



Flomberegning for Holaelvi (077.2Z)

Sogndal kommune, Sogn og Fjordane

Ann-Live Øye Leine

82
2017



R
A
P
P
O
R
T

Rapport nr 82-2017

Flomberegning for Holaelvi (077.2Z)

Utgitt av: Norges vassdrags- og energidirektorat

Redaktør:

Forfattere: Ann-Live Øye Leine

Trykk: NVEs hustrykkeri

Opplag:

Forsidefoto: 77.20 Henjaelvi (Foto: NVE)

ISBN 978-82-410-1636-3

ISSN 1501-2832

Sammendrag: Det er beregnet middelflom og flommer med gjentakintervall 50, 100 og 200 år for Holaelvi i Sogndal kommune. I tillegg er flomverdiene justert i forhold til ventede klimaendringer.

Emneord: Flomberegning, Holaelvi, Sogndal kommune, Sogn og Fjordane

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

Des 2017

Innhold

Forord	2
Sammendrag	3
1 Beskrivelse av nedbørfeltet	4
2 Målestasjoner.....	5
3 Flomberegninger	7
3.1 Estimat fra formelverk	7
3.2 Flomfrekvensanalyser og regionalt formelverk.....	9
3.3 Endelig valg av flomvannføring, Q_{200}	11
3.4 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer	12
Usikkerhet	13
4 Referanser	14
Vedlegg	15

Forord

Hydrologisk avdeling har for Region vest (NVE) utført flomberegninger for Holaelvi ved Eide i Sogndal kommune i Sogn og Fjordane. Holaelvi har ved flere tilfeller flommet over og gjort skade på bygninger, eiendommer og kommunale veganlegg. Elven har dårlig kapasitet flere steder og særlig gjennom kommunale broer. NVE utarbeider i den sammenheng en flomberegning som skal utgjøre det hydrologiske grunnlaget for vurdering av ulike risikoreduserende tiltak.

Middelflom og flommer med gjentaksintervall 50, 100 og 200 år er beregnet. I tillegg er flomverdiene justert i forhold til ventede klimaendringer.

Arbeidet ble utført november 2017.

Ann-Live Øye Leine har utført beregningene, og Thomas Væringstad har kvalitetskontrollert arbeidet.

Oslo, november 2017

Sverre Husebye

Sverre Husebye
seksjonssjef

Ann-Live Øye Leine

Ann-Live Øye Leine
overingeniør

Sammendrag

Holaelvi i Sogndal kommune i Sogn og Fjordane, har ved flere tilfeller flommet over og gjort skade på bygninger, eiendommer og kommunale veganlegg. NVE (v/ Anders Muldsvor) befarte elva denne høsten sammen med grunneiere og kommune. Elven har dårlig kapasitet flere steder og særlig gjennom kommunal bro. Som grunnlag for vurdering av risikoreduserende tiltak er det utarbeida flomberegning for Holaelvi.

Det er utført flomberegning for Holaelvi; middelflom og flommer med gjentakintervall 50, 100 og 200 år er beregnet. I tillegg er flomverdiene justert i forhold til ventede klimaendringer.

Flomberegningen er kontrollert av Thomas Væringstad, NVE.

Det finnes ingen vannføringsstasjon i vassdraget. Flomberegningene er derfor basert på formelverk for små nedbørfelt (Glad mfl., 2015) og flomfrekvensanalyser fra sammenligningsstasjoner i regionen.

Resultatet ble (kulminasjonsverdier):

Sted	Areal km ²	Q _M		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Holaelvi	6,4	1320	8,4	17	20	23	2701	3104	3562

Kulminasjonsvannføringer for flommer i et endret klima (år 2100) er som følger, klimapåslag (40 %):

Sted	Areal km ²	Q _M		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Holaelvi	6,4	1848	11,8	24	28	32	3781	4345	4987

Med bakgrunn i det tilgjengelige datagrunnlaget for denne beregningen kan usikkerheten i resultatene regnes som **stor** «Brukbart hydrologisk datagrunnlag i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området».

