



# Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland

Revidert utgave

*Thomas Væringstad*

2  
2018



OPPDRAGSRAPPORT A

## **Oppdragsrapport A nr 2-2018**

### **Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland**

**Utgitt av:** Norges vassdrags- og energidirektorat

**Redaktør:**

**Forfattere:** Thomas Væringstad

**Trykk:** NVEs hustrykkeri

**Opplag:**

**Forsidefoto:** Jomar Bergheim, NVE

**ISBN**

**Sammendrag:** Flomberegningen for Opo er revidert. Middelflom og flommer med gjentaksintervall fra 5 til 1000 år er beregnet. Datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling på godt, middels og dårlig. Det er benyttet et klimapåslag på 20 og 40 prosent for å se på ventede endringer i flomstørrelser frem mot år 2100.

**Emneord:**

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

Telefon: 22 95 95 95  
Telefaks: 22 95 90 00  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

# Innhold

<b>Forord .....</b>	<b>4</b>
<b>Sammendrag .....</b>	<b>5</b>
<b>1 Beskrivelse av nedbørfeltet .....</b>	<b>6</b>
<b>2 Vannføringsstasjoner .....</b>	<b>7</b>
<b>3 Beregning av flommer .....</b>	<b>9</b>
3.1 Forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring .....	11
3.2 Flommen 28. – 29. oktober 2014 .....	11
3.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer .....	12
3.4 Vannstander i Sandvinvatnet .....	13
<b>4 Usikkerhet .....</b>	<b>14</b>
<b>Referanser .....</b>	<b>15</b>

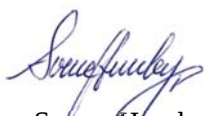
# Forord

Tidligere ble det på oppdrag fra NVE Region Vest utført en flomberegning for Opo, Odda kommune i Hordaland. Norconsult (2018) har funnet store avvik mellom vannføringskurven og en HEC-RAS modell for utløpet av Sandvinvatnet. Vannføringskurve er nå korrigert basert på modellsimuleringer og rapporten er revidert og oppdatert med nye flomtall.

I oktober 2014 rammet en stor flom flere vassdrag på Vestlandet, blant annet Opo. NVE Region Vest er i etterkant av flommen involvert i sikringsarbeider i områdene omkring elva Opo. Det har derfor vært behov for flomberegninger i dette området.

Denne rapporten gir resultatene for en flomberegning for Opo hvor data fra flommen i oktober 2014 er inkludert i analysene. I tillegg er virkningen av klimaendringers på flomforholdene vurdert. Rapporten er utarbeidet av Thomas Væringstad og kvalitetskontrollert av Erik Holmqvist.

Oslo, januar 2018



Sverre Husebye  
seksjonssjef



Thomas Væringstad  
senioringeniør

# Sammendrag

Det er utført flomberegning for Opo ved utløpet av Sandvinvatnet. Middelflom og flommer med gjentaksintervall fra 5 til 1000 år er beregnet.

Flommen 28. – 29. oktober 2014 er beregnet å ha kulminert med en vannføring på 571 m<sup>3</sup>/s ved utløp av Sandvinvatnet. Flommen er den største siden målingene startet i 1908. Ut fra disse beregningene hadde flommen her et gjentaksintervall på rundt 100 år.

Datagrunnlaget for flomberegningen kan klassifiseres som godt, med en inndeling på godt, middels og dårlig.

Opo ligger i et av de områdene i Norge hvor klimaframskrivningene gir størst økning i flomstørrelser frem mot år 2100. Her er det derfor benyttet et klimapåslag på 20 og 40 prosent på de beregnede flomvannføringene. Dette gir ytterligere økning i de beregnede flomvannføringene.

Resulterende kulminasjonsvannføringer ble:

	<b>Q<sub>M</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>5</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>10</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>20</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>50</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>100</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>200</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>500</sub></b> m <sup>3</sup> /s	<b>Q<sub>1000</sub></b> m <sup>3</sup> /s
Opo	290	350	400	440	510	570	630	730	820
Klima + 20 %	350	420	470	530	610	680	760	880	980
Klima + 40 %	410	490	550	620	710	790	880	1020	1150

Resulterende kulminasjonsvannstander (NN 2000) i Sandvinvatnet ble:

