

Flom- og vannlinjeberegning for Austbekken, i Nord-Trøndelag.



Oppdragsrapport B – X 2016

Flom- og vannlinjeberegning for Austbekken ved Åsmulen i Nord-Trøndelag.

Oppdragsgiver: Statens vegvesen Region midt v/Trude Brandt

Forfatter: Per Ludvig Bjerke, Thomas Væringstad

Trykk: NVEs hustrykkeri

Forsidefoto: Austbekken. Foto: Per Ludvig Bjerke.

Emneord: Flomberegning, vannlinjeberegning, Austbekken, Nord-Trøndelag.

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

Desember 2015

Innhold

Forord	4
Sammendrag	5
1 Beskrivelse av nedbørfeltet	6
2 Målestasjoner	7
3 Flomanalyser	8
3.1 Døgnmiddelvanneføringer	8
3.2 Kulminasjonsvanneføringer	9
3.3 Klimaendringer	9
4 Dimensjonering av kulvert	10
4.1 Datagrunnlag	10
5 Usikkerhet i beregningene	10
6 Konklusjon	11
7 Referanser	11

Forord

På oppdrag for Statens vegvesen Region midt har NVE, Hydrologisk avdeling, utført flom- og vannlinjeberegninger for Austbekken i Grong kommune i Nord-Trøndelag. I tillegg er flomverdiene justert i forhold til ventede klimaendringer.

Thomas Væringstad har utført flomberegningen og Per Ludvig Bjerke har utført vannlinjeberegningen. Per Alve Glad har kvalitetskontrollert rapporten.

Rapporten er utført på oppdragsbasis og er ikke en del av NVE sin forvaltningsmessige behandling av saken.

Oslo, januar 2016

Sverre Husebye
seksjonssjef

Per Ludvig Bjerke
sjefingeniør

Sammendrag

Det er utført en hydraulisk beregning for Austbekken i Nord-Trøndelag. Dette består av flom beregning og dimensjonering av ny kulvert.

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

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

Resulterende kulminasjonsvannføringer ble:

	Q_M m ³ /s	Q₅ m ³ /s	Q₁₀ m ³ /s	Q₂₀ m ³ /s	Q₅₀ m ³ /s	Q₁₀₀ m ³ /s	Q₂₀₀ m ³ /s
Austbekken	7.7	10	12	14.2	16.7	18	20.2

Vannlinjeberegningen viser at det blir hastigheter på ca. 1 m/s inn mot kulverten ved en 200 års flom på 20 m³/s. Det kreves et areal på 25 m² for å ta unna en 200 års flom inkludert 20 % for å ta høyde for usikkerhet. Dette kan for eksempel være en kulvert på 5 x 5 m. Det anbefales at laveste del av brua ikke legges lavere enn 106.5 moh antatt at bunnen av elva er på 101.5 moh.

1 Beskrivelse av nedbørfeltet

Austbekken er en liten elv som renner ut i Namsen ved Åsmulen. Elva er uregulert.