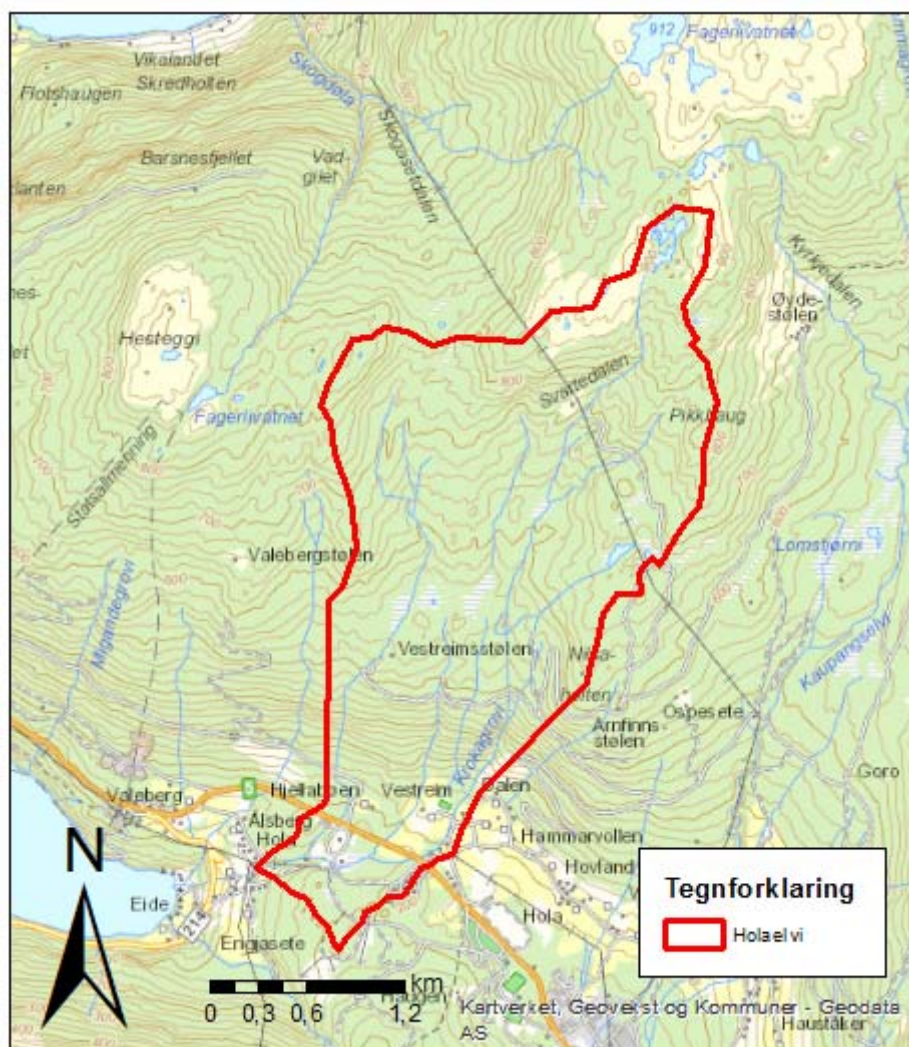
1 Beskrivelse av nedbørfeltet

Holaelvi renner ut i Sogndalsfjorden ved Eide. Høstflommer dominerer i området, men flommer kan forekomme hele året. Feltkarakteristikker for nedbørfeltet (077.2Z) er vist i tabell 1 og feltgrensene er vist i figur 1. Feltet har liten selvregulering da nedbørfeltet er lite, bratt og har ingen vatn som demper avrenningen (ingen effektiv sjøprosent). Mer detaljert informasjon om nedbørfeltet til Holaelvi er gitt i Vedlegg 1.

Tabell 1. Feltkarakteristika for nedbørfeltet.

Elv	Felt-areal, A, km ²	Q _N (61-90) ¹ l/s·km ²	Eff. sjø, A _{SE} %	Median høyde, H ₅₀ moh.	Elvegradient, E _G , m/km
Holaelvi v/bru	6,4	27	0,0	633	135

¹ Avrenning beregnet fra NVEs avrenningskart for normalperioden 1961-1990.



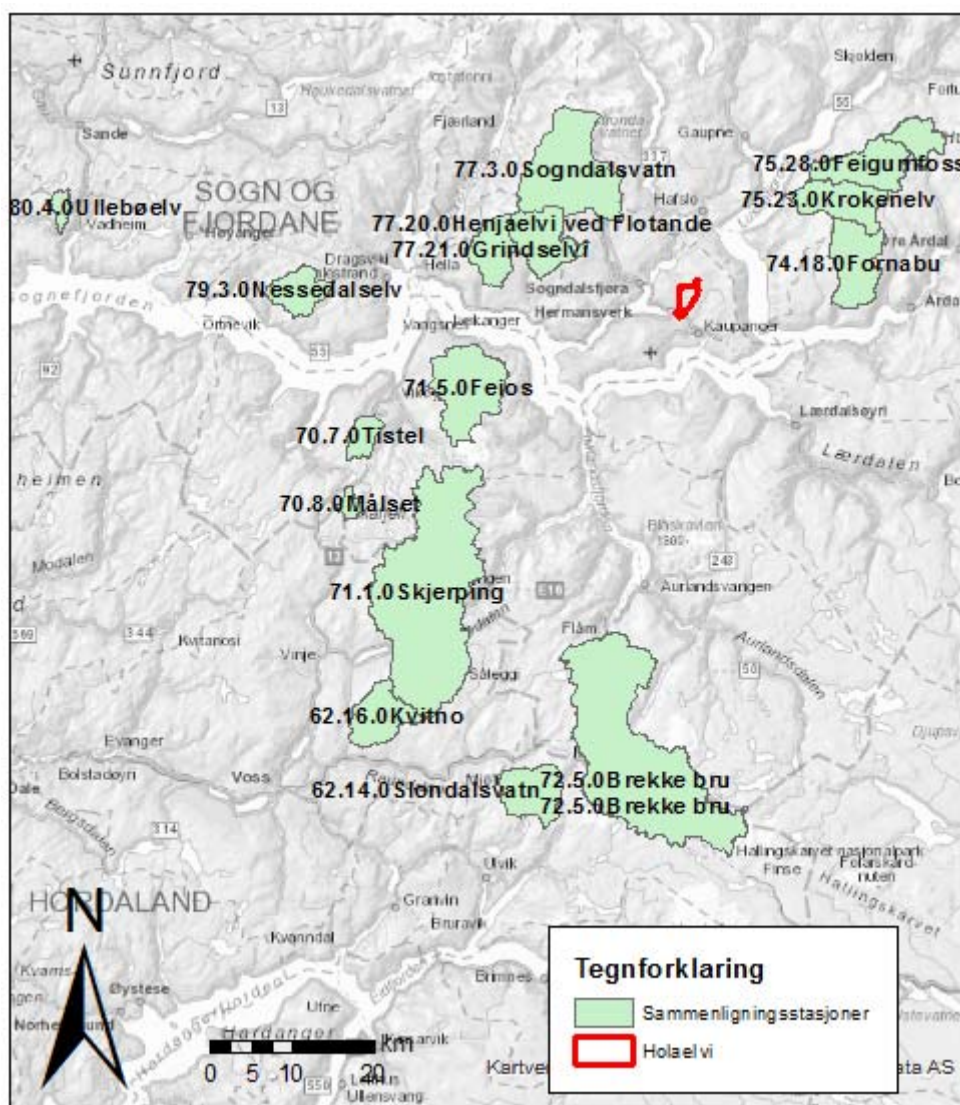
Figur 1. Nedbørfeltet (A= 6,4 km²) til Holaelvi ved bru/kommunal veg ved Eide, Sogndal kommune.