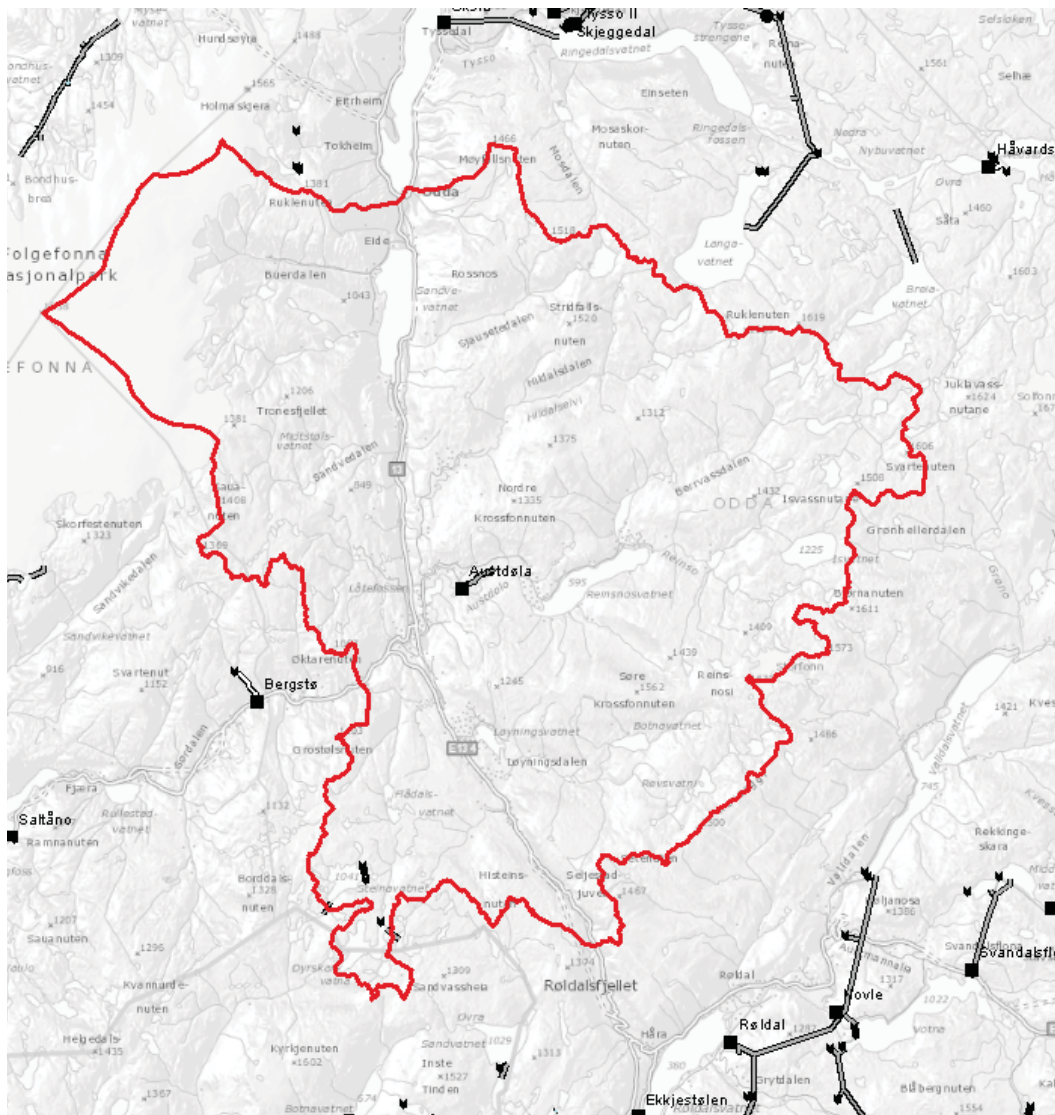
	<b>H<sub>M</sub></b> m	<b>H<sub>5</sub></b> m	<b>H<sub>10</sub></b> m	<b>H<sub>20</sub></b> m	<b>H<sub>50</sub></b> m	<b>H<sub>100</sub></b> m	<b>H<sub>200</sub></b> m	<b>H<sub>500</sub></b> m	<b>H<sub>1000</sub></b> m
Sandvinvatnet	88,5	88,8	89,0	89,2	89,6	89,8	90,1	90,5	-
Klima + 20 %	88,8	89,1	89,4	89,6	90,0	90,3	-	-	-
Klima + 40 %	89,1	89,5	89,7	90,0	90,4	-	-	-	-

# 1 Beskrivelse av nedbørfeltet

Nedbørfeltet til Opo ved utløp av Sandvinvatnet er 470 km<sup>2</sup>, og ved utløp i fjorden er arealet 474 km<sup>2</sup> (ekskl. Freimselva). Sandvinvatnet har et areal på 4,4 km<sup>2</sup> og vil bidra til å dempe flomtoppene noe. Drøyt 7 prosent av nedbørfeltet er dekket av bre.

Steinavatn og Dyrskardvatna, med feltareal på til sammen 9,3 km<sup>2</sup> og beliggende sør i nedbørfeltet, er overført til Saudavassdraget siden 1967.

