

NOTAT

OPPDRAAG SVV - fv 710 hydrologi og miljø	OPPDRAAGSLEDER Torstein Rød Klausen	DATO 05.06.2015
OPPDRAAGSNUMMER 14506001	OPPRETTET AV Frøydis Sjøvold Wolf-Dietrich Marchand	

TIL

Statens vegvesen

KOPI TIL

Hydrologiske og hydrauliske beregninger for Klakkselva

Det er igangsatt arbeid med reguleringsplan for fv. 710 Brekstad – Krinsvatn. Statens vegvesen har igangsatt arbeidet med å utarbeide 6 delstrekninger

Reguleringsplanarbeidet er en del av prosjektet 'Fosenvegene – ei tim' te by'n'. I henhold til framdriftsplanen for prosjektet skal offentlig ettersyn av planforslaget gjennomføres 4. kvartal 2015/1. kvartal 2016.

I den forbindelse planlegges ny parsell ved Klakkselva som krever utforming av ny kulvert for bekken. Det er utført flomberegning for Klakksbekken (vassdragsnummer 134.23Z)

Flomberegning

Flomberegningen er utført i henhold til "Retningslinjer for flomberegninger" (NVE, 2011A), så langt dette er relevant.

Nedbørfeltet til kulverten er 3,7 km². Arealet er så lite at det er vanskelig å finne representative måleserier for avløp til å utføre en flomfrekvensanalyse. Konsentrasjonstiden til feltet er så kort at det er vanskelig å benytte en nedbør-avløpsmodell. Feltet er også for lite til å benytte regionale flomformler (for felt > ca. 20 km²).

Flomberegningen er derfor utført ved bruk av den rasjonale formel (Shaw, 1994):

$$Q \left(\frac{m^3}{s} \right) = C \cdot i \left(\frac{l}{s \cdot ha} \right) \cdot A (km^2)$$

Hvor:

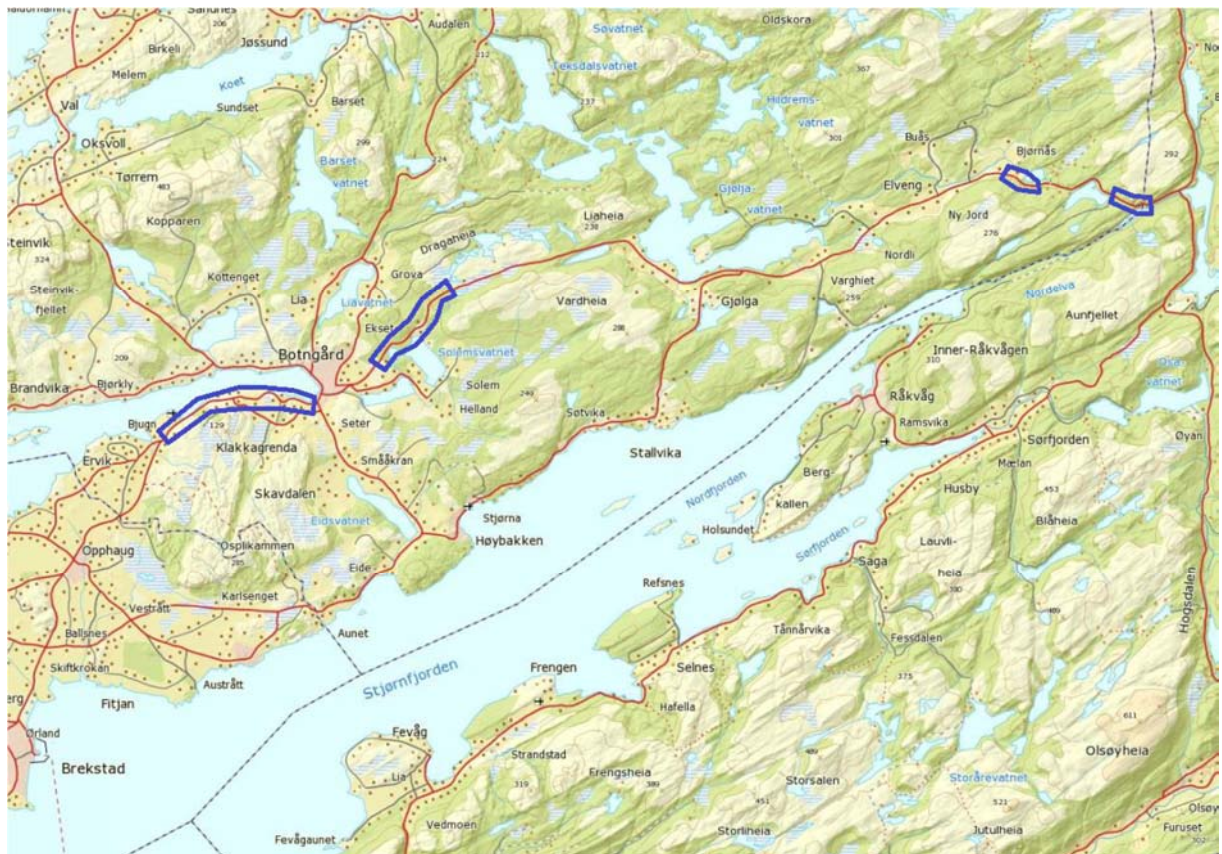
C er avrenningsfaktor (dimensjonsløs)