2 Målestasjoner

Representative vannføringsstasjoner kan bidra til å gi et godt estimat på flomvannføring i et umålt felt dersom man har tilgang på representative vannføringsstasjoner med lange tidsserier.

En oversikt over sammenligningsstasjoner for området er gitt i tabell 2. Beliggenhet og feltgrenser er vist i figur 2.

På Vestlandet kan man normalt gjøre sammenligninger med målestasjoner som har like feltegenskaper selv om de ligger forholdsvis langt unna hverandre, så fremt de ligger innen samme klimatiske forhold (stor nedbørsgradient øst/vest). Altså er det viktigere å passe avstanden øst/vest enn nord/sør. Dette er spesielt aktuelt for Holaelvi, som ligger helt på grensen mellom det våte vestlandsklimaet og noe tørrere innlandsklima. Det har vært vanskelig å finne representative sammenligningsstasjoner til Holaelvi.



Figur 2. Nedbørfelt til sammenligningsstasjoner i området (sort). Analysefeltet er markert med rødt.

Tabell 2. Feltkarakteristika for aktuelle sammenligningsstasjoner.

Stasjon	Måle- periode	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Q _N * (l/s·km ²)	Q _{obs} ** (l/s·km ²)	Medianh.. (moh.)
<i>Holaelvi</i>	-	6,4	0,0	34***	-	633
62.14 Slondalsv.	1983-d.d.	41,9	2,7	71,8	82,1	1258
62.16 Kvitno	1983-1998	41,6	0,1	57,5	73,9	898
70.7 Tistel	1969-1989	15,6	0,0	47,7	44,7	837
70.8 Målset	1968-d.d.	7,7	2,6	72,9	80,6	1079
71.1 Skjerpings	1908-d.d.	268	0,0	54,4	-	969
71.5 Feios	1972-2007	75,0	0,0	53,2	55,3	931
72.5 Brekke bru	1908-d.d.	268	0,7	62,2	61,5	1273
74.16 Langedalen	1972-d.d.	23,8	0,6	59,3	52,4	1328
74.18 Fornabu	1982-d.d.	53,1	0,2	42,1	39,9	1054
75.23 Krokenelv	1965-d.d.	45,9	0,1	47,3	48,8	1148
75.28 Feigumfoss	1972-d.d.	48,0	1,3	45,2	50,6	1294
77.3 Sogndalsvatn	1962-d.d.	111	2,3	76,6	75,8	1000
77.20 Henjaelvi	2007-d.d.	48,1	0,5	65,1	79,0	922
77.21 Grindselvi	2007-2014	34,1	0,0	64,9	76,8	968
79.3 Nessedalselv	1983-d.d.	29,8	1,3	63,4	75,6	820
80.4 Ullebøelv	1927-d.d.	8,3	1,2	99,7	93,6	661

* Q_N årsmiddelavrenningen i perioden 1961-90 beregnet fra NVEs avrenningskart.

**Q_{obs} årsmiddelavrenningen beregnet for periode med tilgjengelige observasjoner.

*** Årlig avrenning er oppjustert med 20 %, mer om dette i kap.3.

Flere av målestasjonene i lista over er inkludert for å gi et bilde av variasjonen i de spesifikke flomverdiene i området rundt analysefeltet. Det er også flere av stasjonene som ikke er representative ift. avrenningsforhold i analysefeltet, men inkl. på grunn av lang tidsserie (f.eks 72.5 Brekke bru). Datakvaliteten på målestasjonene varierer stort, og flere av de har dårlig kvalitet på flomvannføringene.

3 Flomberegninger

I «Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt» (Stenius mfl., 2015) er det anbefalt å bruke flere ulike metoder for å sammenligne ulike resultat før et endelig valg av flomverdier tas, og følgelig er det gjort beregninger med formelverk for små nedbørfelt (Glad mfl., 2015) og frekvensanalyser. På grunn av begrenset lengde på tidsseriene til vannføringsstasjoner med findata (timesverdier), er frekvensanalysene gjort på døgnmiddelvannføring og kulminasjonsvannføringer er funnet via et anslag på representativt forholdstall, $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$.