Feltkarakteristika for Opo er vist i tabell 1. Kartet i figur 1 viser nedbørfeltet.



Figur 1. Nedbørfeltet til Opo.

**Tabell 1. Feltkarakteristika**

Nedbørfelt	Feltareal km <sup>2</sup>	Eff. sjø	Q <sub>N</sub> * l/s·km <sup>2</sup>	Høydeintervall moh.
Opo	474	1,2	87	0 - 1650

\* Beregnet fra NVEs avrenningskart.

## 2 Vannføringsstasjoner

Det er tre målestasjoner med vannføringsobservasjoner i Opovassdraget, to aktive og en nedlagt.

Ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn er det observert vannstander siden 1908, og stasjonen gir vannføringen ut av Sandvinvatnet. Frem til sommeren 1997 ble vannstanden avlest én gang pr døgn, vanligvis kl. 12. Etter dette er data logget med fin tidsoppløsning. Selv om Sandvinvatnet demper flommer noe, kan vannstanden/vannføringen under flom variere en del i løpet av et døgn, slik at målinger før 1997 ikke nødvendigvis er reelle døgnmiddelvannføringer.

Kvaliteten på vannføringskurven ved flom er antatt relativt god. Det har skjedd endringer i utløpet av Sandvinvatnet flere ganger, noe som har påvirket vannføringskurven. Kurven ble revidert i 2015 basert på nye flommålinger. Hydraulisk modellering av utløpet av Sandvinvatnet (Norconsult, 2018) viste at kurven ikke stemte på vannføringer over ca. 300 m<sup>3</sup>/s. Kurven ble dermed endret på nytt i 2018 med virkning for hele observasjonsperioden. Dette har stor betydning for de største flommene.

**Tabell 2. Feltkarakteristika for vannføringsstasjoner.**

Stasjon	Feltareal km <sup>2</sup>	Eff. sjø %	Q <sub>N</sub> * l/s·km <sup>2</sup>	Høydeintervall moh.
41.1 Stordalsvatn	131	6,7	103	51-681-1294
48.1 Sandvenvatn	470	1,2	87	87-1090-1651
48.4 Jordal	51	0,1	115	109-1364-1651
48.5 Reinsnosvatn	121	3,3	76	595-1232-1635
50.1 Hølen	233	2,0	53	123-1277-1686
62.5 Bulken	1092	0,9	65	47-867-1602
72.5 Brekke bru	268	0,7	62	16-1273-1761

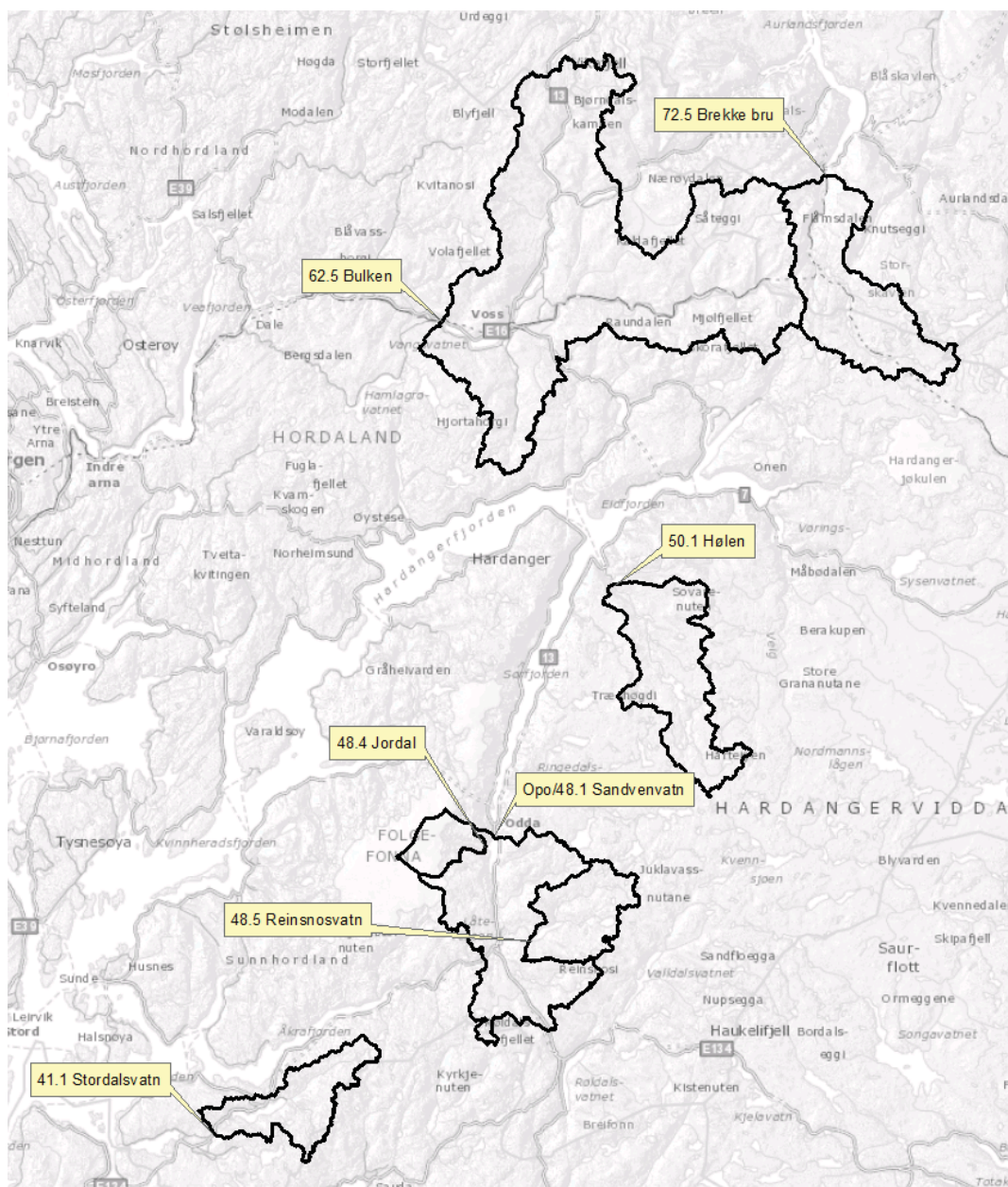
\* Normalavrenning er beregnet fra avrenningskartet for normalperioden 1961-1990.

