



Internt notat

Til:	Anders Bjordal. RN
Fra:	Ingeborg Kleivane. HF
Ansvarlig:	Sverre Husebye. HV
Dato:	5.1.2012
Saksnr.:	NVE
Arkiv:	412/199.1Z
Kopi:	

Flomberegning for Tromsdalselva (199.1Z). Tromsø kommune i Troms

Sammendrag

Det er utført flomberegning for Tromsdalselva i Tromsø kommune i Troms. Middelflom og flommer med gjentaksintervall 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500 og 1000 år er beregnet. I tillegg er normalvannføring (Q_N) beregnet og flomverdiene er vurdert og justert i forhold til forventete klimaendringer.

Flomberegningen er kontrollert av Seija Stenius, NVE.

Det finnes ikke vannføringsmålinger i vassdraget. Flomberegningene er derfor i hovedsak basert på data fra målestasjoner i nærliggende vassdrag, men det er også gjort sammenligninger med regionale formler og frekvenskurver. Resultatet ble (Kulminasjonsverdier):

Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for Tromsdalselva, kulminasjonsvannføringer:

Tromsdalselva	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flomvannføring	31.5	992	31	40	46	52	59	65	72	79	85

Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for Tromsdalselva, kulminasjonsvannføringer, justert med + 20 % som følge av forventete klimaendringer:

Tromsdalselva	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flomvannføring	31.5	1190	38	48	55	63	71	78	87	95	102

Det er valgt ut seks målestasjoner i området til å beregne og sammenligne middelflom, frekvenskurver og kulminasjonsverdier. Det er store variasjoner i spesifikke flommer mellom de seks målestasjonene og de fleste har mye større feltareal enn Tromsdalselva og har sannsynligvis lavere spesifikke flomverdier. Det er få målestasjoner i området med lite feltareal og lang måleserie. Dataseriene som er brukt i frekvensanalysene er stort sett av god kvalitet på flomvannføringer. Med bakgrunn i dette datagrunnlaget kan kvaliteten på beregningene regnes som meget usikkert.

Beskrivelse av nedbørfeltet

Tromsdalselva har vassdragsnummer (regine) 199.1Z.

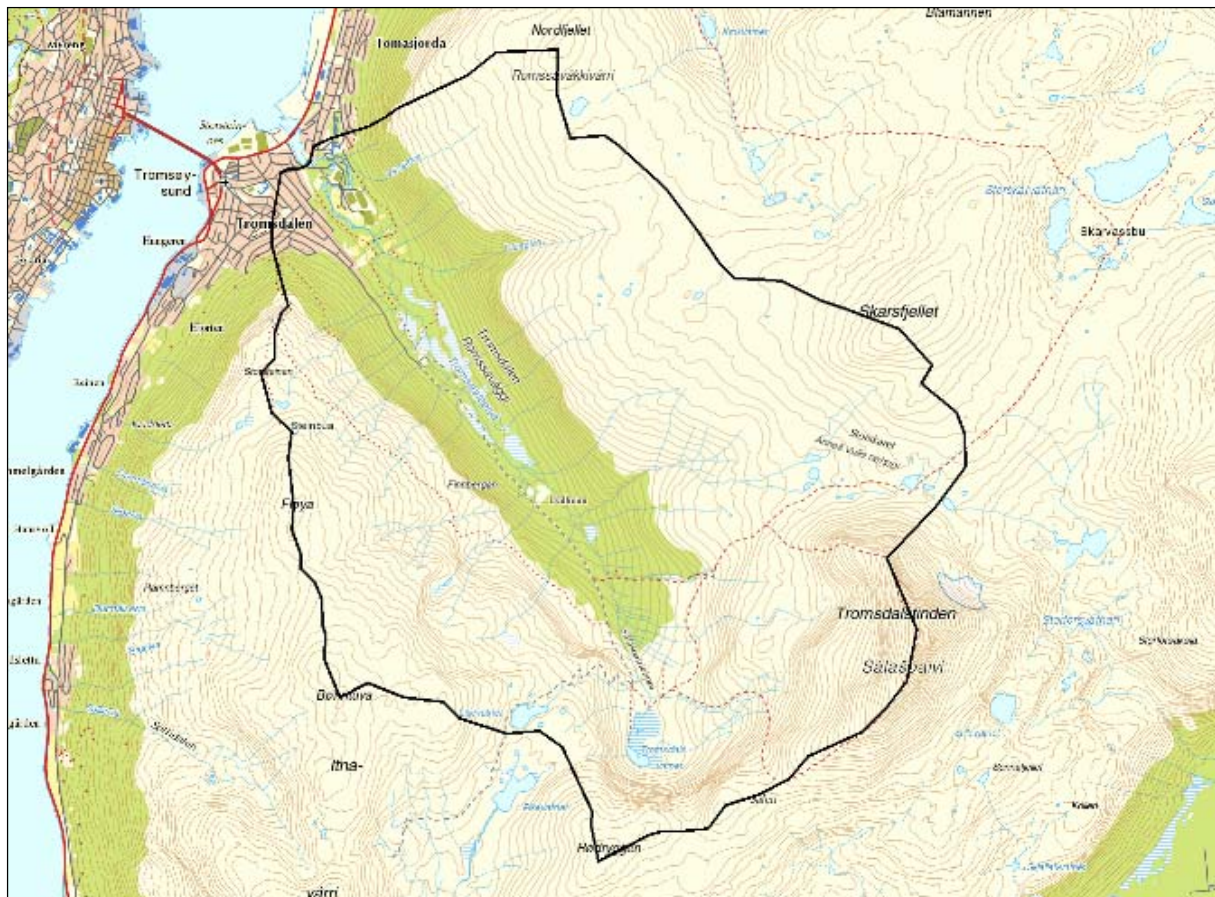
Flomregime: Vårflommer og høstflommer.