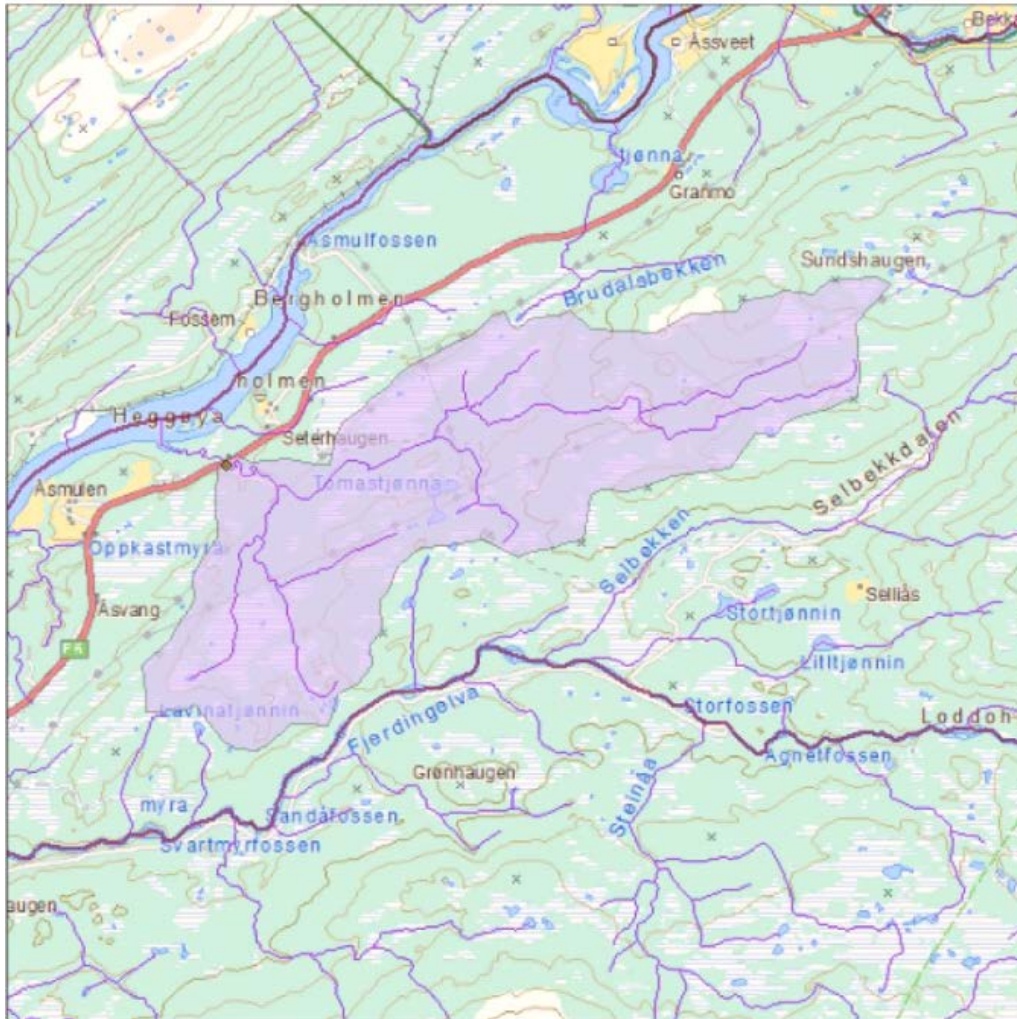
Flomregime: flommer opptrer både vår, høst og vinter men det er sannsynlig at de høyeste flomtoppene opptrer om høsten eller vinteren.

Noen utvalgte feltkarakteristika for nedbørfeltet er vist i tabell 1 og feltgrensene er vist i figur 1. I vedlegg 2 er vist resultat fra analyse med Lavvann.

Tabell 1. Feltkarakteristika for Austbekken.

Sted	Feltareal, A km ²	Eff. sjø, A _{SE} %	Q _N (61-90)* l/s·km ²	Høydeintervall moh.	Feltlengde, L _F km
Austbekken	6.4	0.0	45	107 - 354	4.7

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



Figur 1 Nedbørfeltet til Austbekken

2 Målestasjoner

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



Figur 2. Kart over målestasjoner i området (sort) og Austbekken.

Tabell 2. Feltkarakteristika for aktuelle sammenligningsstasjoner.

Stasjon	Måleperiode	Feltareal (km ²)	Eff.sjø (%)	Q _N (l/s·km ²)	Q _{obs} (l/s·km ²)	Høydeint. (moh.)
123.28 Hokfossen	1971-d.d.	8,04	1,2	28	23,4	246-512
123.29 Svarttjørnb.	1971-d.d.	3,42	0,9	28	26,3	280-512
123.30 Ø. Hestsjøb.	1972-d.d.	1,85	-	30	33,0	306-512
123.95 Kobberd.	2006-d.d.	1,05	11,8	22	27,6	287-546
124.15 Børstad	1991-d.d.	48,5	0,2	25	29,6	13-438
126.2 Engstad	1992-d.d.	20,0	0	17	23,7	13-286
139.20 Moen	1974-d.d.	64,0	0,0	62	72,0	200-1098
142.1 Første Aunvatn	1982-d.d.	87,3	1,7	110	81,3	20-925
150.1 Sørra	1952-d.d.	6,6	0,0	43	35,8	35-165

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

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

3 Flomanalyser

3.1 Døgnmiddelvanføringer

Det er utført frekvensanalyse på årsflommer (døgnverdier) for målestasjonene. Store flommer forekommer hele året, men flere av de største flommene har vært på høsten eller vinteren. I tabell 3 vises resultatene for flomfrekvensanalysene.