Målestasjon 48.4 Jordal registrerte vannstanden i Jordalselvi, en sideelv vestfra med innløp i Sandvinvatnet. Feltet er dominert av bretilsig. Målingene ble utført i perioden 1964 – 1984. Kvaliteten på vannføringskurven er usikker.

Øst i Opos nedbørfelt ligger målestasjon 48.5 Reinsnosvatn. Her er det gjort målinger siden 1917. Vannføringskurven er vurdert som bra (tilbake til 1965).

I tillegg til måleserier fra Opos nedbørfelt er det vurdert fire lange vannføringsserier fra andre vassdrag, se tabell 2.

Aktuelle målestasjoner er vis i figur 2.

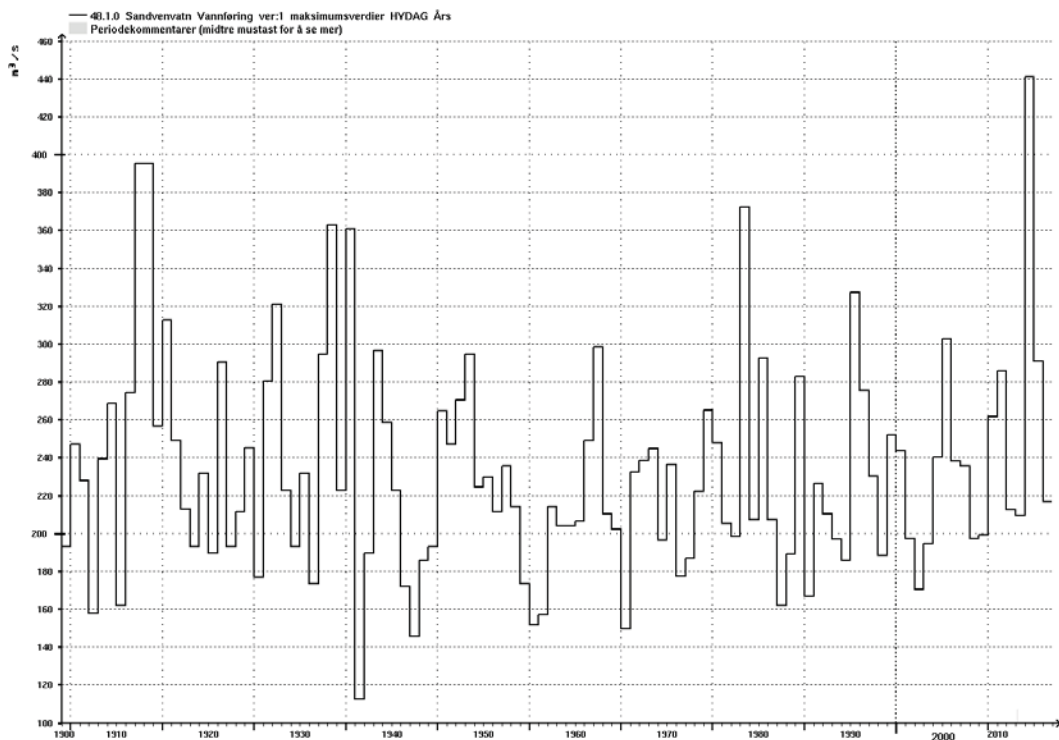


Figur 2. Aktuelle målestasjoner

I figur 3 er vannføringen (døgnmiddel) ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn i perioden 1908 til 2016 vist. Ut fra figuren ser en at flommen i 2014 er den største siden målingene startet. Flommen 29. oktober 2014 er beregnet å ha et døgnmiddel på  $440 \text{ m}^3/\text{s}$ . De tidligere største flommene er 1917, 1918 og 1983 med henholdsvis  $395 \text{ m}^3/\text{s}$ ,  $395 \text{ m}^3/\text{s}$  og  $372 \text{ m}^3/\text{s}$ .

Spesielt for flommen i oktober 2014 er at denne kulminerte nær midnatt, for denne flommen er største 24-timers verdi  $474 \text{ m}^3/\text{s}$  eller rundt 8 prosent større enn døgnmidlet.