Feltkarakteristika for nedbørfeltet er vist i tabell 1 og feltgrensene er vist i figur 1.

Tabell 1. Feltkarakteristika for Tromsdalselva.

	Feltareal (km ²)	Snaufj. (%)	Eff. sjø (%)	Q _N (61-90) ¹		Høydeintervall (moh.)	Feltlengde (km)
				(l/s·km ²)	(m ³ /s)		
Tromsdalselva	31.5	77	0.0	54	1,7	5 - 1238	7.3

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



Figur 1. Nedbørfeltet til Tromsdalselva.

Målestasjoner

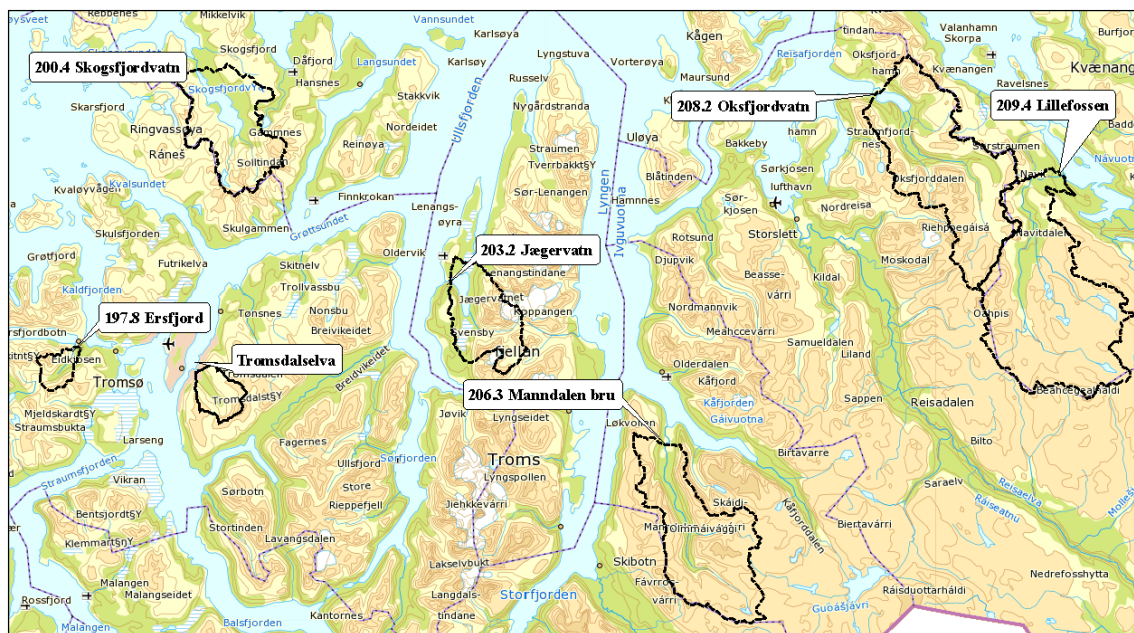
En oversikt over nedbørfeltene til aktuelle sammenligningsstasjoner i området er gitt i tabell 2. Beliggenhet og feltgrenser er vist i figur 2.