Det er relativt stor spredning i spesifikk middelflom og forholdstallene ved de ulike målestasjonene som er tatt med i analysen (tabell 3). For middelflom varierer det fra under 200 l/s·km² til over 700 l/s·km². Forholdstallet Q_{200}/Q_M varierer fra 1,5 til 3,1 ved målestasjonene.

Ut fra en ren sammenligning av feltegenskapene (tabell 2) er det rimelig å anta at spesifikk middelflom er høyere ved Austbekken sammenlignet med f.eks. feltene i Sagelva sør for Trondheim, som har lavere avrenning. Regionalt formelverk (Sælthun et. al. 1997 (K2 og H1) og Glad et. al. 2015) anslår en middelflom på henholdsvis 318, 519 og 1085 l/s·km². Sistnevnte formelverk angir flommer for kulminasjonsverdier.

Det vurderes som at målestasjon 150.1 Sørørra er mest sammenlignbar for middelflom i Austbekken. Austbekken har samme areal, lik effektiv sjøprosent og spesifikk avrenning, og det er valgt å runde opp spesifikk middelflom til 500 l/s·km².

Tabell 3. Flomfrekvensanalyse på årsflommer, døgnmiddelverdier.

	Per.	Ant år	Q _M		Q ₅ /	Q ₁₀ /	Q ₂₀ /	Q ₅₀ /	Q ₁₀₀ /	Q ₂₀₀ /	Q ₅₀₀ /	Q ₁₀₀₀ /
			m ³ /s	l/s·km ²	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M	Q _M
123.28 Hokf.	03-15	13	2,628	327	1,38	1,70	2,0	2,38	2,68	2,96	3,35	3,64
123.29 Svarttj.	96-15	20	1,124	329	1,37	1,67	1,96	2,34	2,62	2,90	3,27	3,54
123.30 Ø.Hest	07-15	9	0,908	491	-	-	-	-	-	-	-	-
123.95 Kobb.	07-15	9	0,197	188	-	-	-	-	-	-	-	-
124.15 Børst.	92-15	24	19,824	409	1,40	1,73	2,04	2,45	2,75	3,06	3,46	3,76
126.2 Engstad	97-15	19	9,343	467	1,25	1,46	1,65	1,91	2,10	2,29	2,54	2,72
139.20 Moen	75-14	40	38,9	608	1,17	1,25	1,33	1,41	1,48	1,54	1,61	1,67
142.1 F.Aunv.	83-14	32	61,4	703	1,17	1,33	1,49	1,70	1,87	2,04	2,28	2,47
150.1 Sørørra	53-14	59	3,04	462	1,32	1,58	1,83	2,15	2,39	2,64	2,95	3,19
NIFS (2015)*	-	-	1,41	1085	1,24	1,45	1,68	2,02	2,32	2,66	3,18	3,65
RFFA (1997)	K2	-	0,41	318	1,24	1,44	1,59	1,87	2,05	2,27	2,49	2,69
RFFA (1997)	H1	-	0,67	519	1,33	1,59	1,86	2,21	2,48	2,79	3,23	3,50
Austbekken	-	-	3.2	500	1,32	1,58	1,83	2,15	2,39	2,64	2,95	3,19

* Beregningen gjelder for kulminasjonsverdier

Som representativ flomfrekvenskurve for Austbekken brukes flomfrekvensfaktorer for Sørørra. Tabell 4 gir resulterende vannføringer ved forskjellige gjentakintervall for Austbekken.

3.2 Kulminasjonsvannføringer

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

Målestasjon 150.1 Sørørra har data med finere tidsoppløsning og en sammenligning mellom døgn og kulminasjonsvannføringer i NIFS, gir et forholdstall på 2,02. Sørørra har noenlunde lignende feltparametere med Austbekken, men det er antatt at Austbekken har enda litt raskere respons i feltet.

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. Formlene er:

$$\text{Vårflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

$$\text{Høstflom: } Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{\text{SE}}^{0.5}$$

hvor A er feltareal og A_{SE} er effektiv sjøprosent. For Austbekken gir formelene et forholdstall på 1.54 for vårflom og 1.97 for høstflom.