Figur 3. Største vannføring (døgnmidler) hvert år ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn 1909 - 2016. Enhet på y-aksen er m<sup>3</sup>/s.

### 3 Beregning av flommer

Flomanalysene er i stor grad basert på observasjoner ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn. Stasjonen har en serie som går tilbake til 1908. Resultatene er sammenlignet med analyser av andre lange vannføringsserier på Vestlandet. Feltkarakteristika for disse er gitt i tabell 2.

I Opo har de største flommene stort sett forekommet om høsten (september – desember) og sekundært på våren/sommeren (mai – august). I tabell 3 vises resultatene for flomfrekvensanalysene på døgnmiddelverdier. I figur 6 er tilpasset fordelingsfunksjon til årsflommer fra 48.1 Sandvenvatn vist, hvor 108 år med data er benyttet. Resultatene er i noen grad avhengig av hvilken fordelingsfunksjon som legges til grunn.

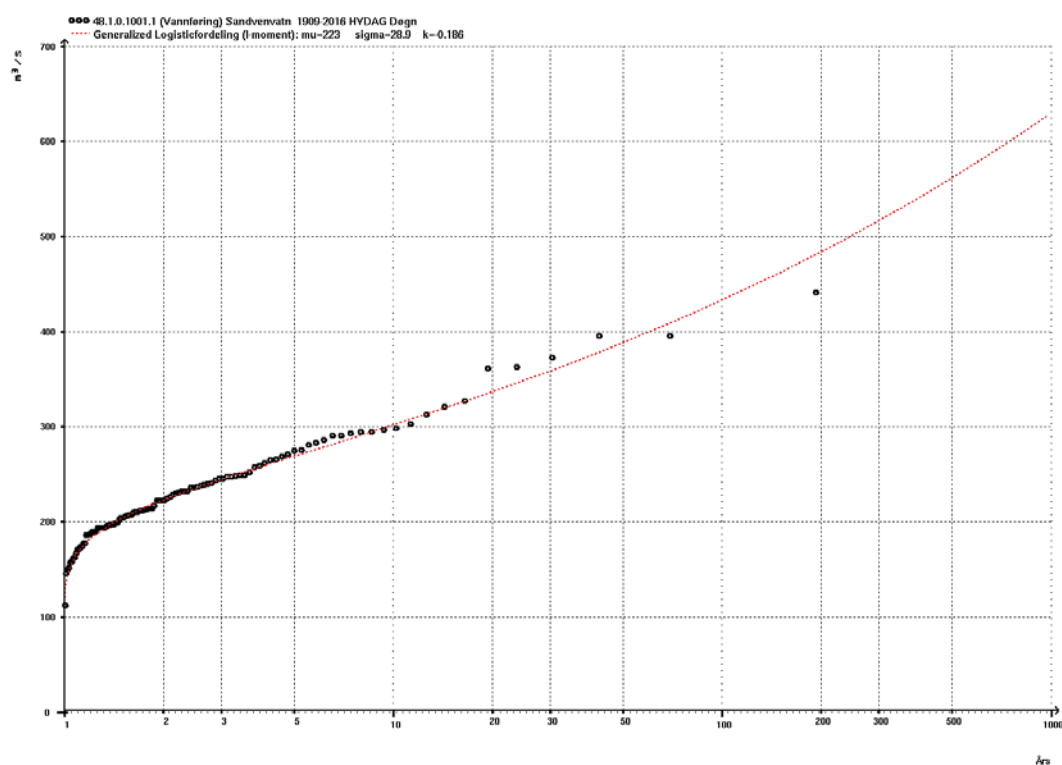
Resultatene fra 48.1 Sandvenvatn avviker en del fra vannmerke 48.5 Reinsnosvatn. Sistnevnte stasjon har mer utpreget vårflomregime og med enkelte store høstflommer. Dette skyldes nok at feltet i snitt er høyere og hovedtyngden av nedbørfeltet ligger lenger mot øst. Dette kan forklare noe av den store forskjellen i frekvensfaktorer og spesifikk middelflom.