Det er ikke benyttet nedbør-avløpsmodell i denne analysen. Feltet er såpass lite og bratt og med en minste mulige tidsoppløsning på 1t og ikke tilgang på kalibreringsdata, vil modellen ha utfordringer med å prestere godt.

3.1 Estimat fra formelverk

Formelverket for flomberegninger i små felt er utarbeidet for å estimere middelflom og flommer med ulike gjentakintervall direkte som kulminasjonsverdier for nedbørfelt under ca. 50 km² (Glad mfl., 2015).

Formelverket er basert på ett sett med ligninger for hele Norge. En ligning for estimering av middelflommen, Q_M , og en ligning for å beskrive vekstkurven, Q_T/Q_M , (forholdet mellom middelflom og en flom med et vilkårlig gjentakintervall T).

Middelflommen (Q_M) fås av følgende formel:

$$Q_M = 18.97 Q_N^{0.864} e^{-0.251 \sqrt{A_{SE}}} \quad (1)$$

hvor Q_N er nedbørfeltets middelvannføring (m³/s) i perioden 1961-90 hentet fra avrenningskartet, A_{SE} er den effektive sjøprosenten (%) og e er grunntallet $e \approx 2,718$. Middelflommen (Q_M) øker med økende middelvannføring, men minker med økende effektiv sjøprosent (se formel 1).

Vekstkurven (Q_T/Q_M) fås av følgende formel:

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0.308 \cdot q_N^{-0.137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k \quad (2)$$

hvor q_N er middelvannføring (l/s·km²) i perioden 1961-90 hentet fra avrenningskartet, Γ er gammafunksjonen, T er gjentakintervall og konstanten k gis av:

$$k = -1 + 2/[1 + e^{0.391 + 1.54 \cdot A_{SE}/100}]$$

Ligningen (2) viser at økt normalavrenning gir slakere kurve og økt effektiv sjøprosent gir brattere kurve.

Av de to parameterne i formel (1) er det middeltilsiget som er mest usikkert. Denne verdien blir hentet ut fra avrenningskartet og usikkerheten varierer kraftig mellom forskjellige geografiske plasseringer.

Tabell 2 viser at avviket mellom årsmiddelavrenningen Q_N fra avrenningskartet og den observerte årsmiddelavrenningen varierer og er stedvis stor i området. Observasjoner ved Sogndalsvatn rett nordvest for analysefeltet stemmer godt med kartet, mens 77.20 og 77.21 rett vest for Holaelvi indikerer at avrenningskartet underestimerer avrenningen med ca. 20 % (Observasjoner ved 77.20 Henjaelvi antas som gode, men datakvaliteten ved 77.21 er dårlig). Avrenningskartet stemmer relativt godt i områdene øst for analysefeltet. Observasjoner fra disse målestasjonene viser like eller verdier noe under verdiene fra avrenningskartet.

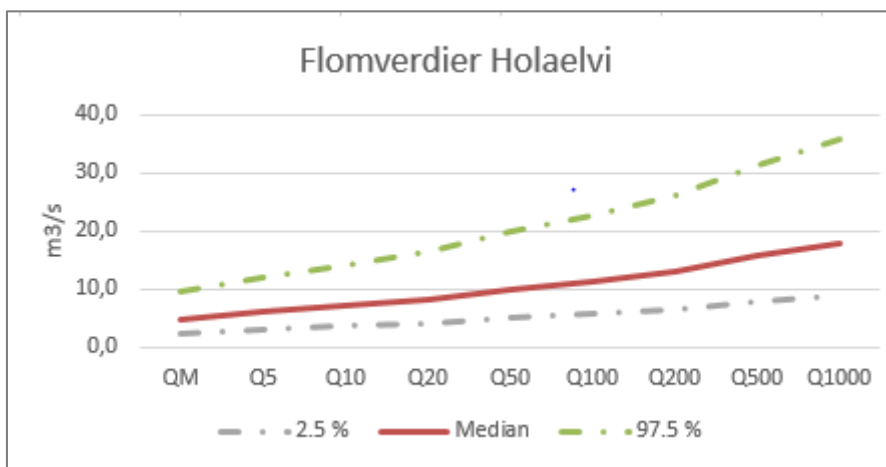
Avrenningskartet er utviklet på data fra perioden 1961-1990 og ingen av målestasjonene har data fra hele denne tidsperioden. Avviket mellom Q_N og Q_{obs} kan dermed ikke sammenlignes direkte. Sammenligningsstasjonene har i tillegg svært varierende datakvalitet.

Årlig avrenning for Holaelva på $27 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$ virker lavt og det antas at usikkerheten i dette området er spesielt stor da gradienten i dette området er stor. Ut fra en samlet vurdering anbefales det å øke årlig avrenning med 20 % til $32,4 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$.

Resultatene fra formelverk for alle gjentakintervall kan ses i Vedlegg 2.

Tabell 3 Resultat fra formelverk for små uregulert felt, kulminasjonsvannføring.