Tabell 2. Feltkarakteristika for aktuelle sammenligningsstasjoner.

Stasjon	Måleperiode	Feltareal (km ²)	Eff. sjø (%)	Q _N (61-90) (l/s·km ²)	Q _{obs} (l/s·km ²)	Høydeint. moh.
197.8 Ersfjord	1984-d.d.	19.3	0.8	55	85.6	65 - 1009
200.4 Skogsfjordvatn	1958-d.d.	135.5	10.1	51	52.7	19 - 1047
203.2 Jægervatn	1956-d.d.	92.5	7.9	52	52.0	3 - 1533
206.3 Manndalen bru	1972-d.d.	200.0	0.03	29	28.0	20 - 1316
208.2 Oksfjordvatn	1956-d.d.	265.9	2.1	31	39.7	8 - 1335
209.4 Lillefossen	1962-d.d.	330.6	0.1	39	30.1	30 - 1310

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

Q_{obs} betegner middeldavrenningen beregnet for periode med tilgjengelige observasjoner.



Figur 2. Kart over målestasjoner i området.

Beregning av middelflom og flommer med ulike gjentaksintervall. Døgnmiddelvannføringer

For beregning av middelflom vil det bli gjort en vurdering av middelflom for målestasjonene i tabell 2 og et formelverk for beregning av middelflom i definerte hydrologiske regioner (Sælthun *et al.*, 1997). Målestasjon 197.8 Ersfjord er sammenlignbar med Tromsdalselva, både i størrelse på nedbørfelt, sjøprosent og snaufjellandel. I Ersfjordelva kan det komme flommer både vår og høst, men høsten har flommer med høyere intensitet. Ersfjordelva og Tromsdalselva havner dermed i region H1 i formelverket for beregning av middelflom (Sælthun *et al.*, 1997). Kvaliteten på vannføringskurva til Ersfjordelva er imidlertid dårlig på flomvannstander og må brukes med forsiktighet i analyser.

Målestasjonene i området generelt er et dårlig sammenligningsgrunnlag for Tromsdalselva. Enten er flomdata dårlig ved målestasjonene eller så har de større nedbørfelt eller effektiv innsjøprosent enn for Tromsdalselvas nedbørfelt.

I tabell 3 er beregnet middelflom og forholdstallet mellom flommer med ulike gjentakintervall for de aktuelle målestasjonene presentert sammen med regionale flomfrekvenskurver i region H1 og V1.

Tabell 3. Flomfrekvensanalyse ved målestasjonene.

Stasjon	Periode	Ant. år	Areal km ²	Q _M		Q ₅ /	Q ₁₀ /	Q ₂₀ /	Q ₅₀ /	Q ₁₀₀ /	Q ₂₀₀ /	Q ₅₀₀ /	Q ₁₀₀₀ /	Frekvenskurve
				m ³ /s	l/s·km ²	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	
197.8 Ersfjord	1984-2001	18	19.3	10.9	565	1.15	1.27	1.39	1.54	1.65	1.76	1.91	2.02	GUM
200.4 Skogsfjordvatn	1958-2010	53	136	41.9	308	1.28	1.48	1.65	1.86	2.00	2.13	2.27	2.35	GAM
203.2 Jægervatn	1988-2010	23	92.5	17.7	190	1.17	1.31	1.44	1.62	1.75	1.88	2.05	2.17	GUM
206.3 Manndalen bru	1972-2010	39	200	60.9	305	1.24	1.42	1.57	1.77	1.91	2.05	2.22	2.36	LN3
208.2 Oksfjordvatn	1981-2010	30	266	70.6	265	1.19	1.37	1.55	1.82	2.04	2.28	2.64	2.94	GEV+GUM
209.4 Lillefossen	1970-2009	40	331	141	426	1.24	1.44	1.63	1.87	2.06	2.25	2.51	2.70	LN3
Region V1 (1997)	-	-	-	-	-	1.28	1.47	1.67	1.90	2.09	2.31	2.54	2.73	-
Region H1 (1997)	-	-	-	-	-	1.33	1.59	1.80	2.21	2.48	2.79	3.23	3.50	-

Frekvenskurvene i tabell 3 er for noen målestasjoner snitt av flere fordelingsfunksjoner. De med best visuelle tilpassning til dataene er valgt ut.

