatt stengt
- Det ingen overføringer til eller fra magasinet.

I forbindelse med utarbeidelse av teknisk plan og vurdering av tiltak på dammen kan det vurderes å endre nivå på HRV og overløpslengde. Det vil i så fall utføres nye beregninger av flomvannstander basert på tilløpsflommen i denne rapporten. Etersom magasinet er lite, vil det ikke være demping i magasinet og en routing av tilløpsflommen er dermed ikke nødvendig. Nye beregninger vil dermed være en enkel hydraulisk beregning der tilløpsflom = avløpsflom.



> *Figur 3-2 Vannføringskurver for Skredderdalen med nytt flomløp, med og uten tilstopping*

## 3.2 Vannføringskurver Dam Nedrediket

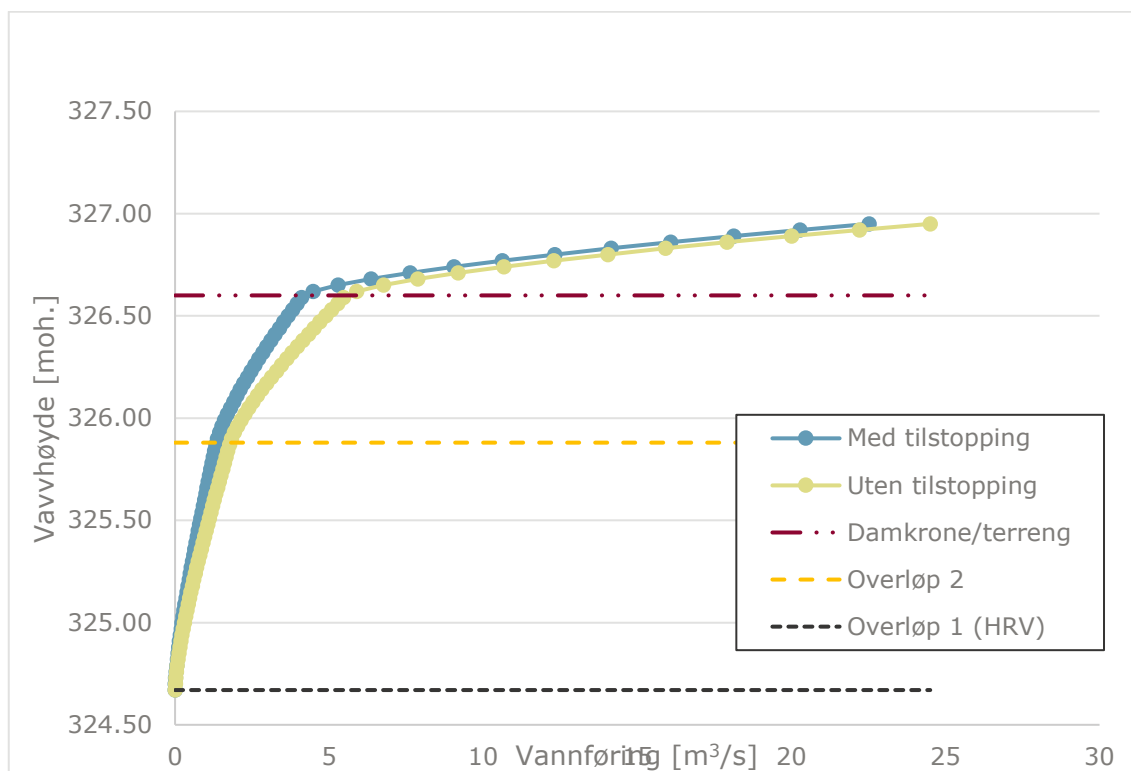
Vi har beregnet vannføringskurver for Dam Storediket og Nedrediket siden vi ønske å rute flommen gjennom disse magasinene.

### 3.2.1 Dam Nedrediket eksisterende flomløp

Vannføringskurven vist i Figur 3-3 er satt opp etter geometrien til dammen. Overløpskoeffisienten  $C$  er estimert i henhold til [8]. Dammen er en klasse 0 dam og har en flomkanal i to nivåer som vi forenklet har betraktet som et skarpkantet overløp. Vi anser ikke flomløpene eller damkronen spesielt utsatt for tilstopping så vi bruker 25% på flomløpene og ingen tilstopping av damkronen.

- Overløp 1:
  - o Flomkanal 324,67 moh.
  - o Netto lengde 1,2 meter.
  - o C-verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 2
  - o Antatt 25 % tilstopping
  - o Dette er en forenkling derfor bruker vi en lav C verdi
  - o Det er en adkomstbro med underkant 327 moh. som vi neglisjerer men tar høyde for med lav C verdi
  
- Overløp 2:
  - o Flomkanal 325,88 moh.
  - o Netto lengde 2,4 meter.
  - o C-verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 2
  - o Antatt 25 % tilstopping
  - o Dette er en forenkling derfor bruker vi en lav C verdi
  - o Det er en adkomstbro med underkant 326,6 moh. som vi neglisjerer men tar høyde for med en lav C verdi
  
- Damkrone
  - o 50 meter lang krone som ligger på 326.6 moh.
  - o C-verdi satt til 1,6.
  - o Antall hjørner 0
  - o Antatt 0 % tilstopping
- Luker og rør er antatt stengt
- Det ingen overføringer til eller fra magasinet.

Begge flomløpene har gangbane og helt korrekt så skal vi skifte formel fra åpent til lukket flomløp når vannstanden er 2/3 av åpningen. Vi har i stedet brukt en lav C faktor. Vi finner at denne forenklingen er akseptabel med de usikkerheter det er med dagens flomløp. Vi ser at dammen vil overtoppes ved ca.  $5\text{ m}^3/\text{s}$  som tilsvarer  $\sim 4000\text{ l/s/km}^2$ . Vi fant at det var ubetydelig demping i magasinet så vi behøvde ikke å rute flommen gjennom magasinet så tilløpsflom er lik avløpsflommen.

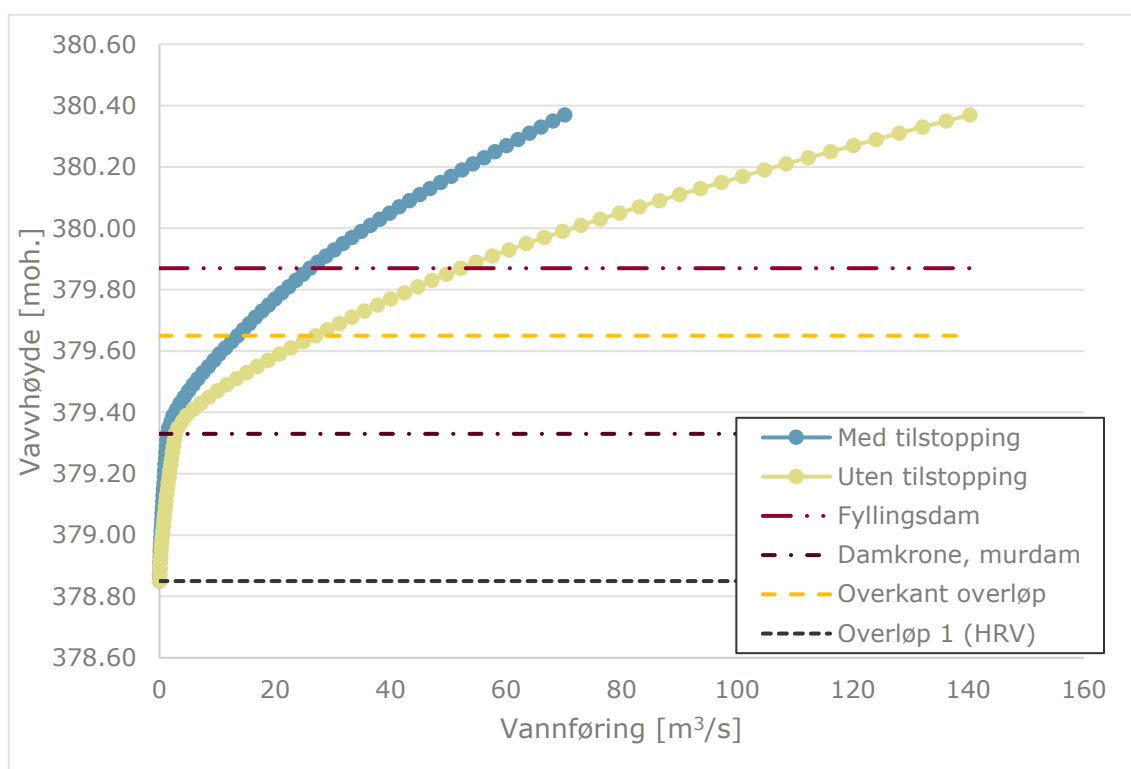


Figur 3-3 Vannføringskurver for Nedrediket med og uten tilstopping

### 3.2.2 Dam Storediket

Vannføringskurvene vist i Figur 3-4 er satt opp etter geometrien til dammen. Overløpskoeffisienten  $C$  er estimert i henhold til [8]. Dammen har et lukket flomløp med en netto lengde på 5 meter og en lysåpning på 80 cm. Vi regner med en  $C$  faktor på 1,7 til vannstanden er 53 cm over HRV da skifter vi formel og regner med en  $k$  faktor på 0.7. Vi regner overløp på fyllingsdammen, murdammen og på begge sider av lukehuset. Det er gjerder både på oppstrøms og nedstrøms side av damkrona så vi regner med 50% tilstopping av alle flomløpene og vi bruker en lav  $C$  verdi siden det er en ugunstig utforming av damkrona.

- Overløp 1:
  - o Flomløp 378,85 moh. HRV
  - o Netto lengde 5 meter.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,7.
  - o  $k$ -verdi satt til 0,7 fra vst. 0,53 m over HRV
  - o Antall hjørner 4
  - o Antatt 50 % tilstopping
  
- Overløp 2:
  - o Overkant flomløp 379,65 moh.
  - o Netto lengde 5 meter.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 2
  - o Antatt 50 % tilstopping
  
- Damkrone, murdam
  - o 79.4 meter 379,33 moh.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 56
  - o Antatt 50 % tilstopping
  
- Damkrone, fyllingsdam
  - o 32 meter 379,87 moh.
  - o  $C$ -verdi satt til 1,4.
  - o Antall hjørner 20
  - o Antatt 50 % tilstopping
- Luker og rør er antatt stengt
- Det ingen overføringer til eller fra magasinet.