	Areal (km^2)	Q_N (år)	Eff.sjø (m^3/s)	Q_M , median (m^3/s)	Q_{200} 2,5 % - median – 97,5 % (m^3/s)	Q_{200} 2,5 % - median – 97,5 % ($\text{l/s}\cdot\text{km}^2$)
Holaelvi	6,4	32	0,0	4,8	6,5 – 13,0 – 26,1	1019 – 2038 – 4076



Figur 3 Flomverdier for analysefeltet med tilhørende usikkerhets bånd (95 % konfidensintervall) estimert med formelverk for små felt (Glad mfl., 2015). Årlig avrenning er oppjustert med 20 %.

¹¹ Den generelle usikkerheten i avrenningskartet er 25 %. Ingen av målestasjoner i området har observert normalavrenning på under $40 \text{ l/s}\cdot\text{km}^2$. Avrenningen for Holaelvi kunne derfor også ha vært justert opp enda mer.

3.2 Flomfrekvensanalyser og regionalt formelverk

Det er utført flomfrekvensanalyser på tidsserier fra et utvalg av målestasjonene i Tabell 2 (døgnmiddelverdier). Middelflom og vekstkurve for analysefeltet er estimert med formelverk for små felt (Glad mfl., 2015). Resultatene er presentert i Tabell 4, fet skrift indikerer at de er vektlagt i videre vurderinger.

Tabell 4. Flomfrekvensanalyse på årsflommer (døgnmiddel), samt kulminasjonsmiddel og vekstkurve estimert med formelverk for små felt (Glad mfl., 2015).

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km ²	Q _M		Q ₅₀ / Q _M	Q ₁₀₀ / Q _M	Q ₂₀₀ / Q _M	Fordeling/ kommentar
				l/s·km ²	m ³ /s				
62.14 Slondalsv.	1983-2015	33	42	556	23,3	1,85	2,18	2,60	Analyse 2016
62.16 Kvitno	1983-1998	16	42	736	30,6	-	-	-	Analyse 2016
70.7 Tistel	1969-1988	17	16	426	6,65	1,6	1,8	2,0	Analyse 2016
70.8 Målset	1969-2015	47	8	696	5,4	1,68	1,82	1,96	Analyse 2016
71.1 Skjerping	1969-2016	48	268	530	142,0	1,92	2,18	2,50	GEV-bayes
71.5 Feios	1972-2006	35	75	389	29,2	2,37	2,74	3,13	Analyse 2016
72.5 Brekke bru	1908-2014	107	268	377	101,0	1,73	1,92	2,11	Analyse 2016
74.16 Langedalen	1973-2012	40	24	437	10,4	1,62	1,46	1,89	Analyse 2016
74.18 Fornabu	1918-2014	28	53	333	17,7	1,78	1,94	2,11	Analyse 2016
75.23 Krokenelv	1965-2016	51	46	527	24	2,12	2,4	2,68	GEV- l-mom
75.28 Feigumfoss	1973-2013	41	48	325	16	1,36	1,44	1,51	Analyse 2016
77.20 Henjaelvi	2007-2016	10	48	588	28	-	-	-	GEV- l-mom
77.21 Grindselvi	2007-2015	8	34	616	21	-	-	-	For kort serie
77.3 Sogndalsvatn	1963-2016	54	111	517	57	1,93	2,18	2,44	GEV- l-mom
79.3 Nessedalselv	1983-2016	34	30	629	19	1,56	1,71	1,87	GL, dårlig tilp.
80.4 Ullebøelv	1981-2015	35	8	1133	9	1,87	2,05	2,23	Analyse 2016
NIFS formelverk:									
Holaelvi, median				755*	4,8*	2,05	2,35	2,70	
Holaelvi, 97,5 %				1510*	9,7*	2,05	2,35	2,70	

*Kulminasjonsvannføring.

Ingen av sammenligningsstasjonene er direkte sammenlignbare med Holaelvi, og den spesifikke døgnmiddelflomverdien i regionen varierer stort; fra ca. 350-1100 l/s·km². Den største verdien ved 80.4 Ullebøelv; ca. 1100 l/s·km². Feltet har sammenlignbare feltegenskaper, men ligger lenger ut i Sognefjorden og er derfor mye mer eksponert for vestaværet. Sett ut ifra feltegenskaper bør verdi for spesifikk middelflom til dels kunne sammenlignes med 70.7 Tistel, 77.20 Henjaelvi, 75.23 Krokenelv, 79.3 Nessedalselv. Disse ligger alle mellom ca.430-630 l/s·km² og har alle større nedbørfelt enn Holaelvi. Verdien for spesifikk middelflom trekkes derimot ned pga. lavere høyde i feltet og mindre avrenning. En samlet vurdering setter dermed spesifikk døgnmiddelverdi til 600 l/s·km² for Holaelvi.

Lengde på tidsserie og geografisk nærhet, vektlegges mer en feltegenskaper ved valg av representativ vekstkurve. Det er få måleserier med lange tidsserier i området. For mange av sammenligningsstasjonene var det vanskelig å finne representative vekstkurver, da mange fordelinger ga en dårlig tilpasning, samt det i flere tilfeller var stort sprik mellom de ulike fordelingene.

Frekvenskurvene i regionen viser stor spredning. Q_{200}/Q_M varierer fra 1,5-3,1. Det er valgt å ta utgangspunkt i en av de lengre tidsseriene forholdsvis nær Holaelvi, 75.23

Krokenelv, $Q_{200}/Q_M=2,68$. Valgt vekstkurve stemmer også godt med vekstkurven fra NIFS formelverk, $Q_{200}/Q_M=2,7$.