i er nedbørintensitet (l/s, ha)

A er feltareal (km²)

Nedbørintensitet må bestemmes for et gitt gjentakintervall og varighet. Intensiteten bestemmes fra en IVF-kurve (intensitet, varighet og frekvens for nedbør) fra en nærliggende målestasjon som måler timesnedbør.

Figur 1 viser prosjektområdet og plassering av Klakkselva.



Figur 1: Oversiktskart for prosjektområdet som viser plassering av Klakkselva (blått avmerking mest til venstre).

2 (13)

NOTAT
05.06.2015

Data for nedbørfeltet til Klakkselva er vist i Tabell 1. Areal på nedbørfeltet er beregnet ved bruk av Lavvann (se vedlegg). Tilsig i nedbørfeltet er beregnet fra NVEs avrenningskart for normalperioden 1961-1990. Hypsografisk kurve og feltparametere er beregnet med lavvannsapplikasjonen i NVE Atlas.

Tabell 1 Hoveddata for nedbørfeltet til Klakkselva

Nedbørfelt (km ²)	3,7
Middelvannføring, 61-90 (l/s/km ²)	39,1
Middelvannføring, 61-90 (m ³ /s)	0,134
Effektiv sjøprosent, A _{SE} (%)	0,0
H _{min} (moh.)	17
H _{maks} (moh.)	269
Høydeintervall, H (m)	252
Feltlengde, L (km)	3,8
Snaufjellprosent (%)	35
Skogprosent (%)	30
Myrprosent (%)	11

Konsentrasjonstiden til nedbørfeltet, t_c , er beregnet etter formelen gitt i Myrabø (1991):

$$t_c = 0,6LH^{-0,5} + 3000A_{SE} = 156 \text{ min}$$

Det er langt fra kulverten til nærmeste målestasjon med observasjoner for korttidsnedbør. De nærmeste målestasjonene er de tre målestasjonene i Trondheim. Tabell 2 viser målt nedbør med returperiode 200 år og varighet 180 min (nærmeste varighet lengre enn 158 min i nedbørtabellene), samt antall år med observasjoner for de fire stasjonene.

Tabell 2 Nedbørsum, returperiode 200 år og varighet 180 min

	Nedbørsum (mm)	Antall sesonger
Trondheim – Tyholt	31,0	25
Trondheim – Blakli	32,0	10
Trondheim - Risvollan	34,1	23

For å ikke underestimere nedbørintensiteten benyttes den høyeste nedbørintensiteten på 34,1 mm. Denne intensiteten er observert ved målestasjonen på Risvolla. Data fra denne målestasjonen er basert på målinger fra 23 sesonger. IVF-tabellen for Risvolla er vist i vedlegg 2.

Tabell 3 viser en oversikt over benyttede verdier for avrenningskoeffisienter.

Tabell 3 Avrenningskoeffisienter

Arealtype	%	Areal (m ²)	C	C*A (m ²)
Innsjøer	0.00	14800	1.00	14800
Snaufjell	0.30	1110000	0.98	1087800
Myr	0.11	421800	0.60	253080
Dyrket mark	0.23	858400	0.30	257520
Skog	0.35	1295000	0.30	388500
sum	1.00	<u>3700000</u>		<u>2001700</u>

Basert på verdier i Tabell 3, blir gjennomsnittlig avrenningskoeffisient for nedbørfeltet:

$$C = 2001700 \text{ m}^2 / 3700000 \text{ m}^2 = 0,54.$$

I henhold til SVV sin håndbok 200 økes avrenningskoeffisienten med 30 % for 200-års gjentaksintervall, dvs.