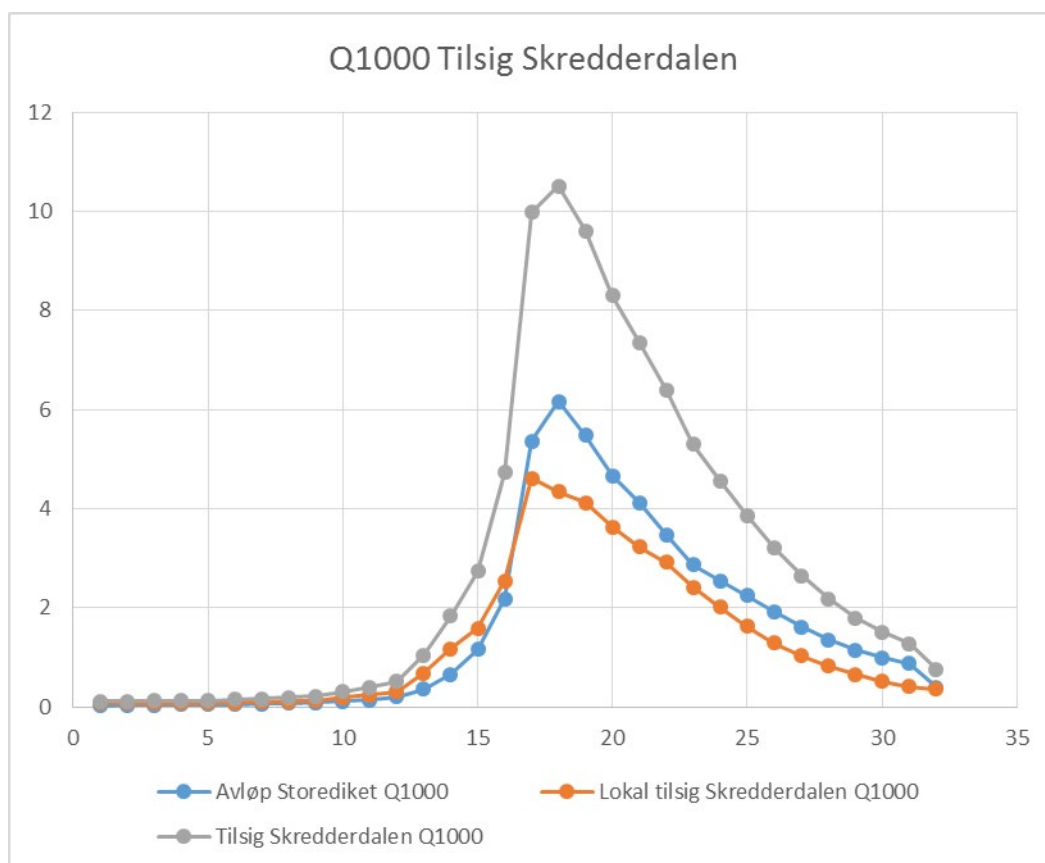


Figur 3-4 Vannføringskurver for Storediket med og uten tilstopping

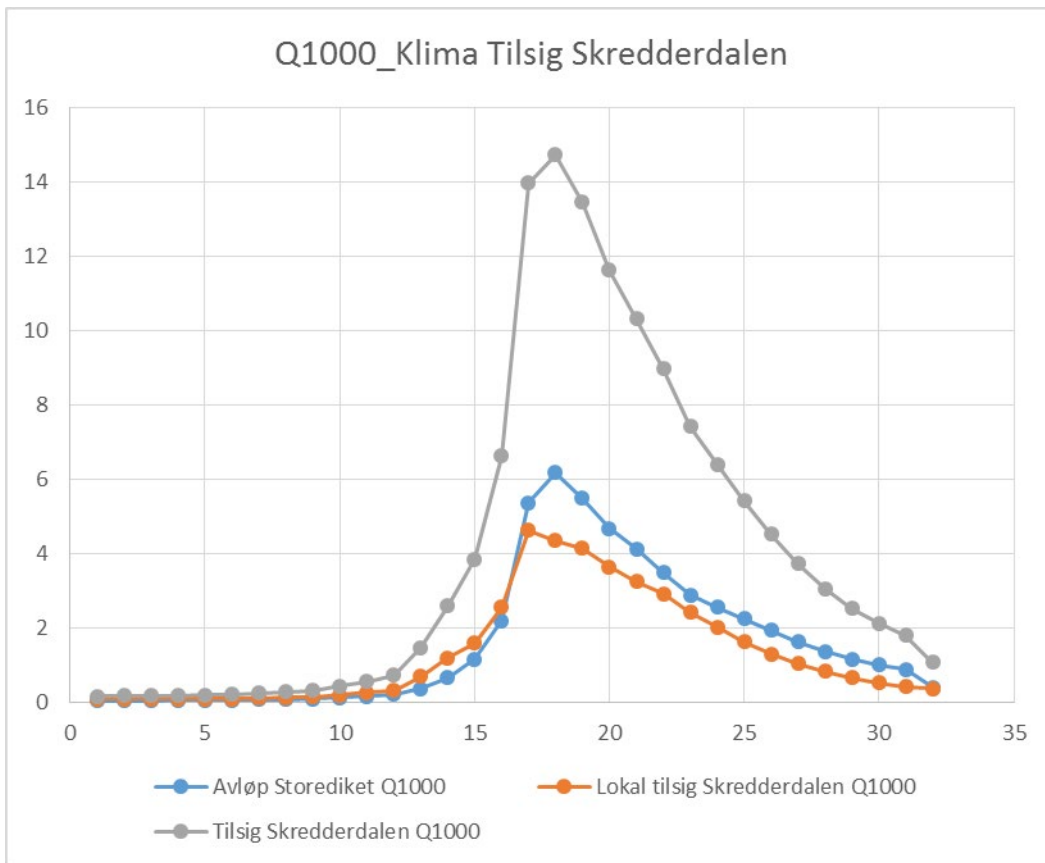
## 4 RESULTATER

### 4.1 Ruting gjennom Skredderdalen og Nedrediket

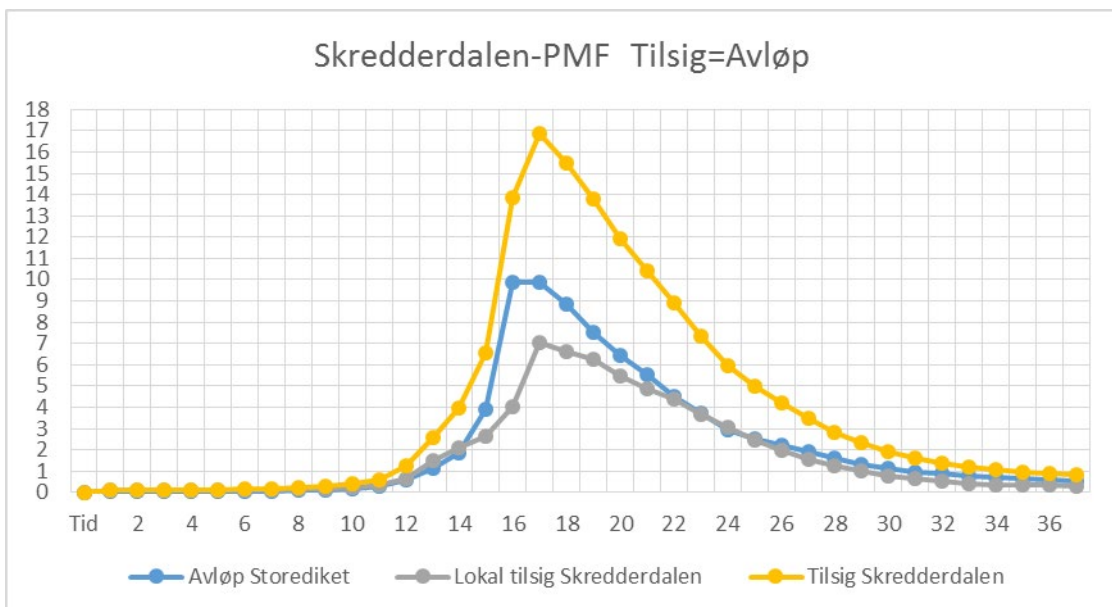
Vi rutet flommen gjennom dam Storediket hvor det var en liten demping av flommen. Vi så at både magasinet i Nedrediket og Skredderdalen var så små at det var ubetydelig demping og forsinkelse av avløpsflommen. Derfor er det en rimelig antagelse å sette avløpsflommen lik innløpsflommen for dam Skredderdalen og dam Nedrediket. Vi forsikret oss om dette ved å gjøre noen rutinger av flommene gjennom disse magasinene som bekreftet at det ikke var noen dempende effekt av magasinene. Det betyr at dimensjonerende flomvannstander kan bestemmes direkte fra avløpskurven. Figur 4-1, Figur 4-3 og Figur 4-3 viser hvordan vi har kommet frem til tilløpsflommen til Skredderdalen. I Figur 4-4 har vi vist hvordan tilløpsflommen til Nedrediket har blitt bestemt. Det er avløpsflom fra Storediket hvor vi har lagt til restfeltet. Som det fremgår får vi med oss litt forsinkelse som skyldes demping i magasinet til dam Storediket.



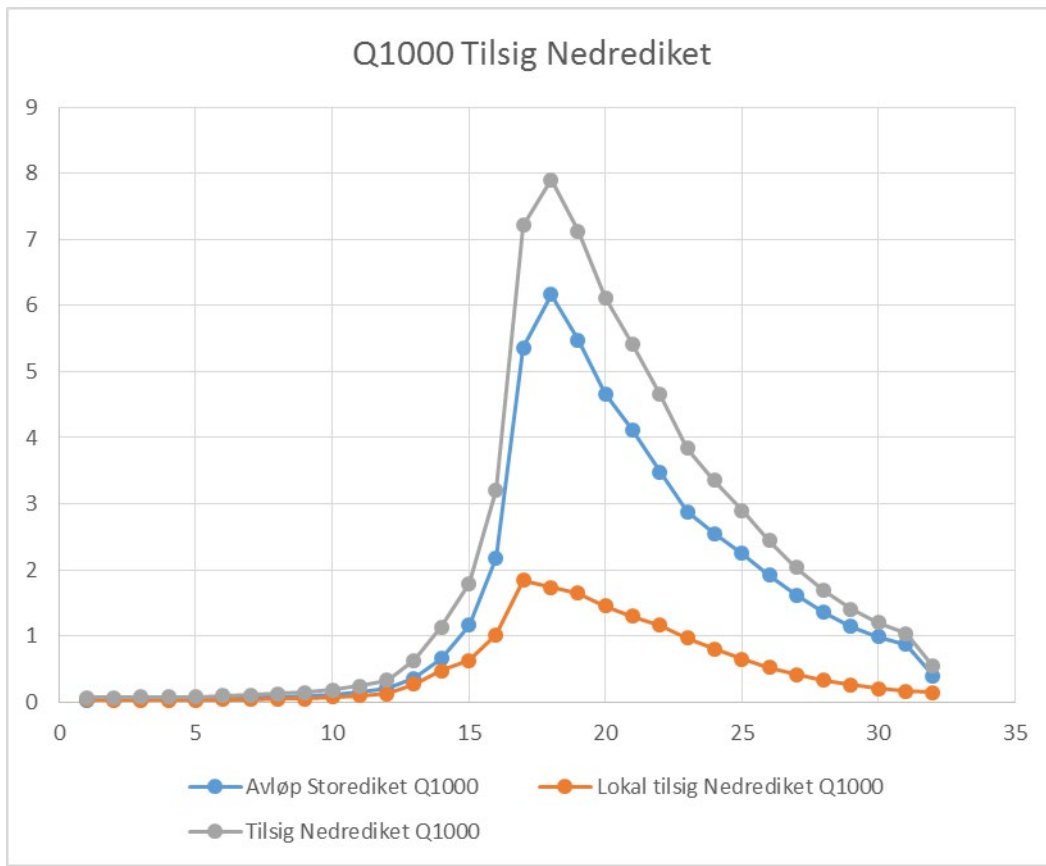
> Figur 4-1 Tilløpsflom dam Skredderdalen  $Q_{1000}$



> *Figur 4-2 Tilløpsflom dam Skredderdalen Q<sub>1000\_Klima</sub>*



> *Figur 4-3 Tilløpsflom Skredderdalen PMF.*



> *Figur 4-4 Tilløpsflom Nedrediket*

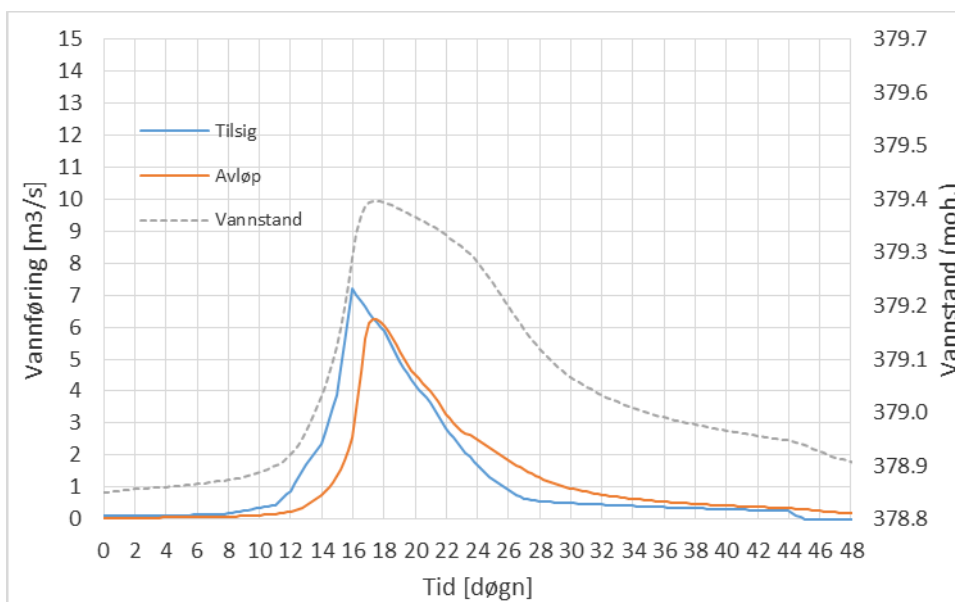
#### 4.1.1 Dam Storediket

Vi har rutet  $Q_{1000}$  og  $Q_{PMF}$  gjennom Storediket på forskjellige måter. Vi rutet først flommene uten tilstopping og uten klimafaktor. Ved flomløp som er utsatte for tilstopping er det, i henhold til [2], krav om å ta med dette i beregningene. Kravet om tilstopping gjelder kun i bruddgrensetilstand, altså ikke for  $Q_{PMF}$  som er en ulykkesgrensetilstand. Til slutt la vi også på klimafaktor.  $Q_{PMF}$  skal ikke ha med klimafaktor fordi det allerede er en ulykkesgrensetilstand med maksimal beregnelig nedbør. Vi regnet også med usikkerhetsfaktor på 10% i tilfellet med tilstopping. En oversikt over de forskjellige kombinasjonene vi har rutet er vist i Tabell 4-1. Resultater fra de forskjellige kombinasjonene er vist i etterfølgende.

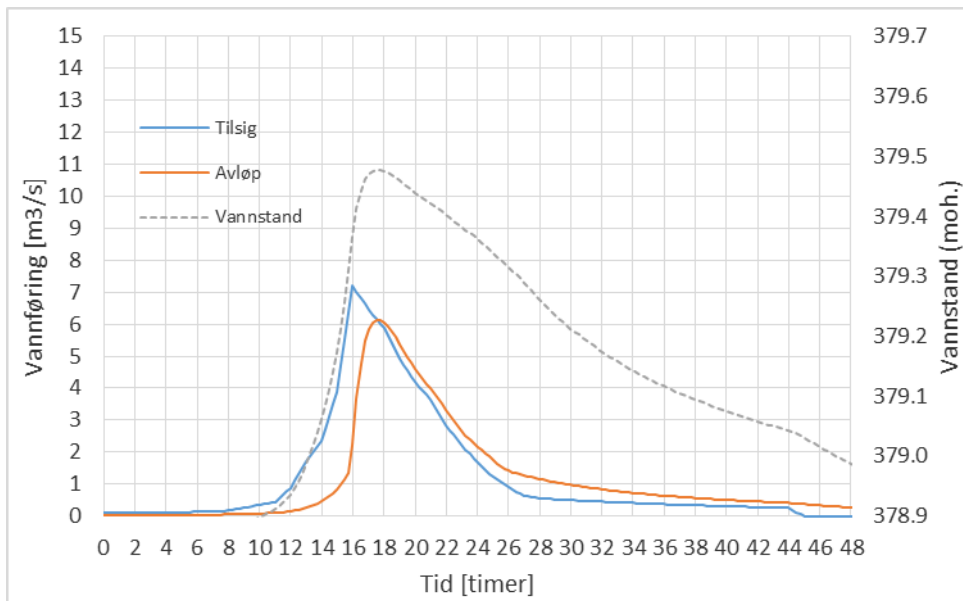
> Tabell 4-1 Måter vi har rutet de forskjellige flommene på for Storediket

	$Q_{1000}$	$Q_{PMF}$
Uten tilstopping, uten klimafaktor	Ja	Ja
Med tilstopping, uten klimafaktor	Ja	Nei
Med tilstopping, med klimafaktor	Ja	Nei
Med tilstopping, usikkerhetsfaktor og klimafaktor.	Ja	Nei

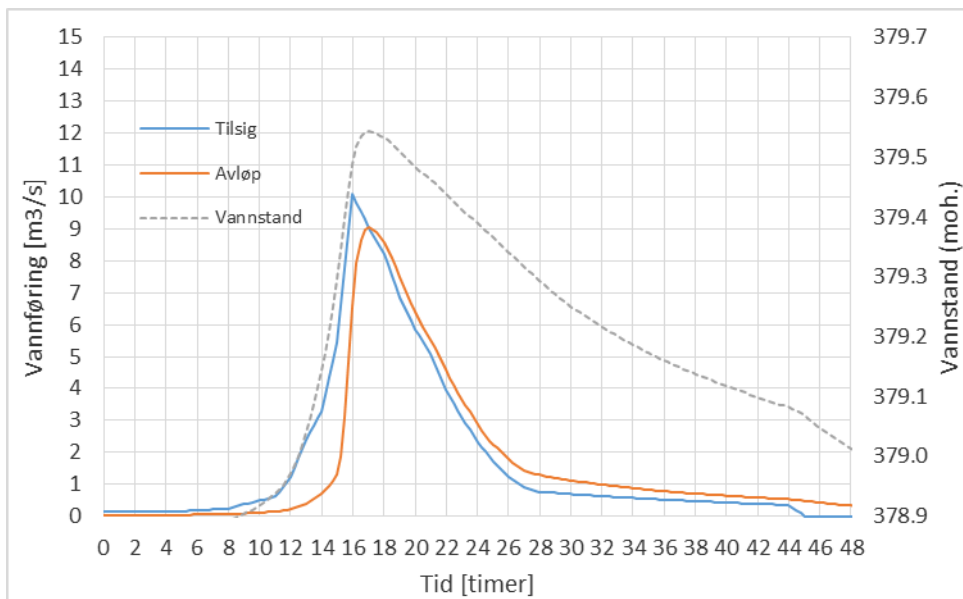
#### 4.1.2 $Q_{1000}$



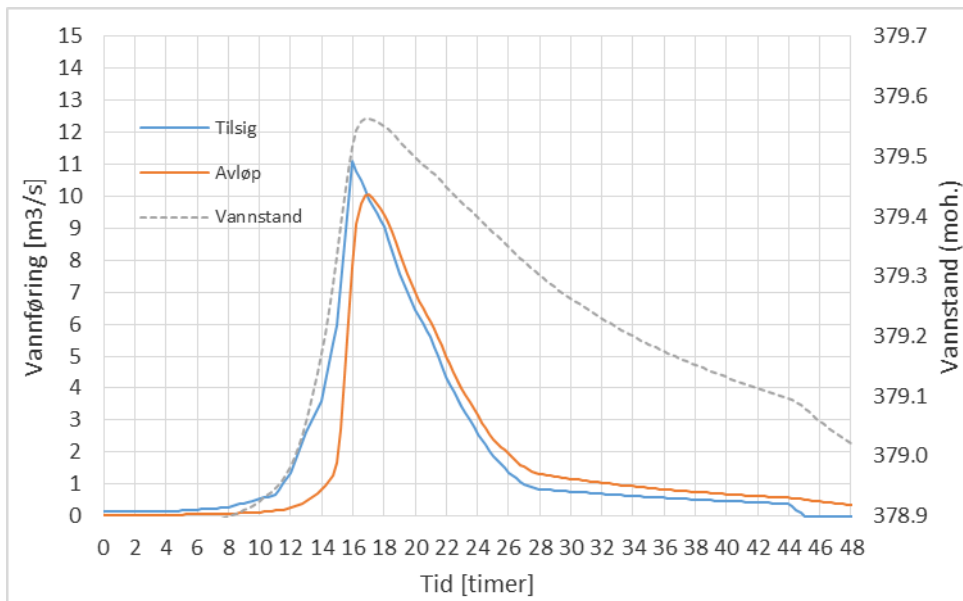
> Figur 4-5 Ruting av  $Q_{1000}$  uten tilstopping og uten klimafaktor