Døgnmiddelvanntføring for Holaelvi blir som vist i Tabell 5.

Tabell 5 Flommer med ulike gjentakintervall for analysefeltet basert på FFA, (døgnmiddelvanntføring).

Sted	Areal km ²	Q _M		Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Frekvensfaktor: Q _T /Q _M				2,12	2,40	2,68	-	-	-
Holaelvi	6,4	600	3,8	8,1	9,2	10,3	1272	1440	1608

Estimert forholdstall mellom kulminasjons- og døgnmiddelflom ut fra regionalt formelverk (Sælthun, 1997) er vist i Tabell 6. Det er antatt at høstflommer (regndrevne flommer) vil være størst i dette vassdraget; hhv. Q_{mom}/Q_{mid} på 2,0, se Tabell 6.

Analyser av data fra målestasjon 75.23 Krokenelv gir et forholdstall på rundt 1,85 for de største observerte flommene, men det er stor variasjon (Væringstad, 2016).

Observerte forholdstall for stasjoner i små felt med sammenlignbare feltegenskaper på Vestlandet (Vedlegg 10, Stenius mfl., 2015) antyder lignende verdier som formelverket. Observerte forholdstall på 2 eller større finnes bare for enkelte små felt; 84.19 Syngesandselva ($A=10,5$ km²) og 61.8 Kaldåen ($A=15,9$ km²) med hhv. Q_{mom}/Q_{mid} på 2,21 og 2,54. Forholdstallene fra Vedlegg 10 i Veileder for små uregulerte felt, viser imidlertid forholdstall mellom *middelflom* med døgnverdier og *middelflom* med kulminasjonsverdier. Disse forholdstallene kan dermed være mindre enn hvis man kun hadde sett på forholdstall Q_{mom}/Q_{mid} for de *aller største* kulminasjonsflommene.

Pågående arbeid (gjennomgang av års største kulminasjonsflom) viser at maks Q_{mom}/Q_{mid} -faktor for flere små felt på Vestlandet ²er så høye som 4,5-7,9. Gjennomsnittet av Q_{mom}/Q_{mid} -faktor for de samme feltene er vesentlig lavere, da det er stor variasjon i Q_{mom}/Q_{mid} -faktor pga. ulik årsak til flom (snø, intens nedbør) og tilstand i bakken.

²Eks. 61.8 Kaldåen; Maks $Q_{mom}/Q_{mid} = 7,9$, 84.7 Sægrova; Maks $Q_{mom}/Q_{mid} = 7,6$, 90.1 Førdeelv; Maks $Q_{mom}/Q_{mid} = 6,1$, 79.3 Nessedalselv; Maks $Q_{mom}/Q_{mid} = 4,7$, 62.18 Svartevatn Maks $Q_{mom}/Q_{mid} = 4,5$.

Det anses som sannsynlig at kulminasjonsvannføringen i realiteten også kan være vesentlig større for så små, raske felt som Holaelvi enn den kulminasjonsvannføringen man regner som et snitt over 1 time.

På bakgrunn av overliggende informasjon justeres $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ opp til 2,2.

Tabell 6 Forholdstall mellom kulminasjonsvannføring og døgnmiddelvannføring, $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$

Sted	Areal (km ²)	Eff.sjø (%)	Vårflom, formelverk ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$)	Høstflom, formelverk ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$)	Valgt Forholdstall
Holaelvi	6,4	0,0	1,6	2,0	2,2

Tabell 7 gir resulterende kulminasjonsvannføringer ved forskjellige gjentakintervall for analysefeltet basert på flomfrekvensanalyse, sammen med kulminasjonsvannføringer beregnet med NIFS-formelverk:

Tabell 7. Kulminasjonsflommer med ulike metoder for analysefeltet.

Sted	Areal km ²	Q_M		Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Holaelvi, FFA	6,4	1320	8,4	18	20	23	2798	3168	3538
Holaelvi, NIFS median	6,4	755	4,8	10	11	13	1545	1776	2038
Holaelvi, NIFS 97,5%	6,4	1510	9,7	20	23	26	3090	3552	4076

3.3 Endelig valg av flomvannføring, Q_{200}

En kombinasjon av flere tilnærminger diskutert i avsnitt 3.2 danner grunnlaget for endelig valg av flomvannføring for Holeelvi. Ved valg av spesifikk døgnmiddelflom på **600** l/s·km², tilsvarer dette en kulminasjonsmiddelflom på **1320** l/s·km². Dette er en verdi som ligger i øvre sjiktet av konfidensintervallet til NIFS-formelverket, se Tabell 7.

Med tanke på at ingen av sammenligningsstasjonene har spesielt lange tidsserier er det valgt å bruke **vekskurven fra NIFS formelverket**. I «Veileder for flomberegninger for små uregulerte felt» (Stenius mfl., 2015) sies følgende om valg av vekskurve: *«Vekstkurven fra formelverket er robust og lite sensitiv for lokale variasjoner og anbefales derfor som regel som første valg. Dersom det finnes lange tidsserier med god kvalitet (50-100 år eller mer) som vurderes som representative, sammenlign da gjerne vekstkurve fra formelverket med vekstkurve fra data og vurder hva som virker mest sannsynlig. Det kan også lages en kombinasjon av vekstkurve fra formelverk og data.»*

Tabell 8. Endelig valg, kulminasjonsflommer med ulike gjentakintervall for analysefeltet.