Ut fra målestasjonene i tabell 3, er det rimelig å anta at spesifikke flommer avtar med avstand fra kysten. Vestlige deler av feltet til Opo vil dermed relativt sett bidra mest ved flom.

Her er det valgt å benytte middelflom og Generalized Logistic-fordelingen ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn for Opo. Dette ser rimelig ut i forhold til analyser fra andre sammenlignbare stasjoner på Vestlandet. Resultater for Opo (døgnmiddelverdier) blir som gitt i tabell 4.

**Tabell 3. Flomfrekvensanalyse på årsflommer, døgnmiddelverdier.**

	Periode	Areal km <sup>2</sup>	Q <sub>M</sub>		Q <sub>5/</sub>	Q <sub>10/</sub>	Q <sub>20/</sub>	Q <sub>50/</sub>	Q <sub>100/</sub>	Q <sub>200/</sub>	Q <sub>500/</sub>	Q <sub>1000/</sub>
			m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>	Q <sub>M</sub>
41.1 Stordalsvatn	1913-2016	131	74,5	569	1,17	1,36	1,58	1,91	2,20	2,53	3,05	3,52
48.1 Sandvenvatn	1909-2016	470	233,1	496	1,16	1,30	1,45	1,67	1,86	2,08	2,41	2,70
48.4 Jordal	1964-1984	51,3	30,6	597	1,14	1,29	1,45	1,67	1,85	2,05	2,34	2,59
48.5 Reinsnosvatn	1918-2016	121	52,9	437	1,17	1,31	1,44	1,61	1,73	1,86	2,03	2,15
50.1 Hølen	1923-2014	233	74,7	321	1,19	1,33	1,48	1,69	1,86	2,05	2,32	2,55
62.5 Bulken	1892-2014	1092	348,0	319	1,18	1,32	1,45	1,64	1,80	1,96	2,19	2,39
72.5 Brekke bru	1908-2014	268	101,4	378	1,20	1,36	1,51	1,73	1,92	2,11	2,40	2,64



**Figur 4. Flomfrekvensanalyse for 48.1 Sandvenvatn, data fra perioden 1909-2016. Den røde kurven viser tilpasning ved bruk av Generalized Logistic-fordelingen. X-aksen viser gjentaksintervall (år) og y-aksen flomverdier.**

### 3.1 Forholdet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring

Estimert forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring ut fra regionalt formelverk for Opo er 1,13 for vårflo og 1,22 for høstflo.

Analyser av 20 år med data med fin tidsoppløsning ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn gir en variasjon i forholdstallet mellom kulminasjons- og døgnmiddelvannføring på fra 1,02 til 1,38, og hvor flommen høsten 2014 har det 4. høyeste forholdstallet. Ved denne flommen kulminerte imidlertid flommen nær midnatt, noe som gir et høyere forholdstall og et lavere maksimalt døgnmiddel, enn om flommen hadde kulminert rundt kl. 12.

I gjennomsnitt er kulminasjonsvannføringen 20 prosent større enn døgnmiddelvannføringen for årsflommer i perioden 1997 - 2016. Imidlertid har de fire største årsflommene alle et forholdstall på over 1,2 og med et snitt på 1,27.

På grunn av generell usikkerhet knyttet til slike analyser, er det valgt å ta utgangspunkt i de fem største årsflommene i perioden 1997-2016 ved 48.1 Sandvenvatn, og det er videre i analysene benyttet et forholdstall på 1,25. Dette er litt høyere enn det som er beregnet ut fra formelverk, men er noe lavere enkelte observert flommer.

Det er valgt å runde av kulminasjonsvannføringene til nærmeste 10 m<sup>3</sup>/s. Dette gir flomverdier i Opo ved utløp av Sandvinvatnet som gitt i tabell 4.