C = 0,71 brukes videre i beregningen.

På bakgrunn av disse opplysningene kan 200-årsflommen beregnes ved hjelp av den rasjonale formel til 8,3 m³/s.

Klimaendringer

Det pågår forskning på hvordan klimaendringer vil påvirke beregnede dimensjonerende flommer. NVE har estimert forventet endring i 200-års- og 1000-årsflom mot slutten av dette århundret basert på tilgjengelige klimafremskrivninger og kalibrerte hydrologiske modeller (HBV-modeller) (NVE, 2011B). Generelt er det forventet at flommer forårsaket av regn vil øke, mens snøsmelteflommer i større vassdrag vil avta. Ekstremnedbøren er forventet å øke i hele landet.

For Trøndelag anbefales det at det regnes med 20 % økning for alle nedbørfelt med nedbørfelt mindre enn 100 km² (NVE, 2011B). På bakgrunn av dette, er det beregnet flomverdi justert for klimaendringer for Klakkselva.

SVV sin håndbok 200 forutsetter større økning av flommer for de minste feltene. Beregningsmetoden rasjonal metode og liten feltstørrelse ved Klakkselva tilsier at vi følger SVV sin håndbok og benytter 50 % økning i fremtidige flommer. Denne verdien skal benyttes for 200-års gjentaksintervall i følge håndboka.

Konklusjon

200-årsflommen ved utløpet av Klakkselva er beregnet ved den rasjonale formel, med og uten 50 % klimatillegg. Resultatet er vist i Tabell 4.

Tabell 4 Resultat, flomberegning

Q ₂₀₀ (m ³ /s)	8,30
Q ₂₀₀ – klimajustert (m ³ /s)	12,44

Kapasitetsberegning og plassering av kulvert

I oppstartmøte med Christina Hohl hos Sweco ble plassering av kulvert diskutert.

Eksisterende veikurve skal rettes ut og det kan være aktuelt å fylle opp hele eller deler av området i kurven.

Vi var på befarung ved kulverten 11.05.2015. Det ble ikke utført noen oppmålinger eller grunnundersøkelser. Det ble tatt bilder og området ble visuelt vurdert.

Valg av løsning, med utfylling eller ikke, er ikke så vesentlig for gjennomføring av bekken. Det som er viktig er utforming og dimensjonering av kulverten. At denne dimensjoneres med god kapasitet og hydraulisk riktig slik at erosjonsskader unngås. Utført kapasitetsberegninger kan benyttes for dimensjonering av kulvert når løsning er valgt.

Ettersom det ikke er bestemt løsning ennå, er heller ikke fyllingshøyden kjent. Det er derfor beregnet med flere fyllingshøyder og tilhørende lengder på kulverten. Resultater vises i Tabell 5. Det er forutsatt at kulvert legges med fall på 10‰.

Tabell 5 Resultat fra kulvertberegning med vannstand i prosent av høyden på vegfyllingen

kapasitet	Vannføring [m ³ /s]	Material	Fyllings- høyde innløp [m]	Dia- meter [m]	Løpets lengde [m]	Strømnings- hastighet [m/s]	Beregnet vannstand for utløps- kontroll [m]	Beregnet vannstand for innløps- kontroll [m]	Endelig oppstrøms- vannstand [m]	Type strømnings- kontroll [-]	Vannstand relativt til fyllingshøy- den [%]
Q200+ KLIMA	12.44	betong	4	2.5	19.50	2.54	1.79	2.53	2.53	innløp	63 %
Q200+ KLIMA	12.44	betong	5	2.5	22.50	2.54	1.80	2.53	2.53	innløp	51 %
Q200+ KLIMA	12.44	betong	6	2.5	25.50	2.54	1.80	2.53	2.53	innløp	42 %
Q200+ KLIMA	12.44	betong	7	2.5	28.50	2.54	1.81	2.53	2.53	innløp	36 %
Q200+ KLIMA	12.44	betong	8	2.5	31.50	2.54	1.82	2.53	2.53	innløp	32 %
Q200+ KLIMA	12.44	betong	9	2.5	34.50	2.54	1.83	2.53	2.53	innløp	28 %