Formelen fra Sælthun *et al.* for middelflom i region H1 følger under og gir spesifikk middelflom for et felt.

$$\text{Region H1: } \ln(Q_M) = 1.2805 \cdot \ln(Q_N) - 0.2267 \cdot \ln(A/L_F) - 0.0664 \cdot A_{SE} + 0.0053 \cdot S_T + 1.00$$

Q_M: Middelflom [l/s·km²]

Q_N: Årlig middelavrenning [l/s·km²]

A/L_F: Feltbredde; areal/feltaksens lengde

A_{SE}: Effektiv innsjøprosent [%]

S_T: Hovedelvas gradient.

Spesifikk middelflom beregnet med formelen for H1 gir for Tromsdalselva en middelflom på 620 l/s·km². For region V1, som også Tromsdalselva kan plasseres i, blir middelflommen beregnet til å være 1467 l/s·km², noe som virker urimelig høyt. Derfor er H1 valgt videre i analysen. Selv om vårflommen er dominerende i regionen i volum og varighet kan trolig høstflommen få høyere intensitet.

Med bakgrunn i vurderingene ovenfor, settes spesifikk middelflom i Tromsdalselva til 620 l/s·km². Som frekvensfaktorer for Tromsdalselva brukes frekvensfaktorene som er utledet fra formelverket for region V1. V1 er valgt som frekvensfordeling siden frekvensfordelingen til H1 er veldig høy. V1 sin frekvensfordeling er i størrelsesorden med det som er observert i området. Resultatene blir som i tabell 4.

Tabell 4. Døgnmiddelflommer med ulike gjentaksintervall for Tromsdalselva.

Tromsdalselva	Areal km ²	Q _M		Q ₅	Q ₁₀	Q ₂₀	Q ₅₀	Q ₁₀₀	Q ₂₀₀	Q ₅₀₀	Q ₁₀₀₀
		l/s·km ²	m ³ /s								
Flomvannføring [m ³ /s]	31.5	620	19.5	25	29	33	37	41	45	50	53

Beregning av kulminasjonsvannføringer

I små vassdrag vil kulminasjonsvannføring være atskillig større enn døgnmiddelvannføringen. Dette er spesielt karakteristisk i vassdrag hvor vannføringen kan stige raskt og flommene har et spisst forløp. Små nedbørfelter med lav effektiv sjøprosent vil typisk ha et raskere og spissere flomforløp sammenlignet med større nedbørfelter med høyere effektiv sjøprosent.

Forholdet mellom kulminasjonsvannføring (momentanvannføring) og døgnmiddelvannføring ($Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$) anslås fortrinnsvis ved å analysere de største observerte flommene i vassdraget. Siden det ikke finnes vannføringsdata fra vassdraget må forholdstallet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ dermed beregnes med utgangspunkt i nærliggende og lignende målestasjoner i området, og beregnede forholdstall fra eksisterende formelverk. Se tabell 5-7.

Tabell 5. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 209.4 Lillefossen. Mai 2000 var det også stor flom ved målestasjonen, men det er brudd i observasjonene ved kulminasjonstidspunktet.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$
29.05.1986	311	304	1.02
14.06.1992	280	220	1.27
17.05.2010	249	201	1.24
11.06.1997	238	196	1.21
12.07.1993	236	220	1.07
24.06.1990	235	187	1.26
		Snitt	1.18

Tabell 6. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 208.2 Oksfjordvatn.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$
18.05.2010	168	162	1.04
12.07.1993	108	97	1.12
11.06.1997	102	101	1.01
22.06.1988	98.3	85.8	1.15
07.06.1995	94.7	88.6	1.07
27.06.1990	89.4	81.4	1.10
30.05.1992	81.9	80.2	1.02
		Snitt	1.07

Tabell 7. Kulminasjons- og døgnmiddelvannføringer ved 197.8 Ersfjordelva.