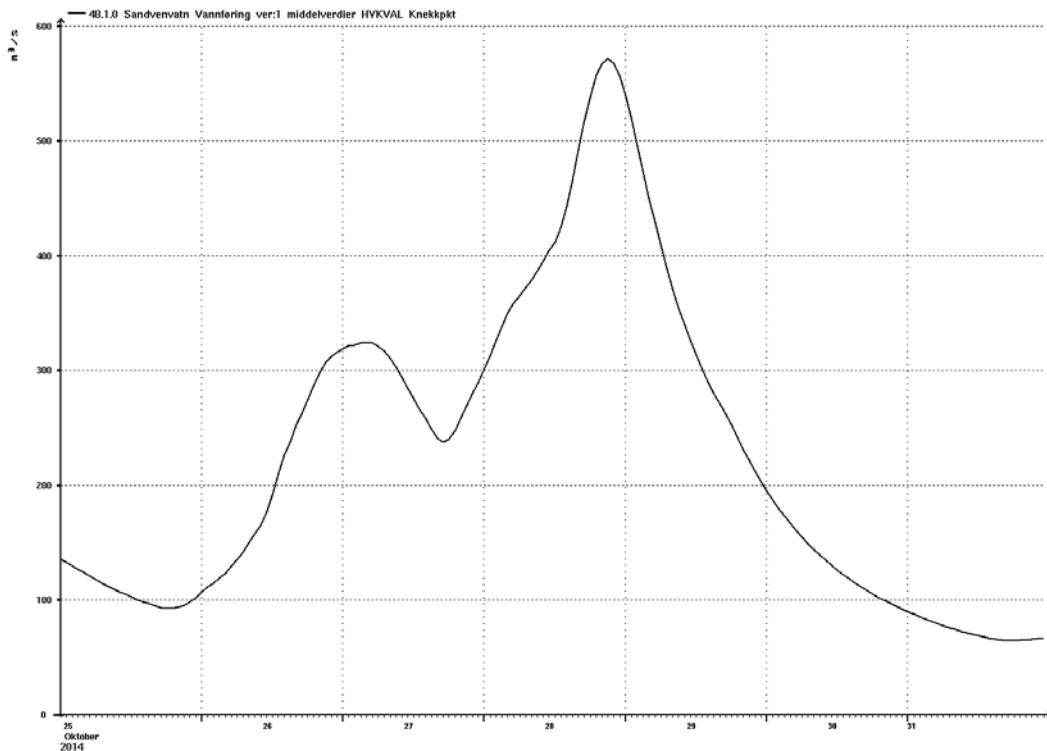
**Tabell 4. Flomverdier for Opo ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn.**

	Kulm./ døgn	Q <sub>M</sub> *		Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>
		m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Q <sub>T</sub> /Q <sub>M</sub>	-	-	-	1,16	1,30	1,45	1,67	1,86	2,08	2,41	2,70
Døgnmiddelvannføring		235	496	282	316	352	406	452	505	585	656
Kulminasjonsvannføring	1,25	290	620	350	400	440	510	570	630	730	820

### 3.2 Flommen 28. – 29. oktober 2014

Under flommen 28. – 29. oktober i år viser dataene ved 48.1 Sandvenvatn en maksimal vannføring på 571 m<sup>3</sup>/s. I figur 4 er flomforløpet illustrert.

Ut fra ny analyser hadde flommen 28.-29. oktober 2014 et gjentakintervall på rundt 100 år beregnet ut fra kulminasjonsvannføringen (571 m<sup>3</sup>/s) og snaut 100 år beregnet fra døgnmiddelvannføring (441 m<sup>3</sup>/s).



Figur 5. Vannføringer i Opo ved målestasjonen 48.1 Sandvenvatn i perioden 23. – 31. oktober 2014.

### 3.3 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I henhold til NVEs klimastrategi (NVE-rapport 15-2010, Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder) skal det tas hensyn til et endret klima for tiltak/ beslutninger med lang levetid. For eksempel ved å ta hensyn til endringer i flomstørrelser ved arealplanlegging og bygging/ ombygging av viktig infrastruktur.

I Lawrence (2016) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentaksintervall. Opo ligger i en av områdene hvor en venter størst økning i flomvannføringer på grunn av klimaendringer. Ut fra avsnitt 8.4 «Møre og Romsdal, Sogn og Fjordane, Hordaland» i nevnte rapport, er det anbefalt for vassdrag som Opo å vurdere en økning av flommer på både 20 og 40 prosent på grunn av klimaendringer. Det gir følgende flomverdier i vassdraget (tabell 5).

**Tabell 5. Flomverdier (kulminasjon) i et endret klima (20 og 40 % økning) for Opo. Verdiene er avrundet til nærmeste 10 m<sup>3</sup>/s.**

	Areal km <sup>2</sup>	Q <sub>M</sub>		Q <sub>5</sub>	Q <sub>10</sub>	Q <sub>20</sub>	Q <sub>50</sub>	Q <sub>100</sub>	Q <sub>200</sub>	Q <sub>500</sub>	Q <sub>1000</sub>
		m <sup>3</sup> /s	l/s·km <sup>2</sup>	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s	m <sup>3</sup> /s
Klimapåslag 20 %	774	350	750	420	470	530	610	680	760	880	980
Klimapåslag 40 %	774	410	870	490	550	620	710	790	880	1020	1150

Gitt dette, blir det som i dagens klima er beregnet til en 200-årsflom i morgensdagens klima (frem mot år 2100) 20 - 50-årsflom.