Det er godt samsvar mellom Sørørra og formelverk for høstflommer, og er det valgt å bruke en faktor på 1.97 videre i analysen. Kulminasjonsverdiene blir dermed som i tabell 4.

Tabell 4. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentakintervall for Austbekken, døgnmiddel og kulminasjonsvannføringer.

	Areal km ²	Kulm./ døgn	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
			m ³ /s	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
Døgnmiddelvannføring	6.4	-	3.2	500	1,32	1,58	1,83	2,15	2,39	2,64	2,95	3,19
Kulminasjonsvannføring	6.4	1.97	6.4	1000	8.5	10.1	11.7	13.8	15.3	16.9	18.9	20.4

3.3 Klimaendringer

I henhold til NVEs klimastrategi (Hamarsland, 2010) 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 og Hisdal (2011) er det gitt anbefalinger om hvordan man skal ta hensyn til ventet klimautvikling frem til år 2100 ved beregning av flommer med forskjellige gjentakintervall. Austbekken ligger i en av områdene hvor en venter økning i flomvannføringer på grunn av klimaendringer. Ut fra avsnitt 8.3 i nevnte rapport, er det

anbefalt for vassdrag som Austbekken å vurdere en økning av flommer på 20 prosent på grunn av klimaendringer. Det gir følgende flomverdier i vassdraget (tabell 5).

Tabell 5. Beregnet middelflom (Q_M) og resulterende flomverdier ved ulike gjentaksintervall for Austbekken, kulminasjonsvannføringer, justert med + 20 % som følge av ventede klimaendringer.

	Areal	Q_M		Q_5	Q_{10}	Q_{20}	Q_{50}	Q_{100}	Q_{200}	Q_{500}	Q_{1000}
	km ²	m ³ /s	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
Klimapåslag 20 %	6.4	7.7	1200	10	12	14.2	16.7	18	20.2	22.8	24.5

4 Dimensjonering av kulvert

4.1 Datagrunnlag

Befaring av elva ble utført den 10 november 2015. Under befaringen ble det utført en oppmåling av vannstander og høyder som en del av grunnlaget for å sette opp en hydraulisk modell. I vedlegg 1 er vist data og kart over målte høyder. Elva faller med ca. 0.3 m fra 102.3 moh til ca. 102.0 moh de siste 60 m før brua. Dette gir en helning på ca. 0.5 % oppstrøms brua. Dette vil gi en hastighet på ca. 1 m/s og det vil kreves et areal på ca. 25 m² for å ta unna en 200 års flom. Det er da inkludert 20 % for å ta høyde for at drivgods som is, trær og grener kan drive med elva under flom.

5 Usikkerhet i beregningene

Det er en hel del usikkerhet knyttet til flomberegninger og vannlinjeberegninger.

I frekvensanalysen av vannføringer brukes såkalte observerte vannføringer. Dette er imidlertid indirekte observasjoner basert på en vannføringskurve der sammenhengen mellom vannstand og vannføring ofte baseres seg på noen få målinger på lavere vannføringer. For høye flommer er vannføringskurven ekstrapolert og dermed vil verdiene være av en viss usikkerhet.

Andre kilder til usikkerhet er bruk av døgnmiddelverdier der kulminasjonsverdier ikke finnes og mangel på lange dataserier.

De regionale flomformlene og frekvenskurvene (Sælthun et al., 1997) gjelder for felt >20 km², men bør brukes med forsiktighet for felt < 100 km² (NVE 2011). Usikkerheten (95 % konfidensintervall) i formelverket fra Glad et. al. 2015 er anslått til et intervall på ca. 0,5 – 2 ganger verdien av Q_{200} . Formelverkene er for Austbekken også sensitive for endringer i estimatet av middelavrenningen.

Å kvantifisere usikkerhet i hydrologiske data er meget vanskelig. Det er mange faktorer som spiller inn, særlig for å anslå usikkerhet i ekstreme vannføringsdata. Med bakgrunn i det tilgjengelige datagrunnlaget for denne flomberegningen kan usikkerheten i resultatene regnes som middels.

I vannlinjeberegningen er det plussset på 20 % for å ta høyde for usikkerheten i beregningen og for å ta høyde for at drivgods som grener og is driver i elva ved flom.