Dato	Kulminasjon m ³ /s	Døgnmiddel m ³ /s	Q _{mom} /Q _{mid}
15.10.1985	27.5	10.5	2.62
11.05.1986	29.2	10.7	2.73
04.12.1987	11.1	7.3	1.52
12.11.1988	11.8	8.8	1.34
07.07.1989	12.3	7.6	1.62
02.05.1990	18.1	14.0	1.29
04.09.1991	10.9	7.9	1.38
28.01.1992	10.2	9.3	1.10
19.05.1993	11.5	9.6	1.20
11.05.1994	9.8	8.1	1.21
17.10.1995	9.5	8.1	1.17
07.06.1996	12.7	10.9	1.17
02.06.1997	16.6	8.3	2.00
		Snitt	1.56

I Sælthun *et al.* (1997) er det utarbeidet ligninger som uttrykker en sammenheng mellom forholdet $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}}$ og feltkarakteristika (feltareal og effektiv sjøprosent) for vår- og høstsesong. For vårflokker gjelder formelen:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 1.72 - 0.17 \cdot \log A - 0.125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

mens formelen for høstflokker er:

$$Q_{\text{mom}}/Q_{\text{mid}} = 2.29 - 0.29 \cdot \log A - 0.270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Tromsdalselva gir formelen gav et forholdstall på 1.5 for vårflokk og 1.9 på høstflokk.

Målestasjon 197.8 Ersfjordelva har nedbørfelt som best kan sammenlignes med Tromsdalselva. Flomvannføringer ved denne målestasjonen er nokså usikre. Likevel er døgnmiddel og kulminasjonsvannføring for høyeste vannføring hvert år over en periode på 13 år listet opp i tabell 7, sammen med forholdstallet mellom disse to verdiene. Det er stor variasjon mellom forholdstallene og det er både regn- og snøsmelteflokker. Formelverket gir et forholdstall for Ersfjordelva på 1.4 for vårflokk og 1.7 for høstflokk. Middelet mellom forholdstallet basert på observasjoner i perioden 1985-1997 for Ersfjordelva gir 1.6. Det velges å bruke 1.6 for Tromsdalselva, siden Tromsdalselva også er i et overgangsregime mellom kyst- og innlandsklima. Kulminasjonsverdiene blir dermed som i tabell 8:

Tabell 8. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Tromsdalselva, kulminasjonsvannføringer.

Tromsdalselva	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flomvannføring	31.5	992	31	40	46	52	59	65	72	79	85

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 NVE-report 5-2011 "Hydrological projections for floods in Norway under a future climate" er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til forventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. For alle nedbørfelt mindre enn 100 km² anbefales det å benytte en faktor på minst 1.2 (20 % økning) for å anslå klimaendringers effekt på flommer med forskjellige gjentakintervall. Ut fra avsnitt 8.1 Troms og Finnmark i nevnte rapport, velger vi for Tromsdalselva å benytte 20 % økning.

Se resultater i tabell 9.

Tabell 9. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Tromsdalselva, kulminasjonsvannføringer, justert med + 20 % som følge av forventete klimaendringer.

Tromsdalselva	Areal km ²	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
		l/s·km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s
Flomvannføring	31.5	1190	38	48	55	63	71	78	87	95	102

Usikkerhet

Det er store variasjoner i spesifikke flommer mellom de seks utvalgte målestasjonene i området. De fleste målestasjonene i området har mye større feltareal enn Tromsdalselva og har dermed lavere spesifikke flomverdier. Det er få målestasjoner i området med lite feltareal og lang måleserie. Kvaliteten på flomvannføringer til dataseriene som er brukt i frekvensanalysene er varierende. Det er også stort sprik mellom resultatene fra formelverket og observasjonene.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Konklusjonen for denne beregningen er at datagrunnlaget er godt og at beregningen kan klassifiseres i klasse 3, i en skala fra 1 til 3 hvor 1 tilsvarer beste klasse.

Andre kilder til usikkerhet er at vannføringskurver ofte er ekstrapolert på flomvannstander, bruk av døgnmiddelverdier og mangel av lange findataserier.

Referanser

Hammarland, A. T. (red.), 2010: Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder: strategi 2010 – 2014. NVE Rapport nr. 15 – 2010.

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

Lawrence, D. og Hisdal, H., 2011: Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE Report nr.5 – 2011