> Figur 4-6 Rutning av  $Q_{1000}$  med tilstopping og uten klimafaktor

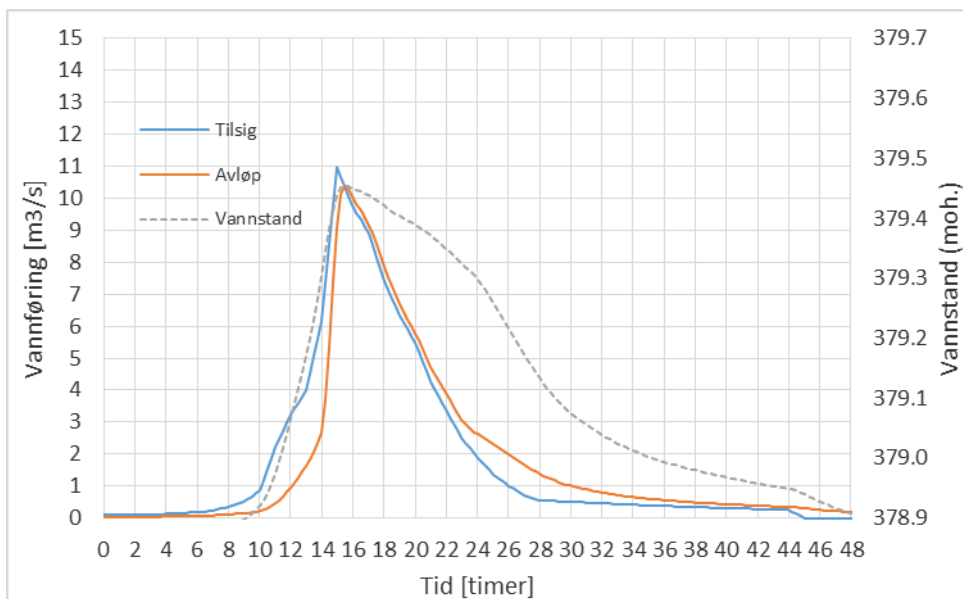


> Figur 4-7 Rutning av  $Q_{1000}$  med tilstopping og med klimafaktor



> Figur 4-8 Ruting av  $Q_{1000}$  med tilstopping, klimafaktor og usikkerhetsfaktor

#### 4.1.3 $Q_{PMF}$



> Figur 4-9 Ruting av  $Q_{PMF}$  uten tilstopping og uten klimafaktor

#### 4.1.4 Dam Nedrediket

For dam Nedrediket så har vi brukt avløpsflommer fra Storediket. Vi brukte  $Q_{1000}$  uten tilstopping avløpsflom. Den resulterende flom blir så  $Q_{1000}$  og lagt til restfeltet med verdier som bestemt for Skredderdalen. Vi har kun brukt  $Q_{1000}$  for dam, Dammen er i brudd konsekvensklasse 0 så det vil være konservativt å bruke  $Q_{1000}$  som brudd og ulykkesgrensetilstand for denne dammen. Vi har satt avløpsflom lik tilløpsflom

#### 4.1.5 Dam Skredderdalen

For dam Skredderdalen har vi brukt  $Q_{1000}$  uten tilstopping og PMF avløpsflommer fra Storediket og lagt til restfeltet med verdier som bestemt for Skredderdalen. Vi har skalert den resulterende tusenårsflommen når vi har beregnet flommer med klimafaktor og usikkerhetsfaktor. Alle beregninger er gjort med antagelsen om at flomløpet er rehabilitert og har en netto bredde på 12 m og 2 hjørner. Det betyr at når vannstanden er 0,5 over HRV er den effektive bredde redusert med 0,1 m til 11,9m. Vi har regnet 25% tilstopping av dette overløpet da vi antar at det utformes slik at fare for tilstopping reduseres. Vi bruker 50% tilstopping av damkrona da vi forventer at utformingen av denne ikke vil endres. Vi har satt avløpsflom lik tilløpsflom

## 4.2 Resultater

Resultatene fra de forskjellige rutingene er gitt i tabellene nedenfor. Anbefalte verdier står skrevet i bold.

### 4.2.1 Dam Storediket

- > Tabell 4-2 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$  og  $Q_{PMF}$ , Storediket. Uten tilstopping, uten klimafaktor

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)
$Q_{1000}$	+0,48	5540	7,19	6,25	0,55
$Q_{PMF}$	<b>+0,48</b>	<b>8440</b>	<b>10,97</b>	<b>10,37</b>	<b>0,60</b>

- > Tabell 4-3 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Storediket. Med tilstopping, uten klimafaktor

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)
$Q_{1000}$	+0,48	5540	7,20	6,12	0,63

- > Tabell 4-4 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Storediket. Med tilstopping, med klimafaktor på 1,4

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)
$Q_{1000}$	<b>+0,48</b>	<b>7750</b>	<b>10,08</b>	<b>9,04</b>	<b>0,69</b>

- > Tabell 4-5 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Storediket. Med tilstopping, med klimafaktor på 1,4 og usikkerhetsfaktor på 1.1

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig ( $m^3/s$ )	Avløp ( $m^3/s$ )	Vannstand (meter over HRV)
$Q_{1000}$	+0,48	8530	11,08	10,04	0,71

#### 4.2.1 Dam Nedrediket

> Tabell 4-6 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$ , Nedrediket. Uten tilstopping, uten klimafaktor

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)
<b>Q<sub>1000</sub></b>	<b>+1,93</b>	<b>4649</b>	<b>7,91</b>	<b>7,91</b>	<b>2,04</b>

#### 4.2.2 Dam Skredderdalen

> Tabell 4-7 Kulminasjonsverdier for  $Q_{1000}$  og  $Q_{PMF}$ , Skredderdalen. Uten tilstopping, uten klimafaktor

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)
Q <sub>1000</sub>	+1.11	4570	10,51	10,51	0.62
<b>Q<sub>PMF</sub></b>	<b>+1.11</b>	<b>7340</b>	<b>16.88</b>	<b>16.88</b>	<b>0.86</b>

> Tabell 4-8 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Skredderdalen. Med tilstopping, uten klimafaktor

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)
Q <sub>1000</sub>	+1.11	4570	10,51	10,51	0,75

> Tabell 4-9 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Skredderdalen. Med tilstopping, med klimafaktor på 1,4

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)
<b>Q<sub>1000</sub></b>	<b>+1.11</b>	<b>6395</b>	<b>14,72</b>	<b>14,72</b>	<b>0,95</b>

> Tabell 4-10 Kulminasjonsverdier for og  $Q_{1000}$ , Skredderdalen. Med tilstopping, med klimafaktor på 1,4 og usikkerhetsfaktor på 1.1

Flom	Krone (meter over HRV)	Tilsig $\left(\frac{1}{s \cdot km^2}\right)$	Tilsig (m <sup>3</sup> /s)	Avløp (m <sup>3</sup> /s)	Vannstand (meter over HRV)
Q <sub>1000</sub>	+1.11	7037	16,19	16,19	1,01

### 4.3 Følsomhetsanalyse

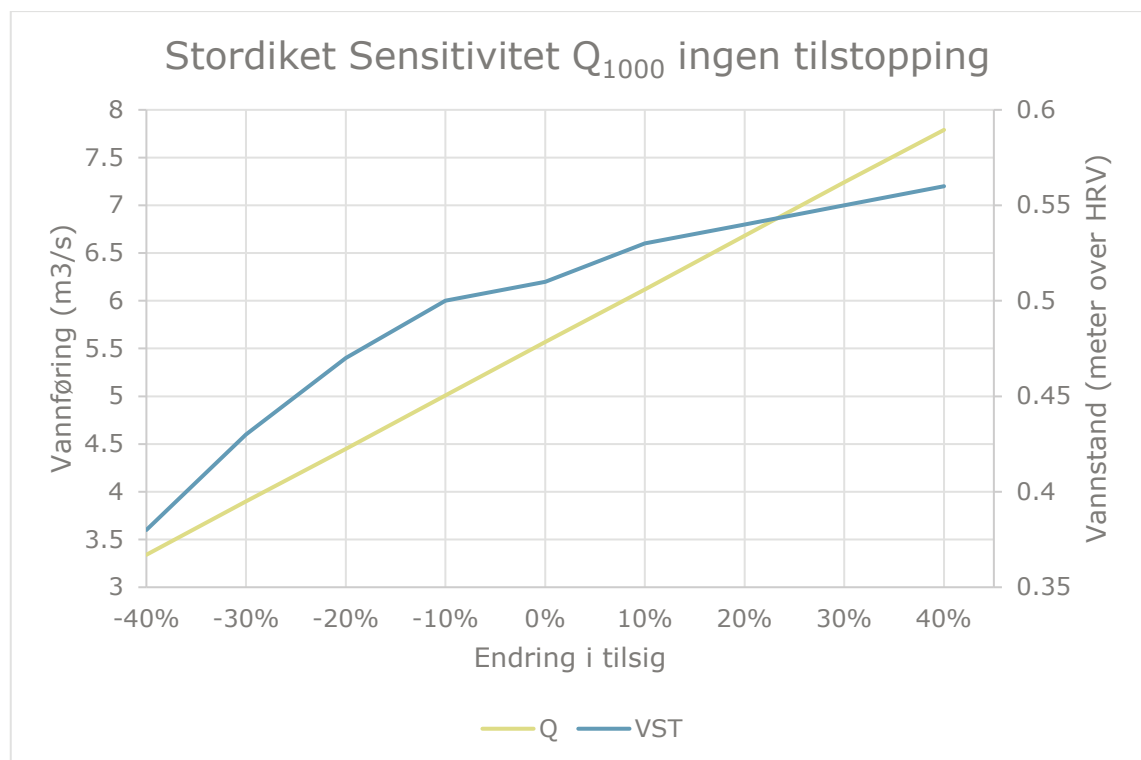
I henhold til [15] er det krav om en følsomhetsanalyse for flomberegninger med datagrunnlag i kvalitetsklasse 3. En følsomhetsanalyse kan utføres ved at tilløpsflommen skaleres opp og ned med for eksempel 10, 20, 30 og 40 %. For å gi et best mulig bilde av følsomheten har vi skalert tilsiget fra -40% til +40%.

Resultatene fra følsomhetsanalysen er gitt i Figur 4-10 for Stordiket og Figur 4-11 for Skredderdalen. Vi testet følsomheten for tusenårsflommen med overløp som ikke er tilstoppet.

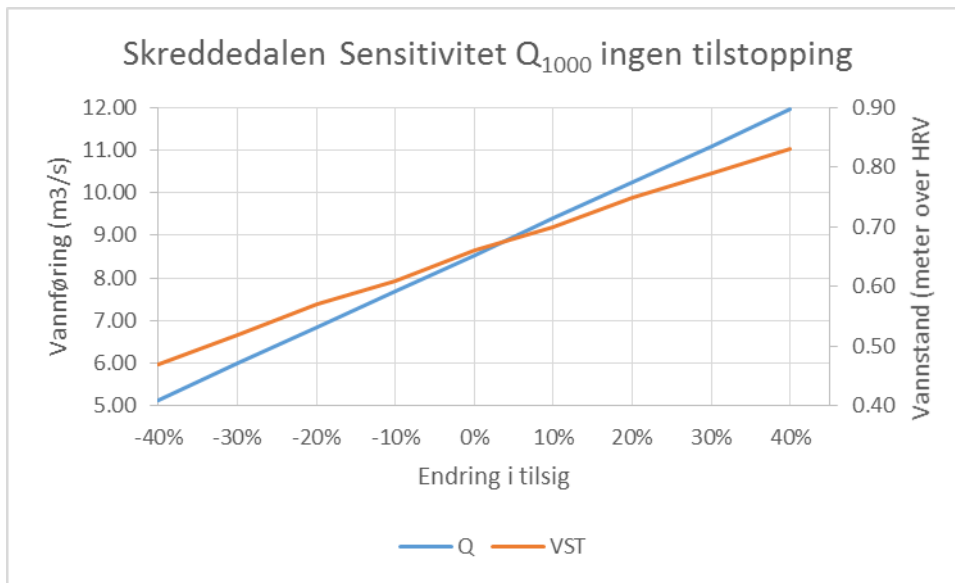
For dam Stordiket vil en endring på 10% av tilløpsflommen gir en endring i vannstand på omtrent 2,5cm følsomheten er mindre for større flommer.

For dam Skredderdalen vil en endring på 10% av tilløpsflommen gir en tilsvarende endring i vannstand på omtrent 4,5cm følsomheten er noe avtagende for større flommer.

Vi har ikke gjort en følsomhetsanalyse for Nedrediket.