Sted	Areal km ²	Q_M		Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Holaelvi	6,4	1320	8,4	17	20	23	2701	3104	3562

Vedlegg 9 i Veileder for flomberegning i små uregulerte felt viser variasjon i flomverdier for ulike landsdeler i Norge. Spesifikke kulminasjonsverdier for en 200-års flom på Sør- og Vestlandet varierer fra 700-4000 l/s·km². Det finnes også verdier opp mot 6000 l/s·km². De høyeste verdiene finner man stort sett i bratte felt med lav effektiv sjøprosent.

Til sammenligning er høyeste registrerte kulminasjonsvannføring på Vestlandet ved 42.6 Blaklihøl i Hordaland på 4471 l/s·km². Resultatene ligger noe over estimat fra tilsvarende flomberegninger i området.

3.4 Justering av flomverdier i forhold til ventede klimaendringer

I (Stenius mfl., 2015) anbefales det et klimapåslag for alle flomberegninger med gjentakintervall 200 år på minimum 20 % og at det gjøres individuelle vurderinger for om det bør legges til 40 %. Den individuelle vurderingen anbefales gjort med utgangspunkt i Lawrence (2016) og Hanssen Bauer mfl. (2015).

Med utgangspunkt i at man anbefaler et klimapåslag på 40 % på regnskyll med varighet på under 3 timer for Sogn og Fjordane (Klimaprofil, Sogn og Fjordane, 2016), anbefaler man et klimapåslag på 1,4 for kulminasjonsflom i små nedbørfelt med liten selvreguleringsevne. Dette vil da også gjelde Holaelvi, som har et lite felt med rask respons på nedbør (bratt og begrenset demping).

Det pågår fortsatt forskning for å bestemme klimapåslag for kulminasjonsflommer i små nedbørfelt. Frem til resultatene fra disse prosjektene foreligger anbefales derfor et klimapåslag på 1,4.

Kulminasjonsvannføringer for flommer i et endret klima (år 2100) blir dermed som i Tabell 9.

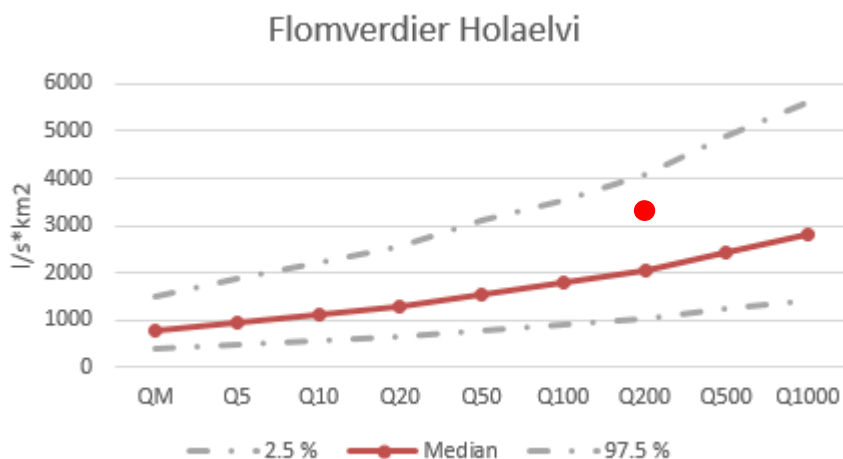
Tabell 9. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for analysefeltet, kulminasjonsvannføringer, justert med + 40 % som følge av ventede klimaendringer.

Sted	Areal km ²	Q_M		Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	l/s·km ²	l/s·km ²	l/s·km ²
Holaelvi	6,4	1848	11,8	24	28	32	3781	4345	4987

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 målingene er ofte ikke utført på store flommer. De største flomvannføringene er altså beregnet ut fra et ekstrapolert forhold mellom vannstander og vannføringer, det betyr at også ”observerte” flomvannføringer inneholder en stor grad av usikkerhet. Andre kilder til usikkerhet er bruk av døgnmiddelverdier og mangel på lange findataserier.

I følge Glad mfl. (2015) fås usikkerheten ved bruk av formelverket for små felt for henholdsvis lave (< 100 år) og høye gjentakintervall (> 100 år) ved å multiplisere eller dividere med henholdsvis ca. 1,8 og ca. 2,0 med et 95 % konfidensintervall. For analysefeltene blir da flomestimatene med tilhørende 95 % konfidensintervall som i Figur 4. Med andre ord ventes 200-års flommen å ligge et sted mellom 1019 og 4076 l/s·km² for Holaelvi med et 95 % konfidensintervall.



Figur 4. Flomverdier for analysefeltene med tilhørende usikkerhets bånd (95 % konfidensintervall) estimert med formelverk for små felt (Glad mfl., 2015). Rød prikk viser valgt Q_{200} - verdi.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. I «Veileder for flomberegninger i små felt» (Stenius mfl. 2015) er det beskrevet en tilnærming for å klassifisere flomberegningen og det tilgjengelige hydrologiske datagrunnlaget. Ut fra metoden beskrevet i Stenius mfl. (2015) vurderes størrelsen på usikkerheten til flomberegningen for Holaelvi til **stor** «Brukbart hydrologisk datagrunnlag, i kombinasjon med store gradienter i spesifikke flomstørrelser i området».