6 Erosjonssikring og is

Det vil være små hastigheter inn mot brua, men ved flom vil det være en tydelig innsnevring inn mot kulverten som vil gi lokale større hastigheter akkurat ved innløpet til kulverten. Derfor må det steinsettes både ved inn – og utløpet av kulverten.

7 Konklusjon

Resultatet fra flomberegningen er vist i tabellen nedenfor. Klimapåslag er 20 %.

	Q _M m ³ /s	Q ₅ m ³ /s	Q ₁₀ m ³ /s	Q ₂₀ m ³ /s	Q ₅₀ m ³ /s	Q ₁₀₀ m ³ /s	Q ₂₀₀ m ³ /s
Austbekken	7.7	10	12	14.2	16.7	18	20.2

Det er svært flatt oppstrøms brua og det beregnes en hastighet på 1 m/s inn mot brua ved flom. Dette krever en åpning på 25 m². Dette kan da som eksempel være en 5 m bred og 5 m høy kulvert.

Nedre kant bru bør derfor ikke ligge lavere enn på kote 106.5 moh. Da antatt at bunnen ligger på kote 101.5 moh.

Kulverten må steinsettes både ved innløpet og ved utløpet. Dette bør gjøres med stein av størrelse 0.5 m eller større. Dette sikrer mot erosjon og is.

8 Referanser

NVE 19/2007: Flomberegning for Namsen.

NVE Oppdragsrapport B. 2 bruer i Sveningdal, desember 2015.

NVE Oppdragsrapport B. Fossland, desember 2015.

NVE (2015): Glad, P., Reitan, T. og Stenius, S.: Nasjonalt formelverk for flomberegninger i små nedbørfelt. NVE-Rapport 2015:13.

Hamarsland, A.T. 2010: Klimatilpasning innen NVEs ansvarsområder. NVE-Rapport 2010:15.

Lawrence og Hisdal 2011: Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. NVE Report No. 5-11. www.nve.no.

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

VEDLEGG 1 Tabell og kart med innmålte av høyder ved Austbekken.