- > *Figur 4-10 Følsomhetsanalyse for  $Q_{1000}$  uten tilstopping for Stordiket, nytt overløp, kulminasjonsverdien*



- > Figur 4-11 Følsomhetsanalyse for  $Q_{1000}$  uten tilstopping for Skreddedalen, nytt overløp, kulminasjonsverdien

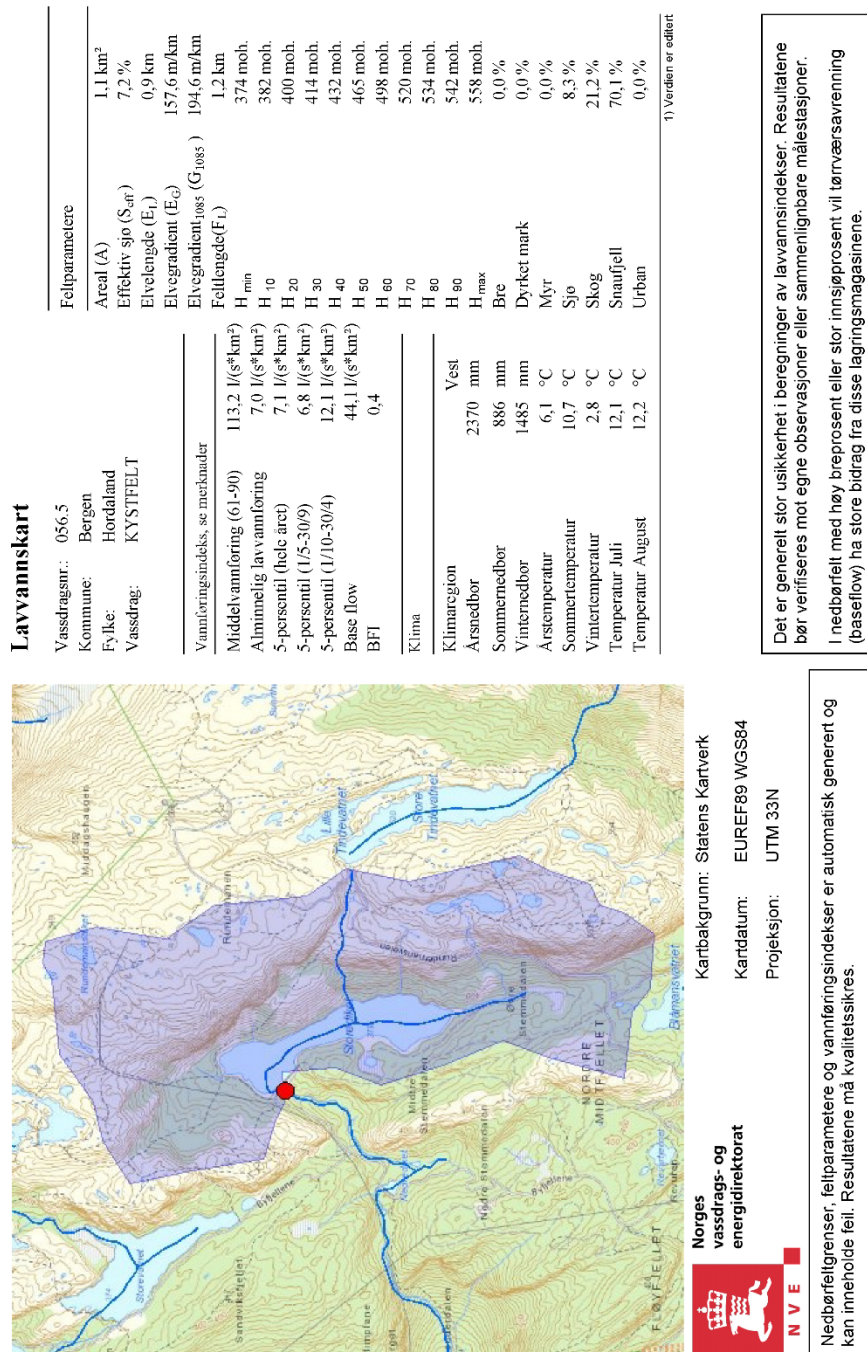
## 5 REFERANSER

- [1] «Forskrift om sikkerhet ved vassdragsanlegg (damsikkerhetsforskriften),» Lovdata, [Internett]. Available: [https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2009-12-18-1600/\\*#\\*](https://lovdata.no/dokument/LTI/forskrift/2009-12-18-1600/*#*).
- [2] «Retningslinjer for flomberegninger,» NVE, Retningslinjer 04, 2011.
- [3] 2.-2. NVE, «Dammer Skredderdalen, Storediket og Nedrediket i Bergen kommune. flomberegninger - tilbakemelding fra NVE,» 28.01.2019.
- [4] Norconsult, Flomberegning Dam Storediket og Skredderdalen vannbasseng, oppdrag 5134019, 2013.
- [5] «Dam Storediket og Skredderdalen vannbasseng i Bergen kommune. Godkjenning flomberegninger - vedtak - NVE201304284-10/201304285-6 tbd/rmin,» NVE, 28.01.2014.
- [6] «Høydedata,» Kartverket, [Internett]. Available: <https://hoydedata.no/LaserInnsyn/>.
- [7] «NEVINA,» NVE, [Internett]. Available: <http://nevina.nve.no/>.
- [8] «Retningslinjer for flomløp, til §§ 4-6 og 4-13 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg,» NVE, Utgave 2 - oktober 2005.
- [9] «Atlas,» NVE, [Internett]. Available: <http://atlas.nve.no/>.
- [10] DAGUT, NVE.
- [11] VFPUNKTER, NVE.
- [12] «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt,» NVE, Rapport 7, 2015.
- [13] «PQ Rout,» NVE, [Internett]. Available: <http://pqrout.nve.no/>.
- [14] «Klimaendringer og framtidige flommer i Norge,» NVE, Rapport 81, 2016.
- [15] «Flomberegninger - følsomhetsanalyser for vurdering av usikkerhet i datagrunnlag og klimaendringer,» NVE, Tillegg til retningslinjer for flomberegninger (2011), 28.11.2016.
- [16] FINUT, NVE.
- [17] «Klimaservicesenter,» [Internett]. Available: <https://klimaservicesenter.no>.
- [18] «Dambruddsbølgeberegninger Skredderdalen vannbasseng,» Norconsult oppdragsnr.:5134019, 2014.
- [19] «Skredderdalen vannbasseng i bergen kommune. Dambruddsbølgeberegninger. Klassifisering-vedtak NVE201304285-8,» NVE, 20.06.2014.

# VEDLEGG A - FLOMBEREGNINGER

## A.1.1 Feltareal

Med Nevina [7] ble nedbørfelt først automatisk generert. Vannskillet ble så kontrollert manuelt, og justert ved behov, med bruk av høydekurver. Figur A1, A2 og A3 viser feltparametere beregnet med NEVINA for nedbørfeltene.

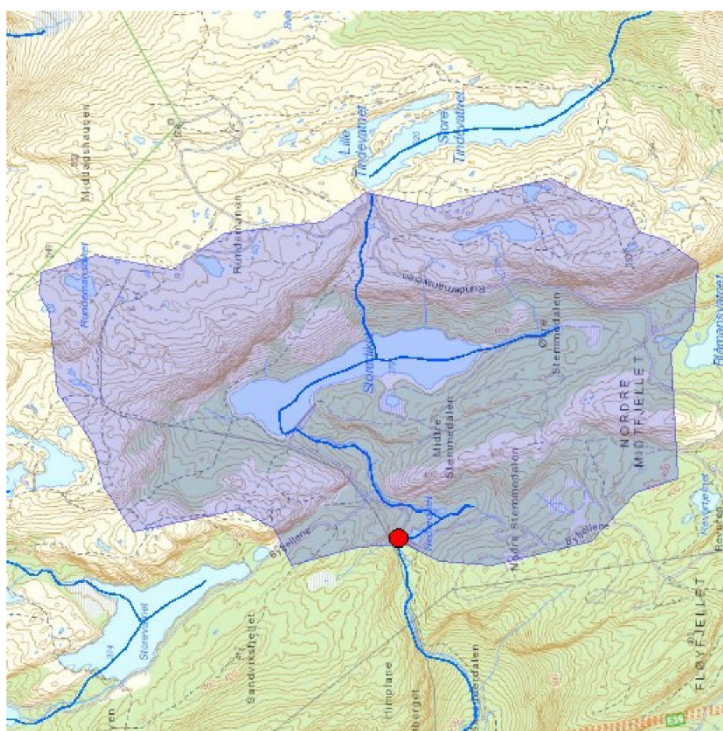


> Figur A-1 Lavvanskart for Storediket med feltparametere fra NEVINA [7]

## Lavvannskart

Vassdragsnr.:	056.5	Feltparametere	
Kommune:	Bergen	Areal (A)	1,5 km <sup>2</sup>
Fylke:	Hordaland	Efektiv sjo (S <sub>eff</sub> )	4,1 %
Vassdrag:	KYSTFELT	Elvelengde (E <sub>L</sub> )	1,6 km
		Elvegradient (E <sub>G</sub> )	118,8 m/km
		Elvegradient <sub>1085</sub> (G <sub>1085</sub> )	130,1 m/km
		Felllengde(F <sub>L</sub> )	1,3 km
Vannføringsindeks, se merknader		H <sub>min</sub>	321 moh.
Middelvannføring (61-90)	109,0 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>10</sub>	367 moh.
Alminnelig lavvannføring	6,9 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>20</sub>	379 moh.
5-persentil (hele året)	7,0 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>30</sub>	392 moh.
5-persentil (1/5-30/9)	7,1 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>40</sub>	403 moh.
5-persentil (1/10-30/4)	11,2 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>50</sub>	417 moh.
Base flow	36,0 l/(s*km <sup>2</sup> )	H <sub>60</sub>	443 moh.
BFI	0,3	H <sub>70</sub>	494 moh.
Klima		H <sub>80</sub>	523 moh.
Klimaregion	Vest	H <sub>90</sub>	540 moh.
Arnsnedbør	2358 mm	H <sub>max</sub>	558 moh.
Sommermedbør	883 mm	Bre	0,0 %
Vintermedbør	1475 mm	Dyrket mark	0,0 %
Årstemperatur	5,9 °C	Myr	0,5 %
Sommertemperatur	10,3 °C	Sjo	36,0 %
Vintertemperatur	2,7 °C	Skog	57,2 %
Temperatur juli	11,8 °C	Snaufjell	0,0 %
Temperatur August	11,9 °C	Urban	0,0 %

1) Verden er editert



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N

Norges  
 vassdrags- og  
 energidirektorat



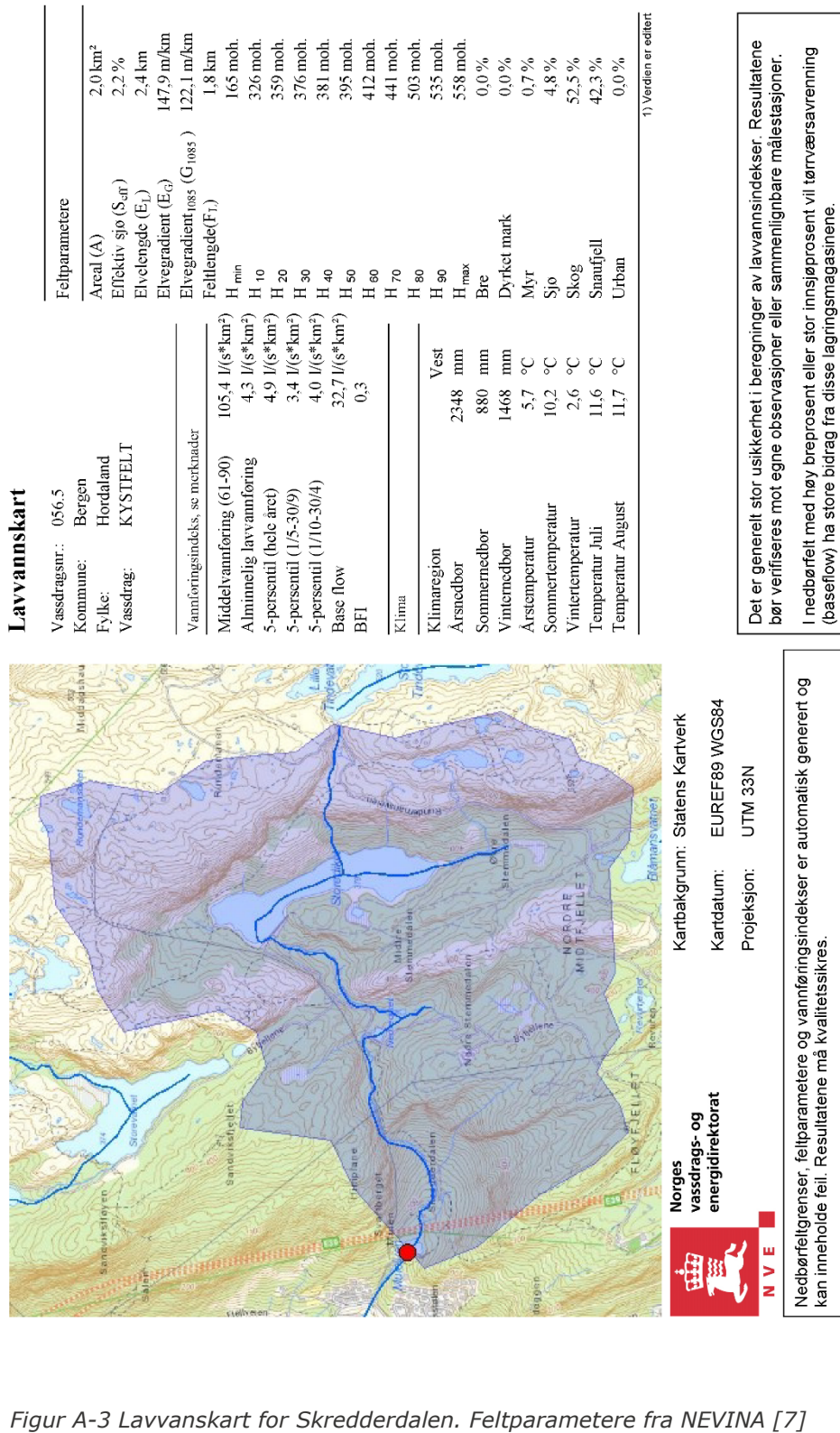
Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Det er generell stor usikkerhet i beregninger av lavvannindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner.