### 3.4 Vannstander i Sandvinvatnet

Kulminasjonsvannføringene i tabell 4 og 5 er regnet om til vannstander (NN 2000) i Sandvinvatnet ved hjelp av vannføringskurven ved målestasjon 48.1 Sandvenvatn. Vannføringskurven har et gyldighetsområde opp t.o.m. ca. 90,5 m, over dette er det anbefalt å finne verdiene ved hjelp av en hydraulisk modell som tar hensyn til overløp i terrenget utenom bruer. Målestasjonen ligger sør i vannet, men bør representere vannstandene i hele vannet nokså godt. Resultatene er gitt i tabell 6.

**Tabell 6. Flomvannstander (kulminasjon i høyde NN2000) i Sandvinvatnet med dagens klima og under et endret klima (20 og 40 % økning).**

	H <sub>M</sub> m	H <sub>5</sub> m	H <sub>10</sub> m	H <sub>20</sub> m	H <sub>50</sub> m	H <sub>100</sub> m	H <sub>200</sub> m	H <sub>500</sub> m	H <sub>1000</sub> m
Sandvinvatnet	88,5	88,8	89,0	89,2	89,6	89,8	90,1	90,5	-
Klima + 20 %	88,8	89,1	89,4	89,6	90,0	90,3	-	-	-
Klima + 40 %	89,1	89,5	89,7	90,0	90,4	-	-	-	-

## 4 Usikkerhet

Det er en hel del usikkerhet knyttet til frekvensanalyser av flomvannføringer. De observasjoner som foreligger er av vannstander. Disse omregnes ut fra en vannføringskurve til vannføringsverdier. Vannføringskurven er basert på observasjoner av vannstander og tilhørende målinger av vannføring i elven. Men disse direkte målinger er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, dvs. også observerte” flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet.

Videre er det knyttet usikkerhet til om flomdataene fra før 1997 representerer reelle døgnmidler eller ikke. Disse er avlest kun en gang pr døgn. Og det er også usikkerheter knyttet til omregning fra døgn- til kulminasjonsvannføringer og ved valg av flomfrekvensfordeling.

Det er og gjennomført en statistisk analyse for å vurdere usikkerheten i frekvensanalysen. Den antyder for eksempel at forholdstallet  $Q_{200}/Q_M$ , som for 48.1 Sandvenvatn er beregnet til 2,08 kan variere mellom ca. 1,7 og 2,6 (95 % konfidensintervall). Dette er basert på analyse av de 108 år med data vi har fra denne stasjonen. Det er derfor betydelig usikkerhet knyttet til slike analyser selv der en har lange tidsserier. På tross av dette må datagrunnlaget for flomberegningen klassifiseres som godt, med en inndeling fra godt, middels og til dårlig. Det er sjelden man har så lange tidsserier som er representative for den elvestrekningen det skal utføres flomberegninger for.

# Referanser

Hanssen-Bauer, I., Førland, E.J., Haddeland, I., Hisdal, H., Mayer, S., Nesje, A., Nilsen, J.E.Ø., Sandven, S., Sandø, A.B., Sorteberg, A. og Ådlandsvik, B. Klima i Norge 2100. Kunnskapsgrunnlag for klimatilpasning oppdatert i 2015. NCCS report no. 2/2015.

Lawrence, D., 2016. Klimaendring og framtidige flommer i Norge, NVE Rapport nr. 81-2016.

Solvang, G og Jenssen, L., 2018. Opo flaumkraftverk. KU fase, teknisk rådgivning. Utløp Sandvinvatnet, kapasitetsberegning. Oppdragsnr.: 5171399, dokumentnr.: D25 Versjon J02. Norconsult, 2018

Sælthun, N. R., Tveito, O. E., Bønsnes, T. E., Roald, L. A., 1997. Regional flomfrekvensanalyse for norske vassdrag. NVE-Rapport nr. 14-1997.

Væringstad, T., 2015. Flomberegning for Opo (048.Z), Odda kommune i Hordaland. NVE Oppdragsrapport A nr. 1-2015.



Norges  
vassdrags- og  
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29  
Postboks 5091 Majorstuen  
0301 Oslo

Telefon: 09575  
Internett: [www.nve.no](http://www.nve.no)