4 Referanser

Glad, P. A., Reitan, T. og Stenius, S. 2015: Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE Rapport nr. 8-15. www.nve.no.

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.

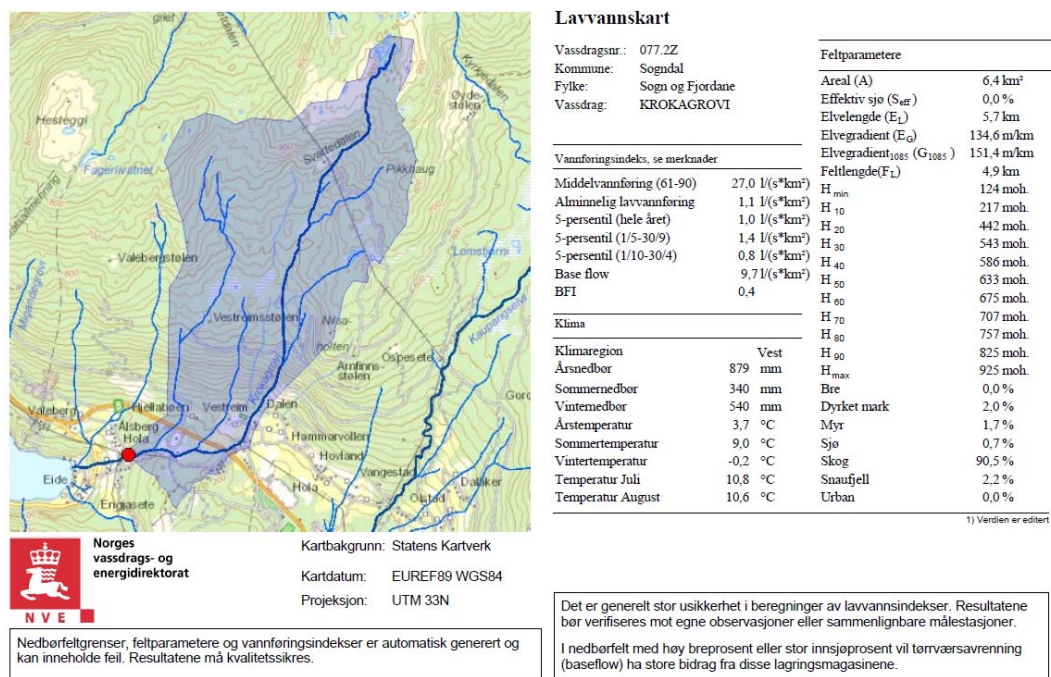
Lawrence, D. (2016). Klimaendring og fremtidige flommer i Norge, NVE Rapport Nr. 81-2016.

Stenius, S., Glad, P.A., Wang, T. K., Væringstad T. (2015): Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt. NVE Veileder 7-2015.

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

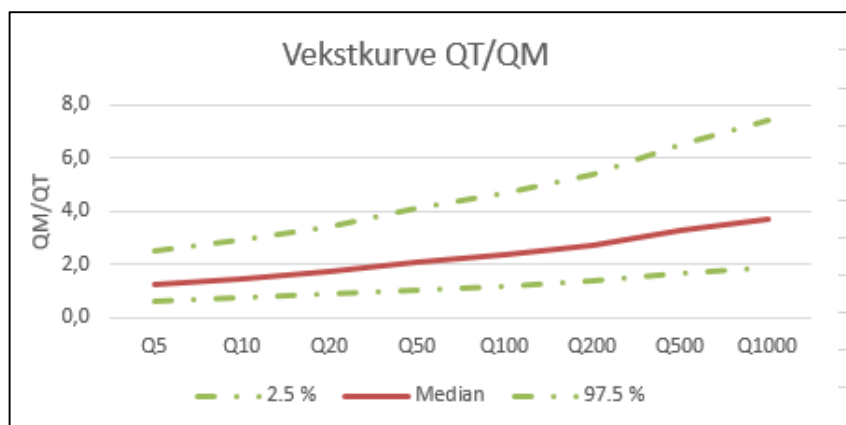
Vedlegg

Vedlegg 1: Nedbørfelt med feltkarakteristika for Holaelvi.



Vedlegg 2: Resultat fra formelverk

m3/s				Spesifikk avrenning (l/skm2)			
	2.5 %	Median	97.5 %		2.5 %	Median	97.5 %
QM	2,4	4,8	9,7	QM	378	755	1510
Q5	3,0	6,0	12,0	Q5	468	937	1874
Q10	3,5	7,1	14,1	Q10	551	1103	2205
Q20	4,1	8,2	16,4	Q20	640	1280	2560
Q50	4,9	9,9	19,8	Q50	773	1545	3090
Q100	5,7	11,4	22,7	Q100	888	1776	3552
Q200	6,5	13,0	26,1	Q200	1019	2038	4076
Q500	7,8	15,6	31,3	Q500	1221	2442	4883
Q1000	9,0	17,9	35,8	Q1000	1399	2798	5595





Norges
vassdrags- og
energidirektorat

Norges vassdrags- og energidirektorat

Middelthunsgate 29
Postboks 5091 Majorstuen
0301 Oslo

Telefon: 09575
Internett: www.nve.no