I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

© nevina.nve.no

> Figur A-2 Lavvannskart for Nedrediket med feltparametere fra NEVINA [7]



© nevina.nve.no

## Lavvanskart

Vassdragsnr.: 056.5  
 Kommune: Bergen  
 Fylke: Hordaland  
 Vassdrag: KYSTIFELT

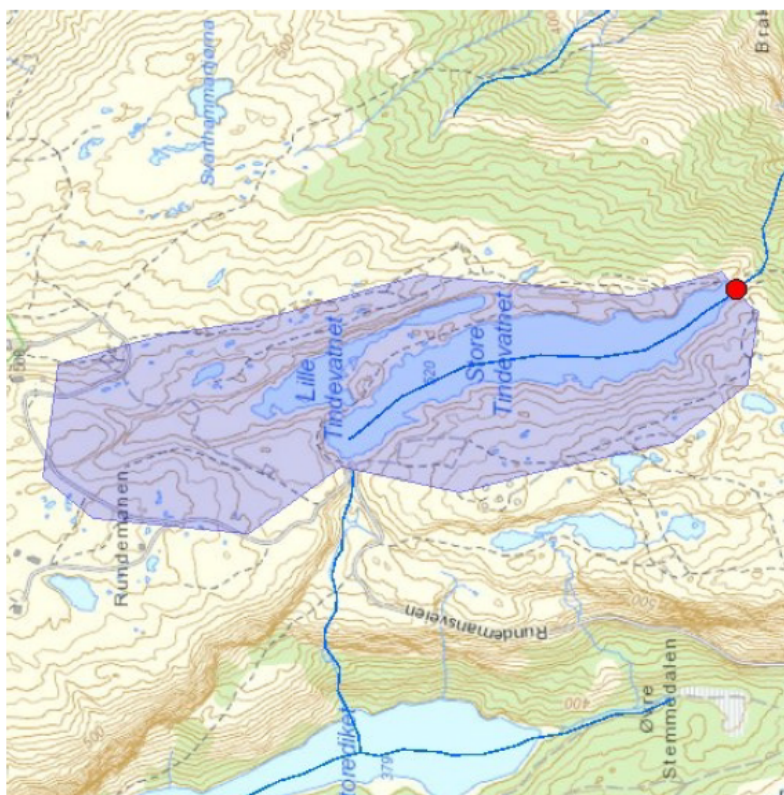
Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	121,1 l/(s*km <sup>2</sup> )
Almunnelig lavvannføring	7,0 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (hele året)	7,1 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/5-30/9)	7,0 l/(s*km <sup>2</sup> )
5-persentil (1/10-30/4)	12,0 l/(s*km <sup>2</sup> )
Base flow	59,3 l/(s*km <sup>2</sup> )
BFI	0,5

Klima

Klimaregion	Vest
Årsnedbør	2395 mm
Sommernedbør	893 mm
Vinternedbør	1502 mm
Årstemperatur	6,1 °C
Sommertemperatur	10,6 °C
Vintertemperatur	2,8 °C
Temperatur Juli	12,0 °C
Temperatur August	12,2 °C

1) Verdien er editert



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat



Kartbakgrunn: Statens Kartverk  
 Kartdatum: EUREF89 WGS84  
 Prosjeksjon: UTM 33N

Nedbørfeltgrenser, feltparametere og vannføringsindekser er automatisk generert og kan inneholde feil. Resultatene må kvalitetssikres.

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannindekser. Resultatene bør verifiseres mot egne observasjoner eller sammenlignbare målestasjoner. I nedbørfelt med høy breprosent eller stor innsjøprosent vil tørrværsavrenning (baseflow) ha store bidrag fra disse lagringsmagasinene.

### A.1.2 Effektiv sjøprosent

I henhold til [2] blir effektiv sjøprosent beregnet med Nevina [7] med følgende formel:

$$A_{SE,nevina} = 100 \cdot \frac{\sum(A_i \cdot a_i)}{A^2}$$

der  $a_i$  er innsjø  $i$ 's overflateareal i  $\text{km}^2$ , og  $A_i$  er det totale feltarealet til samme innsjø i  $\text{km}^2$ . Effektiv sjøprosent skal ikke inkludere magasinareal, men dette blir ikke automatisk trukket fra i Nevina [7]. Derfor er det nødvendig å trekke fra den delen av den effektive sjøprosenten som kommer fra magasinarealene. Det gjøres med følgende formel

$$A_{SE} = A_{SE,nevina} - 100 \cdot \frac{\sum(A_{m,i} \cdot a_{m,i})}{A^2}$$

hvor  $A_{SE}$ : Korrigert effektiv sjøprosent

$A_{SE,nevina}$ : Effektiv sjøprosent inklusive magasinarealet beregnet i NEVINA

$A$ : Totalt feltareal

$A_{m,i}$ : Feltareal til magasin  $i$ , hentet ut med [9]

$a_{m,i}$ : Magasinarealet til magasin  $i$ , hentet ut med [9]

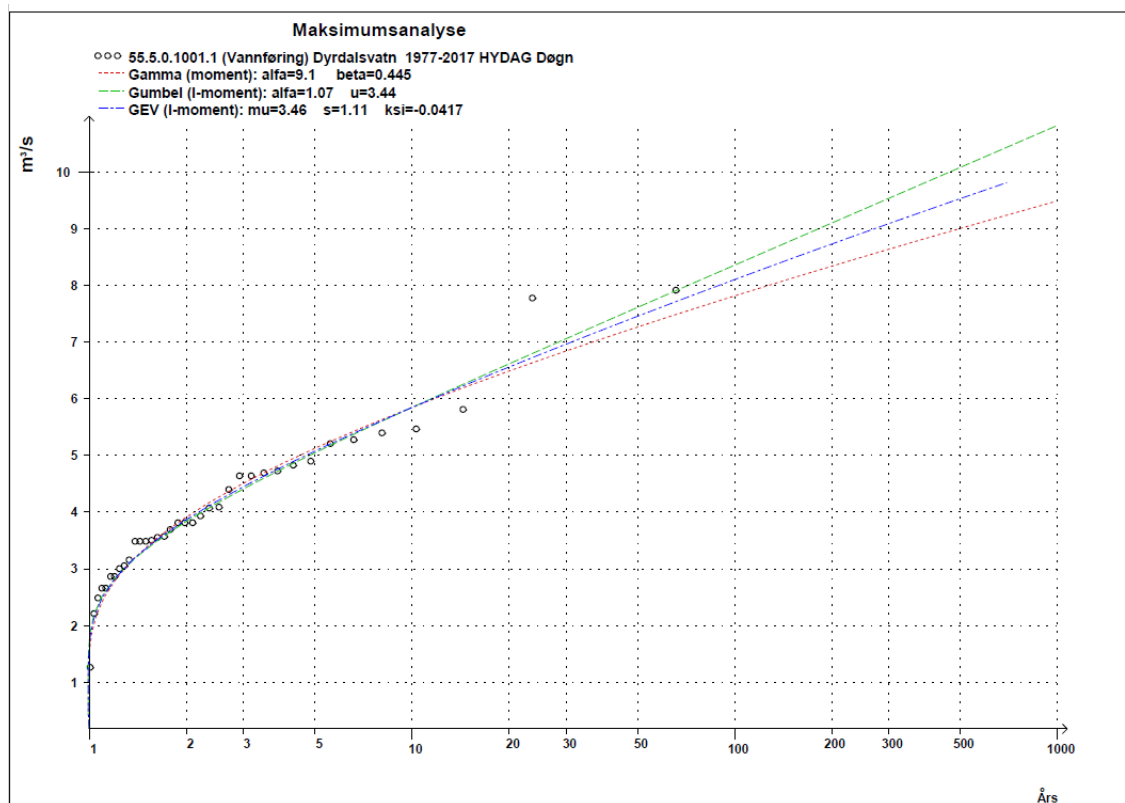
> Tabell A-1 Korrigerings av effektiv sjøprosent

Dam	Effektiv sjøprosent, beregnet med Nevina $A_{SE,nevina}$ [%]	Feltareal $A$ [ $\text{km}^2$ ]	Magasinareal $a_M$ [ $\text{km}^2$ ]	Korrigert effektiv sjøprosent $A_{SE}$ [%]
Storediket	7,2	1,0	0,08	0,6
Nedrediket	4,1	1,4	0,005+0,08	0,1
Skredderdalen	2,2	2	0,003+0,005+0,08	0,1

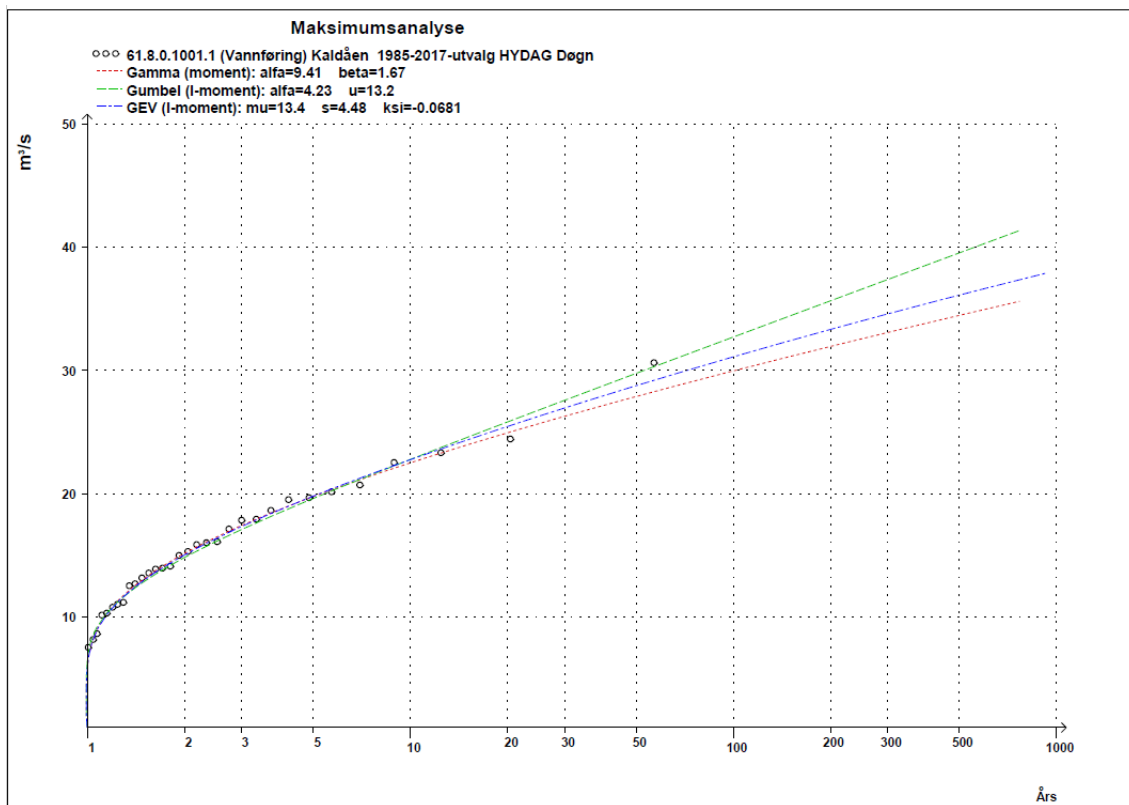
Vi ruter flommen gjennom magasinene og den korrigerede lave sjøprosent stemmer bra. Det er kun i nedbørfeltet til Storediket det er innsjøer. Feltet til Tindevatna er lagt til som ekstra areal.

## A.2 Frekvensanalyser

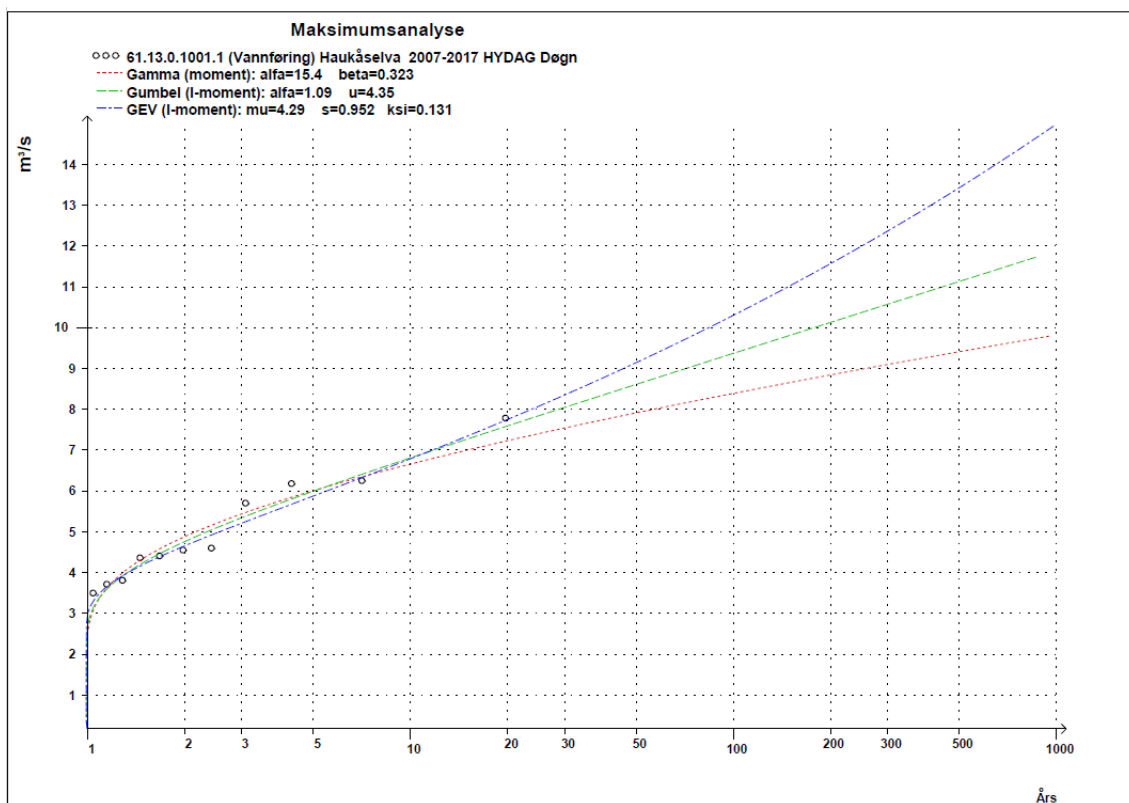
### A.2.1 Frekvensanalyse for målestasjoner