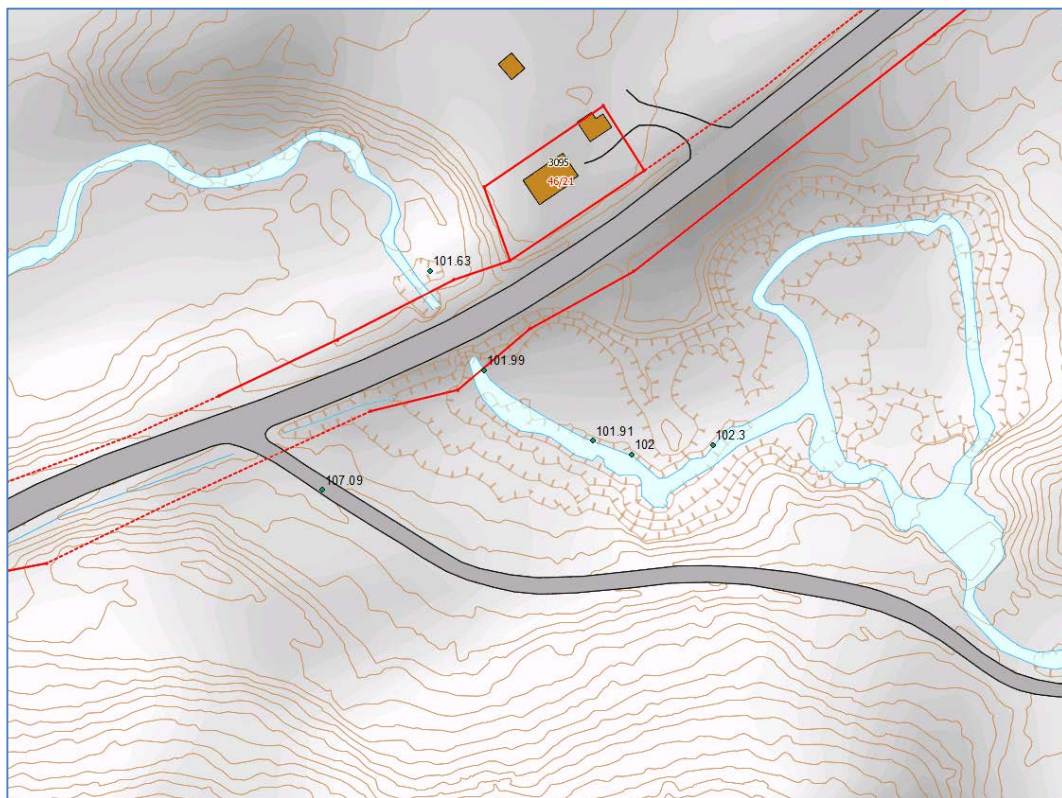
Table

austebekken

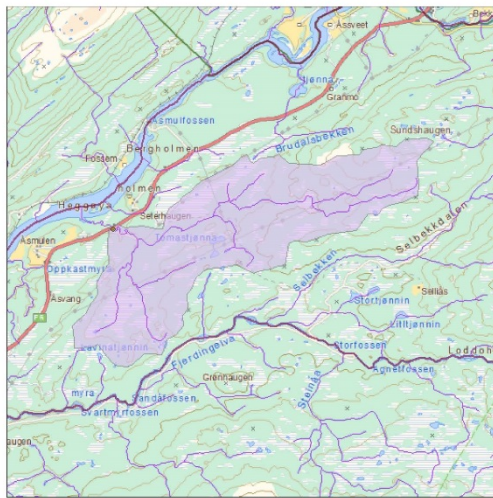
	FID	Shape	Name	Code	Northing	Easting	Elevation
▶	0	Point ZM	ved bil	1000	7173050.14745	388637.69147	107.09
	1	Point ZM	vst1	1000	7173073.28722	388676.21809	101.99
	2	Point ZM	vst2	1000	7173055.35374	388698.93841	101.91
	3	Point ZM	vst3	1000	7173051.45669	388707.40109	102
	4	Point ZM	vst4	1000	7173051.92053	388725.6167	102.3
	5	Point ZM	vst5	1000	7173096.54806	388666.29367	101.63

1 (0 out of 6 Selected)

austebekken



VEDLEGG 3 Analyse av nedbørfeltet til Austbekken.



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

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

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 139.D32
Kommune: Grong
Fylke: Nord-Trøndelag
Vassdrag: NAMSEN

Vannføringsindeks, se merknader

Middelvannføring (61-90)	45,6 l/s/km ²
Alminnelig lavvannføring	3,6 l/s/km ²
5-persentil (hele året)	3,6 l/s/km ²
5-persentil (1/5-30/9)	5,9 l/s/km ²
5-persentil (1/10-30/4)	2,9 l/s/km ²
Base flow	15,1 l/s/km ²
BFI	0,3

Klima

Klimaregion	Midt
Årsnedbør	1237 mm
Sommernedbør	450 mm
Vinternedbør	787 mm
Årstemperatur	2,3 °C
Sommertemperatur	9,7 °C
Vintertemperatur	-3,0 °C
Temperatur juli	12,1 °C
Temperatur August	12,0 °C

Feltparametere

Areal (A)	6,4 km ²
Effektiv sjø (S _{eff})	0,0 %
Elvelengde (F _l)	5,6 km
Elvegradient (F _g)	33,3 m/km
Elvegradient ₁₀₈₅ (G ₁₀₈₅)	30,2 m/km
Feltlengde(F _l)	4,7 km
H _{min}	107 moh.
H ₁₀	136 moh.
H ₂₀	143 moh.
H ₃₀	150 moh.
H ₄₀	157 moh.
H ₅₀	167 moh.
H ₆₀	180 moh.
H ₇₀	202 moh.
H ₈₀	232 moh.
H ₉₀	277 moh.
H _{max}	354 moh.
Brc	0,0 %
Dyrket mark	0,0 %
Myr	21,3 %
Sjø	0,5 %
Skog	77,9 %
Snaufjell	0,0 %
Urban	0,0 %

Det er generelt stor usikkerhet i beregninger av lavvannsindekser. 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.

De estimerte lavvannsindeksene i denne regionen er svært usikre, og lavvannskartet har en tendens til å overestimere verdiene. Indekser som ikke er beregnet skyldes manglende parameter(e).