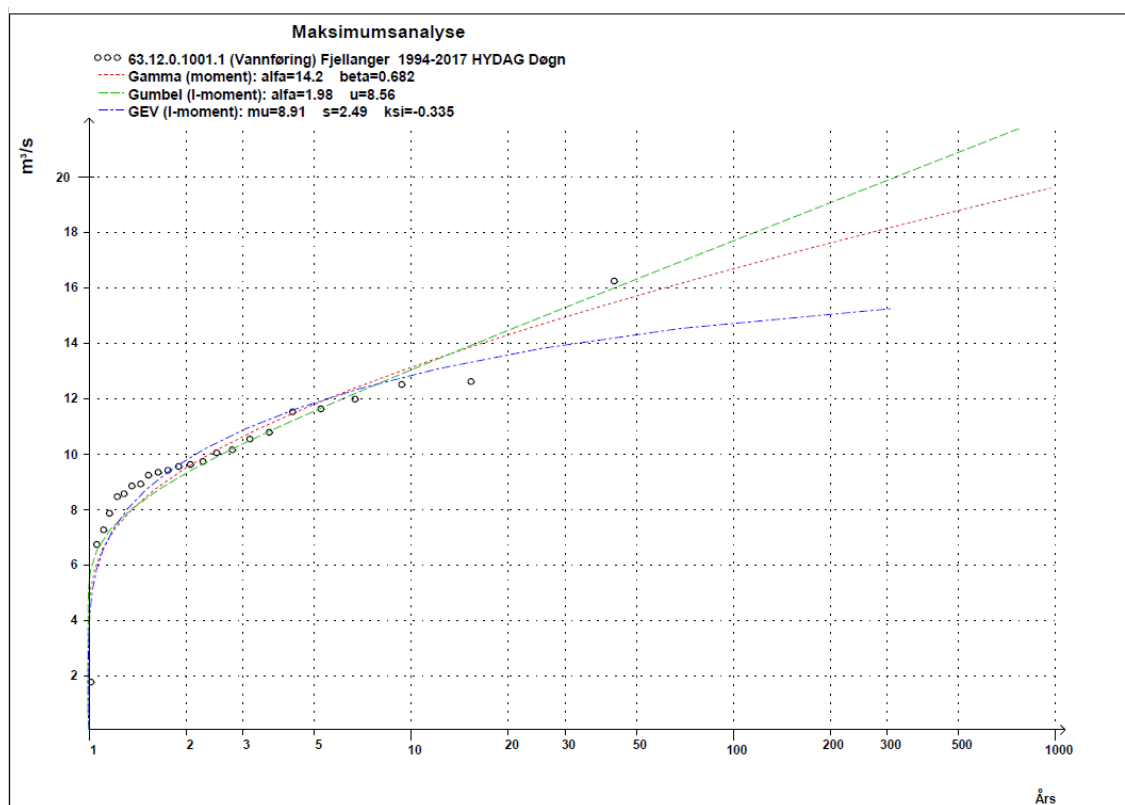
> Figur A-4 Frekvensanalyse, målestasjon 55.5



> Figur A-5 Frekvensanalyse, målestasjon 61.8



> Figur A-6 Frekvensanalyse, målestasjon 61.13



> Figur A-7 Frekvensanalyse, målestasjon 63.12

### A.3 Kulminasjonsfaktor

Kulminasjonsfaktorene for de forskjellige målestasjonene er beregnet som forholdet mellom knekkpunktverdi og døgnverdi fra FINUT [16]. Da dette forholdet varierer over tid, har vi sett på den største registrerte knekkpunktverdien og tilhørende maksimale døgnverdi for hver av målestasjonene. Døgnverdiene og kulminasjonsverdiene er hentet ut med FINUT [16] og er gjengitt i Tabell A-2. Se flomkurver med knekkpunkt- og døgnverdier for målestasjonene i Figur A-8 til A-11

> *Tabell A-2 Beregnet kulminasjonsfaktor for hver målestasjon*

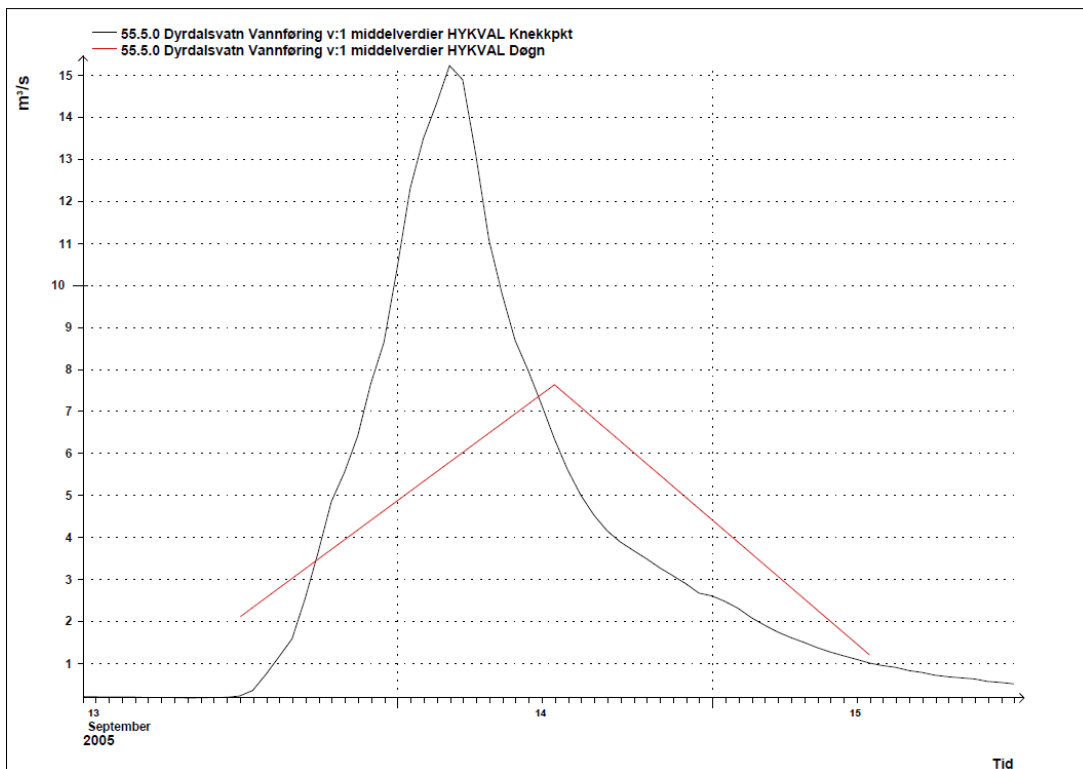
Målestasjon	Dato	Knekkpunktverdi	Døgnverdi	Kulminasjonsfaktor $K_{KUL}$
55.5	14/9/2005	15.22	7.63	1.99
61.8	12/10/1985	50.56	34.24	1.48
61.13	23/12/2017	10.5	7.77	1.35
63.12	14/11/2005	31.47	16.07	1.96
Skredderdalen	-	-	-	1.7

Som en sammenlikning er kulminasjonsfaktoren til dammen også beregnet i henhold til [2] med formel for høstflom:

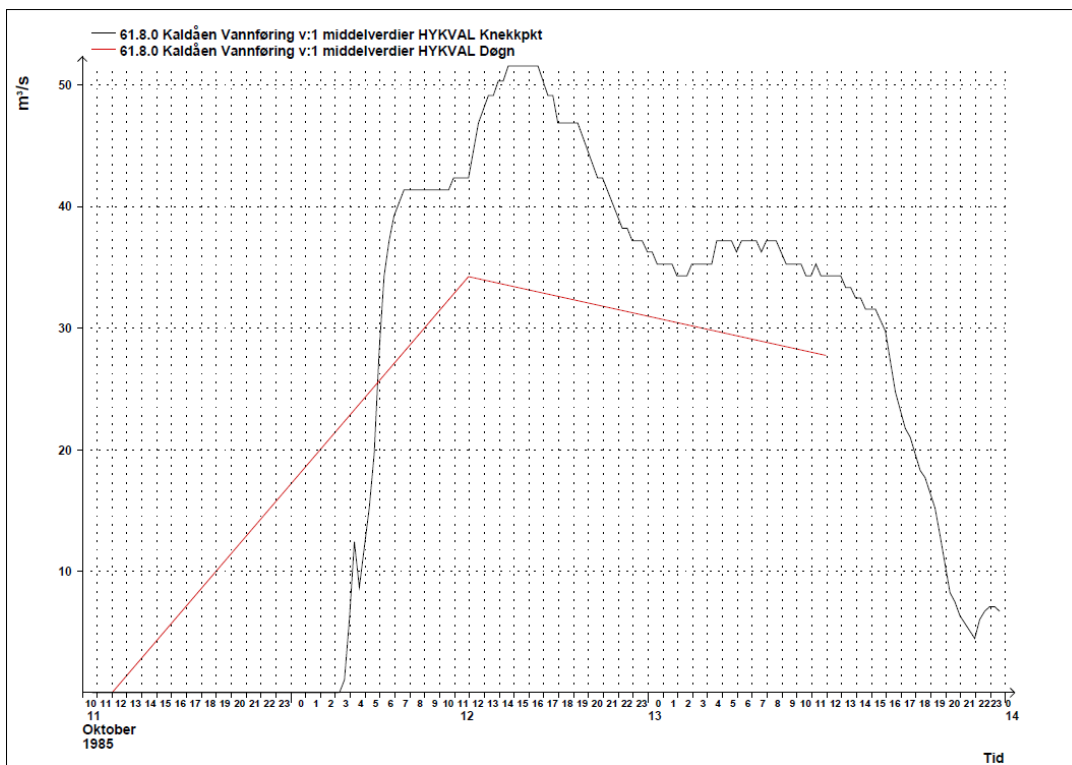
$$K_{KUL} = 2,29 - 0,29 \cdot \log(A) - 0,270 \cdot A_{SE}^2 = 2.2$$

Hvor A: Feltarealet til dammen [km<sup>2</sup>]  
 A<sub>SE</sub>: Effektiv sjøprosent [%]

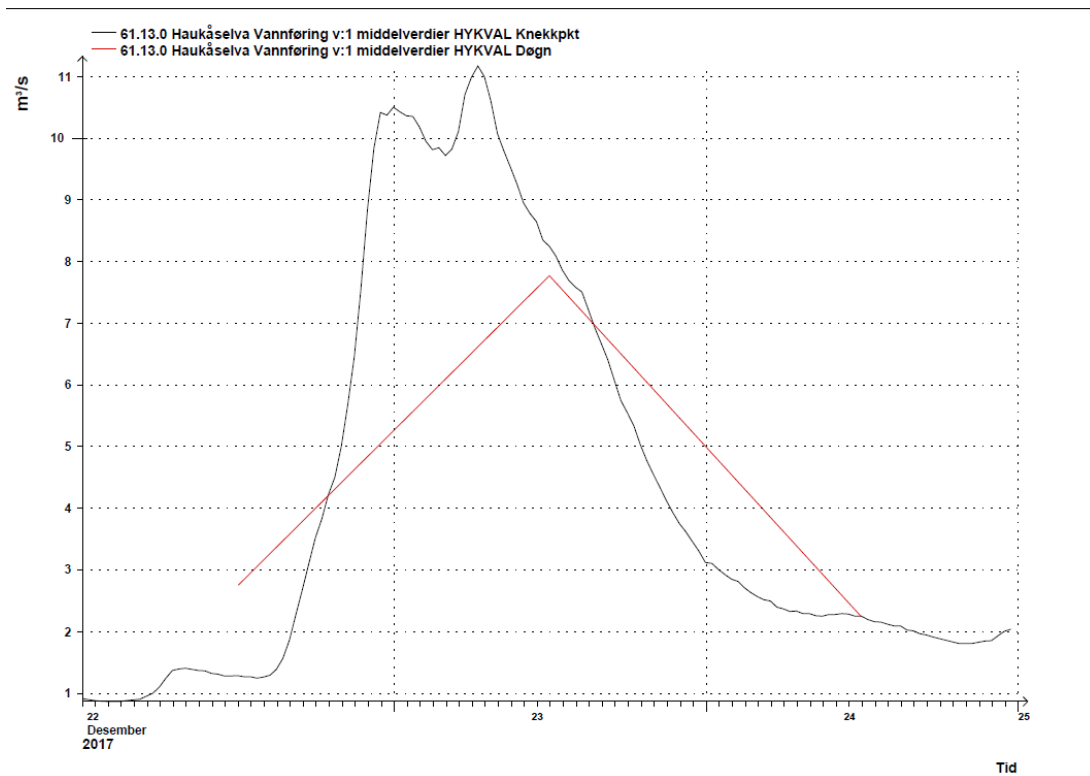
Med denne formelen ble kulminasjonsfaktoren 2,20, altså høyere enn det vi hadde beregnet i Tabell A-2. I henhold til [12] ble så er ikke denne formelen spesielt utformet for små nedbørfelt, og den bør ikke brukes ukritisk. Vi velger derfor å benytte kulminasjonsfaktoren på 1,7. Verdien er hentet fra Tabell A-2.



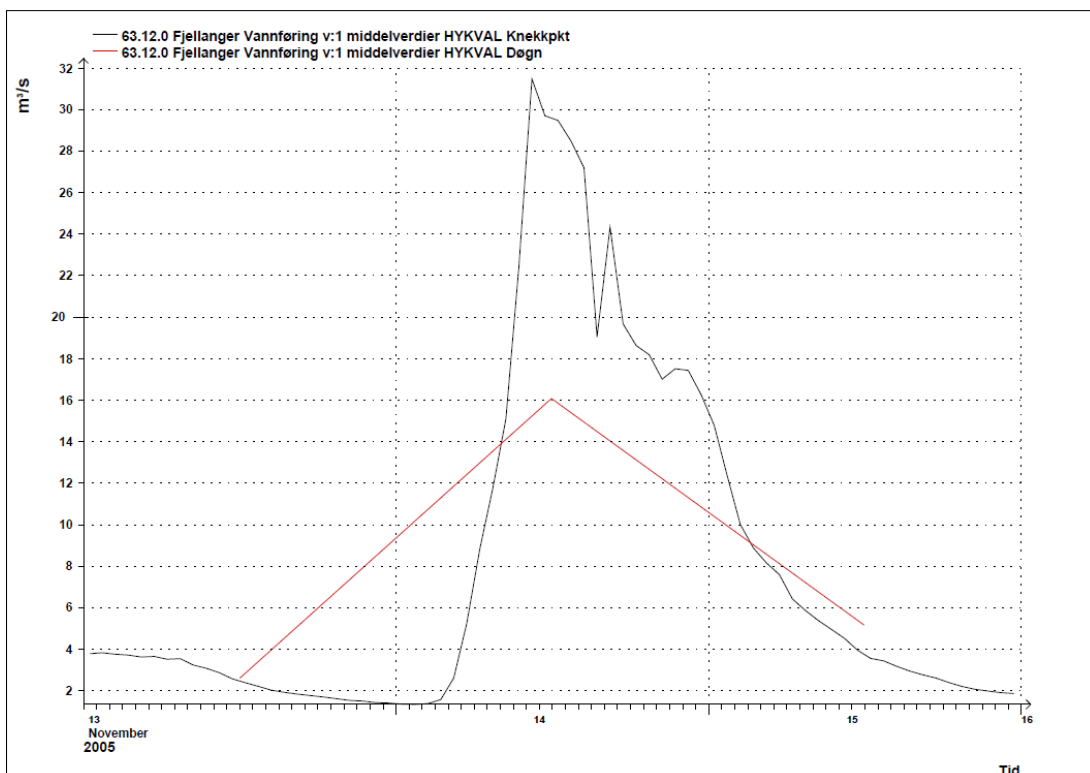
> Figur A-8 Vannføring med knekkpunktverdier og døgnverdier i målestasjon 55.5 fra september 2005. Verdier er hentet med FINUT [16]



> Figur A-9 Vannføring med knekkpunktverdier og døgnverdier i målestasjon 61.8 fra oktober 1985. Verdier er hentet med FINUT [16]

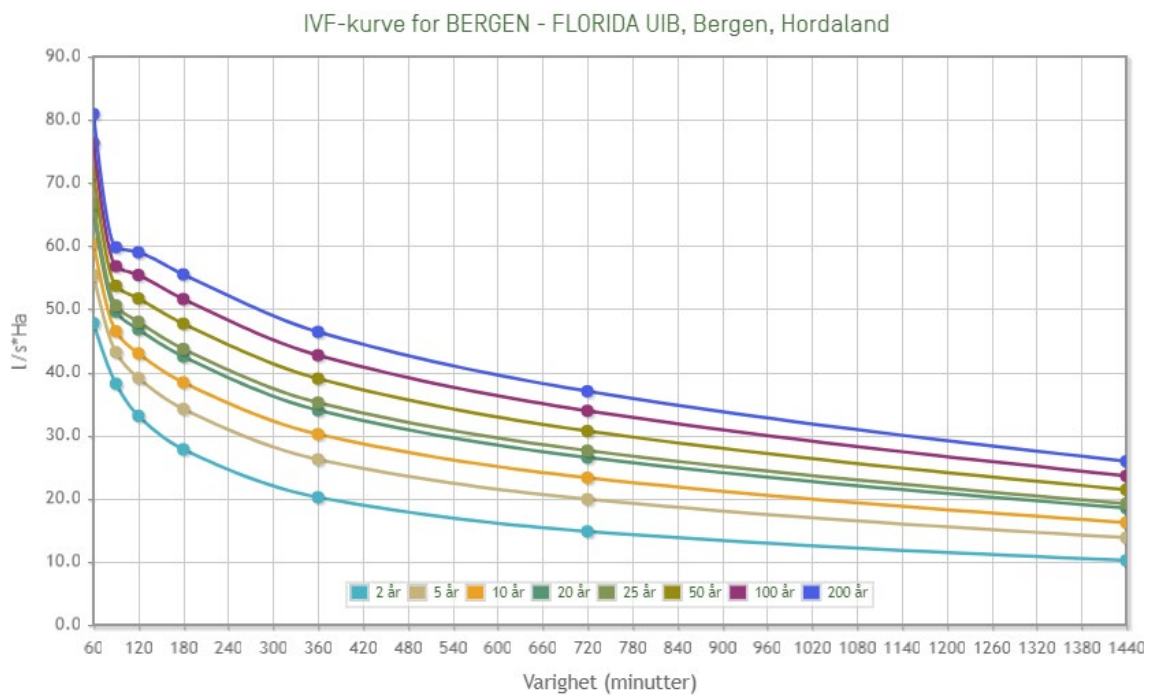
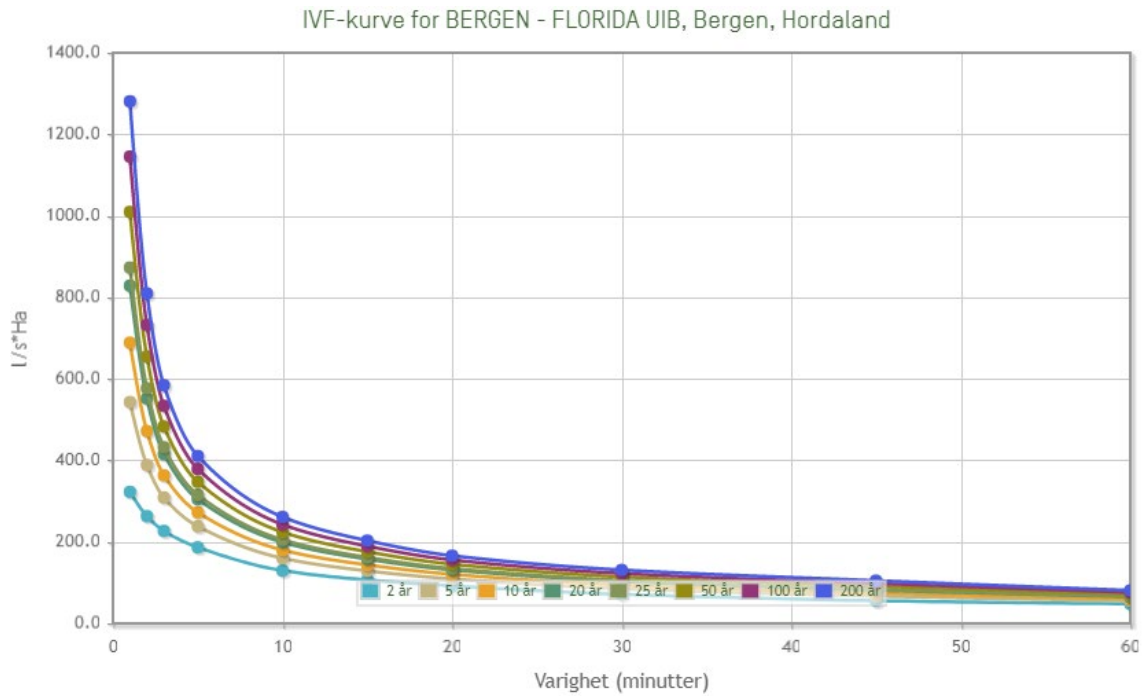


- > Figur A-10 Vannføring med knekkpunktverdier og døgnverdier i målestasjon 61.13 fra desember 2017. Verdier er hentet med FINUT [16]



- > Figur A-11 Vannføring med knekkpunktverdier og døgnverdier i målestasjon 63.12 fra november 2005. Verdier er hentet med FINUT [16]

## A.4 IVF-kurver



> *Figur A-12 IVF-kurver for Bergen - Florida [17]*

## A.5 Årsnedbør, Skredderdalen

### 4. 1) Årsverdi:

Antall timer (n)	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
n timer / 24 timer	0.27	0.36	0.56	0.74	1	1.3	1.55	1.78	1.98	2.17	2.36	2.55
M10 (mm)	35	45	75	95	130	170	200	230	255	280	305	330
M25 (mm)	40	55	85	110	150	195	235	265	295	325	355	385
M50 (mm)	45	60	90	120	165	215	255	295	325	360	390	420
M100 (mm)	50	65	100	135	180	235	280	320	355	390	425	460
M200 (mm)	55	70	110	150	200	260	310	355	395	435	470	510
M500 (mm)	60	80	125	165	225	295	350	400	445	490	530	575
M1000 (mm)	65	90	135	180	245	320	380	435	485	530	580	625
PMP (mm)	95	130	200	265	355	460	550	630	705	770	840	905

### 5) Justering fra punkt til areal-verdi.

De gitte verdier gir punktnedbør for et "representativt" fiktivt punkt i feltet.

For felt på ca. 2 kv.km fåes et grovestimat av arealnedbør ved å multiplisere

punktverdiene med en "arealreduksjonsfaktor" ARF:

ANTALL TIMER:	1	2	6	12	24	48	72	96	120	144	168	192
ARF (1 kv.km.)	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1	1	1	1	1	1
ARF (1,5 kv.km.)	0.95	0.96	0.97	0.98	0.99	0.99	1	1	1	1	1	1
ARF (2 kv.km.)	0.94	0.95	0.97	0.98	0.99	0.99	0.99	1	1	1	1	1
ARF (5 kv.km.)	0.93	0.95	0.97	0.98	0.98	0.99	0.99	0.99	1	1	1	1

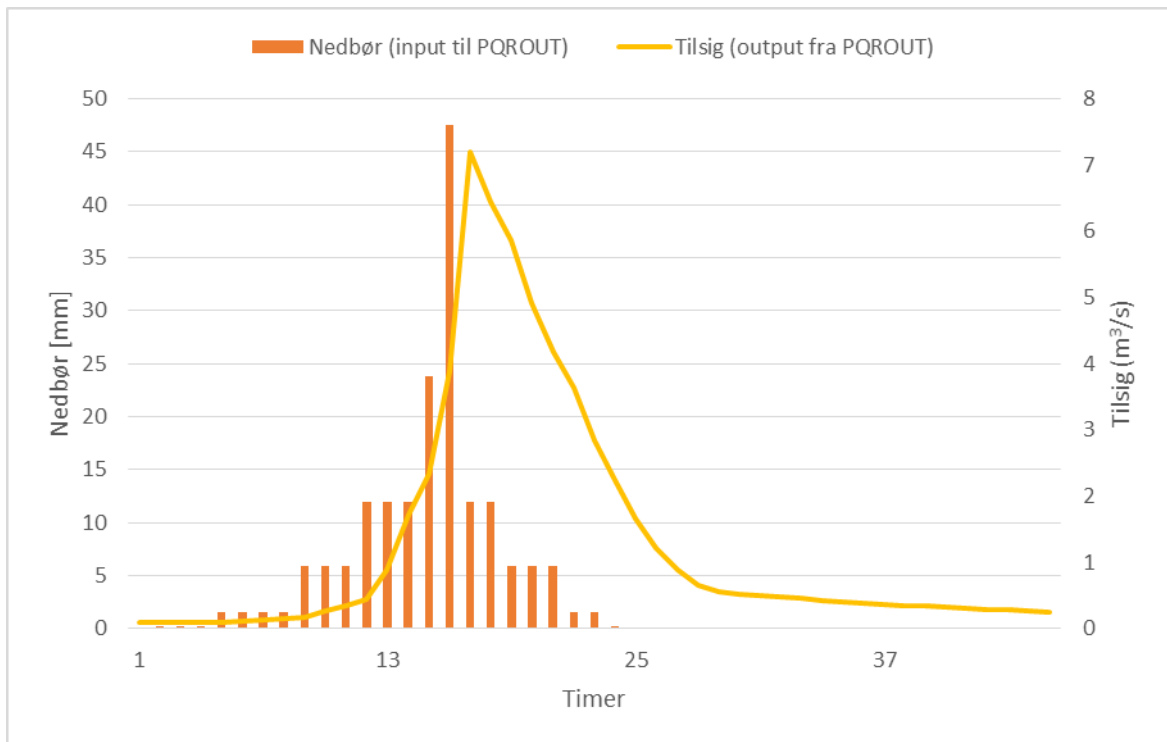
### 6) Nærmeste målestasjon: 50540 BERGEN - FLORIDA (PN = 2250 mm/år)

### 7) Maksimal observert nedbør i området (valgte stasjoner i perioden 1868-2017) : 156,5 mm

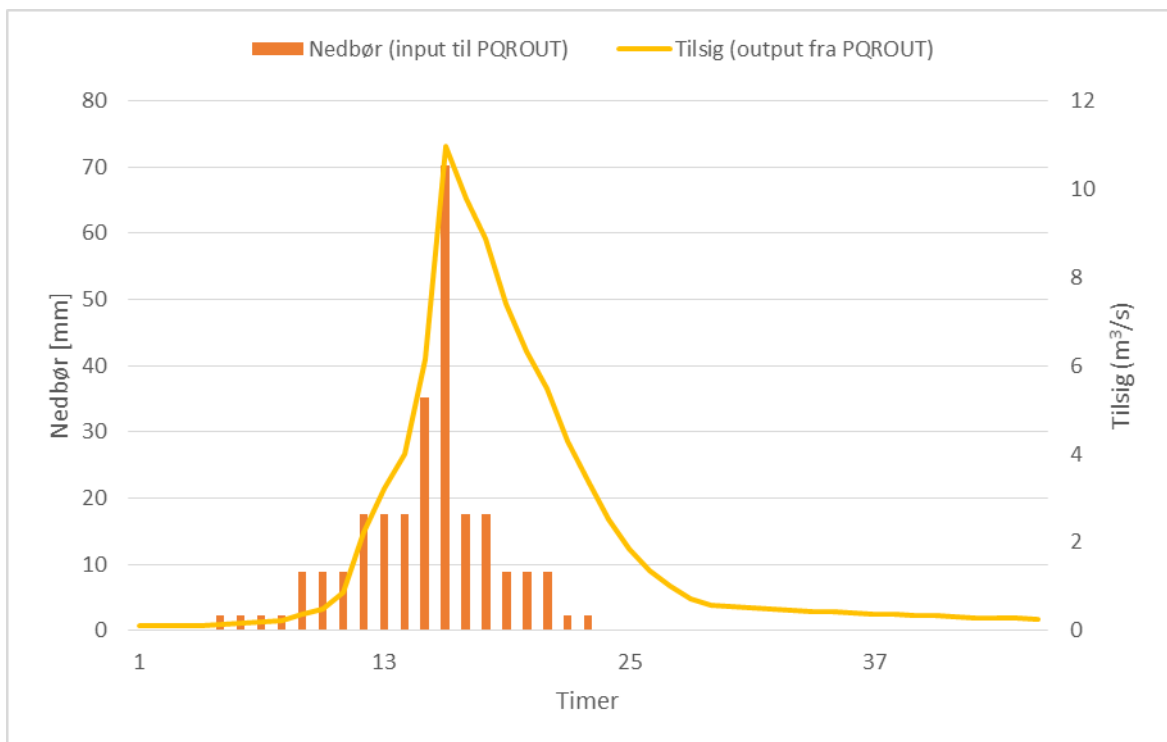
Målt ved: 50540 BERGEN - FLORIDA den 14.09.2005

- > *Figur A-13 Påregnelig ekstremnedbør (årsverdier) og arealreduksjonsfaktor for nedbørfeltet til Skredderdalen. Verdier fra Meteorologisk institutt*

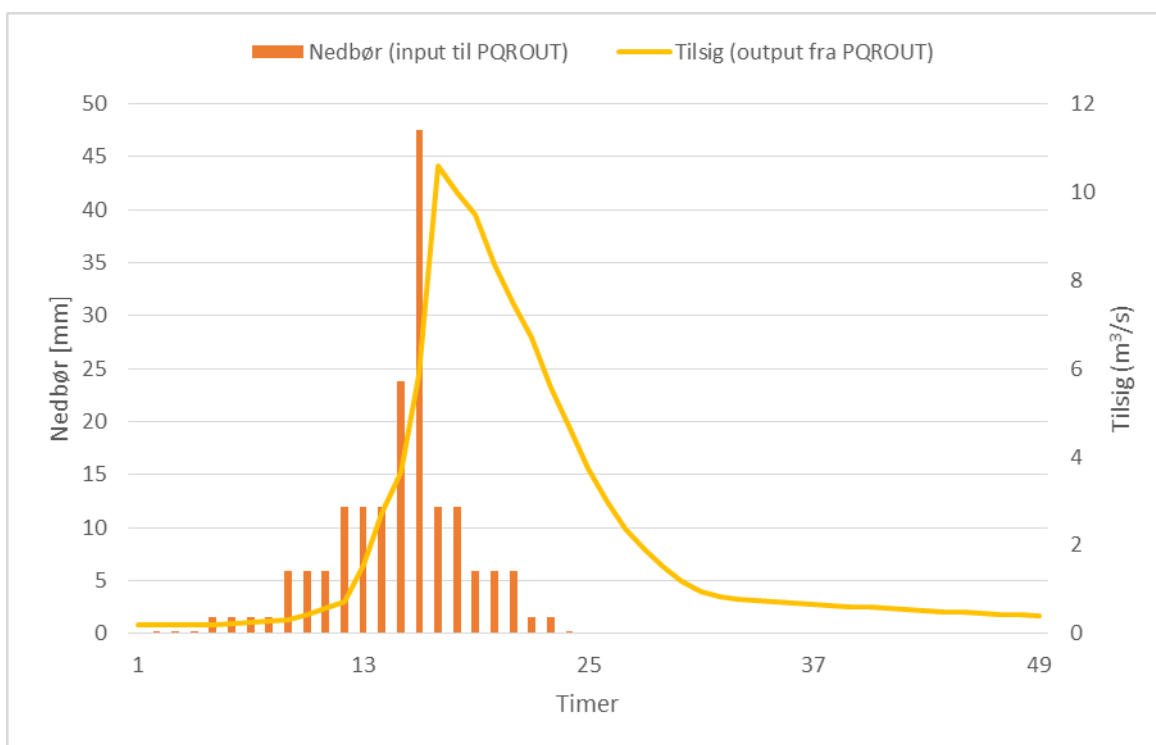
## A.6 Nedbør/tilsig PQROUT



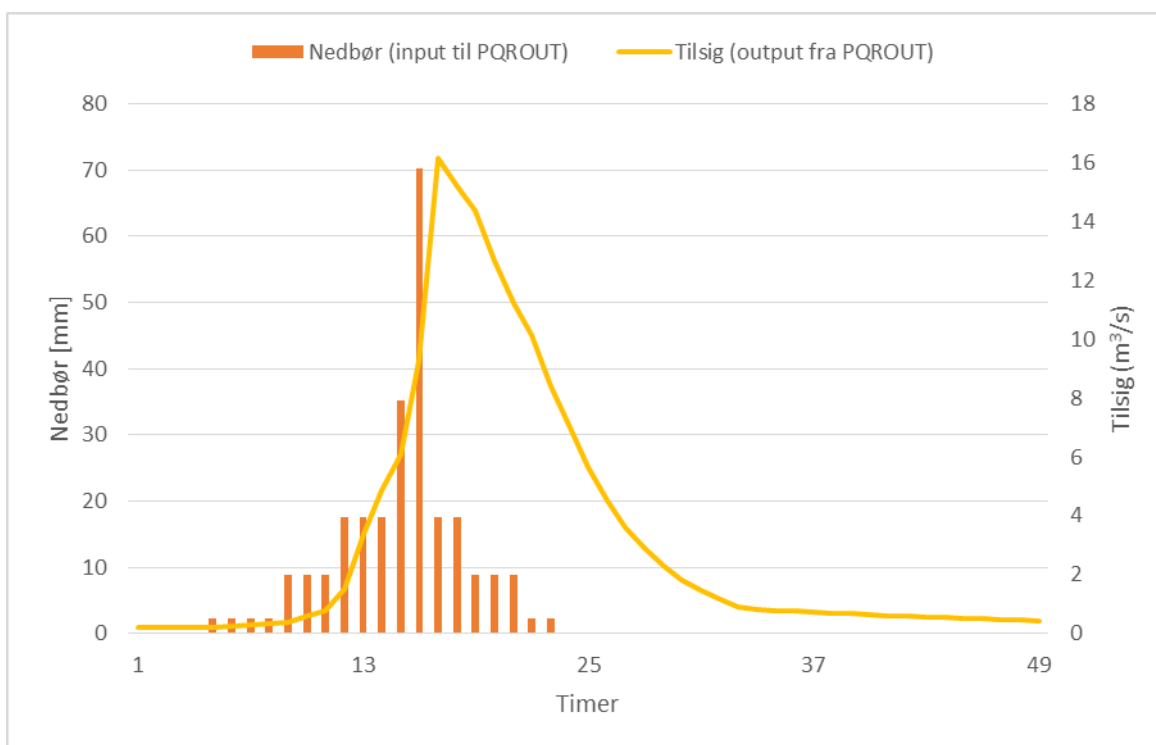
- > Figur A-14 Estimert fordeling av  $M_{1000}$ -nedbør over 24 timer for Storediket. Tilsiget er beregnet med [13]



- > Figur A-15 Estimert fordeling av PMP-nedbør over 24 timer for Storediket. Tilsiget er beregnet med [13]



> Figur A-16 Estimert fordeling av  $M_{1000}$ -nedbør over 24 timer for Skredderdalen. Tilsiget er beregnet med [13]



> Figur A-17 Estimert fordeling av PMP-nedbør over 24 timer for Skredderdalen. Tilsiget er beregnet med [13]

## VEDLEGG B - FLOMFORLØP SOM TABELLER

Dam Storediket Tabell 4-2 PMF og Tabell 4-4 Q1000\_Klima\_Tilstoppet, figur 4-7 og 4-9

Q1000Klima_tilstoppet				PMF			
tid	tilsig	vannstand	avløp	tid	tilsig	vannstand	avløp
(t)	(m3/s)	(moh)	(m3/s)	(t)	(m3/s)	(moh)	(m3/s)
14.00	3.27	379.17	0.72	0.00	0.10	378.85	0.02
14.25	3.81	379.21	0.83	0.50	0.10	378.85	0.03
14.50	4.35	379.25	0.96	1.00	0.10	378.85	0.03
14.75	4.89	379.29	1.12	1.50	0.09	378.86	0.03
15.00	5.43	379.34	1.29	2.00	0.09	378.86	0.04
15.25	6.60	379.40	1.86	2.50	0.09	378.86	0.04
15.50	7.76	379.45	3.13	3.00	0.09	378.86	0.04
15.75	8.92	379.49	4.86	3.50	0.11	378.86	0.04
16.00	10.08	379.52	6.58	4.00	0.13	378.86	0.05
16.25	9.81	379.53	7.92	4.50	0.14	378.87	0.05
16.50	9.55	379.54	8.65	5.00	0.16	378.87	0.06
16.75	9.28	379.54	8.97	5.50	0.17	378.87	0.06
17.00	9.01	379.54	9.04	6.00	0.19	378.87	0.07
17.25	8.81	379.54	8.99	6.50	0.20	378.88	0.08
17.50	8.61	379.54	8.87	7.00	0.22	378.88	0.08
17.75	8.42	379.53	8.72	7.50	0.29	378.88	0.09
18.00	8.22	379.53	8.55	8.00	0.36	378.89	0.11
18.25	7.88	379.52	8.34	8.50	0.42	378.90	0.13
18.50	7.54	379.52	8.08	9.00	0.49	378.91	0.15
18.75	7.20	379.51	7.79	9.50	0.68	378.92	0.18
19.00	6.87	379.50	7.48	10.00	0.87	378.94	0.23
19.25	6.61	379.50	7.19	10.50	1.54	378.97	0.31
19.50	6.36	379.49	6.91	11.00	2.22	379.02	0.46
19.75	6.11	379.48	6.64	11.50	2.72	379.07	0.68
20.00	5.85	379.48	6.39	12.00	3.23	379.12	0.96
20.25	5.67	379.47	6.15	12.50	3.61	379.17	1.28
20.50	5.48	379.47	5.93	13.00	3.99	379.23	1.64
20.75	5.29	379.46	5.73	13.50	5.07	379.30	2.08
21.00	5.10	379.46	5.53	14.00	6.15	379.38	2.66
21.25	4.82	379.45	5.32	14.50	8.56	379.44	5.21
21.50	4.53	379.45	5.08	15.00	10.97	379.45	9.15
21.75	4.25	379.44	4.84	15.50	10.37	379.45	10.37
22.00	3.97	379.43	4.58	16.00	9.77	379.44	10.10
22.25	3.76	379.43	4.33	16.50	9.33	379.44	9.59
22.50	3.55	379.42	4.10	17.00	8.88	379.43	9.14
22.75	3.33	379.41	3.88	17.50	8.15	379.42	8.57
23.00	3.12	379.41	3.67	18.00	7.41	379.41	7.87
23.25	2.92	379.40	3.46	18.50	6.86	379.40	7.22
23.50	2.72	379.39	3.26	19.00	6.31	379.40	6.68
23.75	2.52	379.39	3.06	19.50	5.90	379.39	6.20
24.00	2.32	379.38	2.87	20.00	5.49	379.38	5.78
24.25	2.17	379.38	2.69	20.50	4.89	379.37	5.31
24.50	2.01	379.37	2.52	21.00	4.28	379.36	4.73
24.75	1.86	379.37	2.35	21.50	3.83	379.35	4.32
25.00	1.71	379.36	2.24	22.00	3.38	379.34	3.92
25.25	1.59	379.35	2.13	22.50	2.95	379.33	3.47
25.50	1.47	379.35	2.03	23.00	2.52	379.31	3.08
25.75	1.36	379.34	1.92	23.50	2.19	379.30	2.77
26.00	1.24	379.33	1.80	24.00	1.86	379.28	2.61
26.25	1.16	379.33	1.69	24.50	1.62	379.26	2.47
26.50	1.07	379.32	1.59	25.00	1.37	379.24	2.31
26.75	0.99	379.32	1.52	25.50	1.19	379.22	2.14
27.00	0.90	379.31	1.44	26.00	1.00	379.19	1.98
				26.50	0.86	379.17	1.82
				27.00	0.73	379.15	1.66

Dam Skredderdalen tabell 4-7, tabell 4-9 figur 3-2, figur 4-2 og 4-3  
Vannføringskurve dam Skredderdalen figur 3-2

Vannstand (moh)	Vannføring	
	Ikke tilstoppet (m <sup>3</sup> /s)	Tilstoppet (m <sup>3</sup> /s)
174.87	0.00	0.00
174.89	0.06	0.05
174.91	0.17	0.13
174.93	0.32	0.24
174.95	0.49	0.37
174.97	0.68	0.51
174.99	0.90	0.67
175.01	1.13	0.85
175.03	1.38	1.03
175.05	1.64	1.23
175.07	1.93	1.44
175.09	2.22	1.67
175.11	2.53	1.90
175.13	2.85	2.14
175.15	3.19	2.39
175.17	3.53	2.65
175.19	3.89	2.92
175.21	4.26	3.19
175.23	4.64	3.48
175.25	5.03	3.77
175.27	5.43	4.07
175.29	5.84	4.38
175.31	6.26	4.69
175.33	6.69	5.02
175.35	7.13	5.34
175.37	7.57	5.68
175.39	8.03	6.02
175.41	8.49	6.37
175.43	8.97	6.73
175.45	9.45	7.09
175.47	9.94	7.45
175.49	10.44	7.83
175.51	10.94	8.21
175.53	11.45	8.59
175.55	11.97	8.98
175.57	12.50	9.38
175.59	13.04	9.78
175.61	13.58	10.19
175.63	14.13	10.60
175.65	14.69	11.01
175.67	15.25	11.44
175.69	15.82	11.86
175.71	16.40	12.30
175.73	16.98	12.73
175.75	17.57	13.18
175.77	18.17	13.62
175.79	18.77	14.08
175.81	19.38	14.53
175.83	19.99	14.99
175.85	20.61	15.46
175.87	21.24	15.93
175.89	21.87	16.40
175.91	22.51	16.88
175.93	23.16	17.37
175.95	23.81	17.86
175.97	24.46	18.35
175.99	25.23	18.89

Tilslig Skredderdalen PMF figur 4-3

Tid	Avløp Storediket		Lokal tilslig Sk	Tilslig Skredde
	PMF		PMF	PMF
1	0.02572753		0.08695652	0.11268405
2	0.03224992		0.08347826	0.11572818
3	0.03806652		0.0826087	0.12067521
4	0.04345385		0.08173913	0.12519298
5	0.05049669		0.08086957	0.13136626
6	0.05986798		0.1026087	0.16247667
7	0.07215943		0.12304348	0.19520291
8	0.08948407		0.14304348	0.23252755
9	0.11749678		0.16173913	0.27923591
10	0.16594335		0.25391304	0.4198564
11	0.2702694		0.34217391	0.61244332
12	0.5704885		0.66304348	1.23353198
13	1.11845571		1.47304348	2.59149919
14	1.86171328		2.12521739	3.98693067
15	3.93694195		2.65043478	6.58737673
16	9.85261301		4.02217391	13.8747869
17	9.84653159		7.03173913	16.8782707
18	8.85496596		6.60130435	15.4562703
19	7.54448817		6.25434783	13.798836
20	6.43795454		5.49826087	11.9362154
21	5.54123874		4.88956522	10.430804
22	4.52457498		4.4	8.92457498
23	3.69869398		3.64956522	7.34825919
24	2.92850682		3.04608696	5.97459378
25	2.54080363		2.45347826	4.99428189
26	2.22440232		1.96521739	4.18961971
27	1.89584294		1.5726087	3.46845163
28	1.59045836		1.25695652	2.84741488
29	1.329506		1.00304348	2.33254948
30	1.12872111		0.79869565	1.92741676
31	0.97878953		0.63478261	1.61357213
32	0.86366083		0.5026087	1.36626952
33	0.77305853		0.39652174	1.16958027
34	0.70044934		0.35478261	1.05523194
35	0.6402742		0.34043478	0.98070898
36	0.59048892		0.32652174	0.91701066
37	0.54732128		0.31304348	0.86036476
38	0.51078014		0.30043478	0.81121492

Tilslig Skedderdalen figur 4-2 Q1000\_Klima

Tid	Avløp Storediket	Lokal tilslig S	Tilslig Skredde
0	Q1000	Q1000	Q1000
1	0.02924612	0.0869565	0.16268369
2	0.03538459	0.0834783	0.16640799
3	0.04077206	0.0817391	0.17151566
4	0.04552475	0.08	0.17573465
5	0.05033392	0.0786957	0.1806414
6	0.05650089	0.0921739	0.20814473
7	0.06397148	0.1052174	0.23686442
8	0.07388558	0.1178261	0.26839633
9	0.0886605	0.1295652	0.30551601
10	0.11212661	0.1913043	0.42480335
11	0.14658841	0.2504348	0.55583247
12	0.20849797	0.3069565	0.72163628
13	0.36187688	0.6817391	1.46106241
14	0.65949845	1.1813043	2.57712391
15	1.16055666	1.5834783	3.84164889
16	2.18538482	2.5482609	6.62710397
17	5.36498528	4.6108696	13.9661968
18	6.16637679	4.3443478	14.7150145
19	5.47629073	4.13	13.448807
20	4.66705434	3.6356522	11.6237891
21	4.12025891	3.2378261	10.301319
22	3.48276925	2.9178261	8.96083347
23	2.87528113	2.4191304	7.41217619
24	2.54904228	2.0178261	6.39361571
25	2.24677608	1.6230435	5.41774737
26	1.92327488	1.2973913	4.50893265
27	1.61744075	1.0356522	3.71433009
28	1.35317739	0.8252174	3.04975269
29	1.14690807	0.6556522	2.52358434
30	0.99265249	0.5195652	2.11710479
31	0.87437974	0.41	1.79813163
32	0.40126581	0.3569565	1.06151127

## VEDLEGG C - TEGNINGER

### Nedrediket

HM-100-01

HM-101-01

### Skredderdalen

HM-110-01

HM-111-01

12697-00

### Storediket

HM-114-02

HM-115-01