Kapasiteter er undersøkt med beregning for både innløps og utløpskontroll. Dimensjonerende beregningsmetode bestemmes fra høyeste vannstand (innløp/utløp). Når innløpskontroll er dimensjonerende settes høyeste vannstand for toppet rør. Deretter blir denne sammenstilt med fyllingshøyden. Det anbefales at vannstand fyllingshøyde ikke overstiger 50 % av fyllingshøyden. Det betyr derfor at anbefalt dimensjon for betongrør med rørdiameter 2,5 meter legges i ei fylling som er høyere enn 5 meter. Hvis for eksempel stålrør benyttes i stedet for betong, kan man teoretisk sett gå ned i dimensjon pga lavere ruhet, men det anbefales heller å opprettholde størrelsen for å være på den sikre siden kapasitetsmessig.

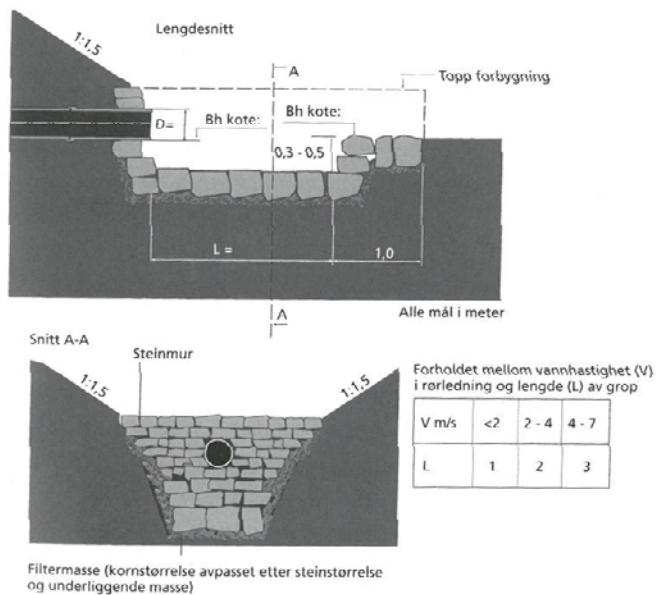
Erosjonssikring

Ved utløpet av kulverter vil hastigheten være høy ved store vannføringer. Det er derfor viktig å erosjonssikre spesielt godt ved utløpet av kulverten, men også innløpet bør erosjonssikres for å beskytte fylling rundt innløpet av kulverten.

Utløp kulvert

I vassdragshåndboka (ref) står det beskrevet hvordan man skal erosjonssikre utløp av kulvert. Erosjonssikringsbehovet avhenger av helning og lengde på kulverten. Ved utforming av kulverten er det en fordel at kulverten ikke legges for bratt. For vår beregning med betongkulvert D2500mm og helning på 10‰ vil hastigheten være over 2,6 m/s. Hastigheter tilsier at det kan være en fordel å kreve spesielle energidrepere med tyngre steinsetting.

Det anbefales at det bygges en steingrop, som er illustrert i Vassdragshåndboken se Figur 2.



Figur 10.17 Sikring av utløp med steingrop.

Figur 2: Illustrasjon av erosjonssikring utløp fra Vassdragshåndboken, NVE 2010

Størrelse plastringstein: $D_{30} = 0,25$ meter (ved bruk av Maynords formel 4.16 (NVE, 2009B) legges i dobbel tykkelse.

Lengde plastringsgrop skal være 2 meter og dybde ca 0,3 -0,5 meter lavere enn bunn rør. Det må også plastres tilstrekkelig ut til sidene som avsluttes med en med helning 1:1,5.

Innløp kulvert

Innløp kulvert bør også erosjonssikres. Dette kan gjøres ved plass-støpt betonginnløp eller ved å mure med stein. Det er viktig at området rundt utformes med tilstrekkelig fordrøyning av flom, samt at bekken ikke utformes for bratt. Det anbefales at innløp kulvert legges i bunn av fylling.

Når valg av løsning er foretatt bør innløpskonstruksjon vurderes nærmere.

Anbefaling og konklusjon

Det anbefales at endelig utforming av kulvert med innløp og utløpskonstruksjon bestemmes når løsning er valgt mht til høyde på fylling etc.

Det er ved valg av dimensjon på kulvert ikke utført beregninger mht til belastning eller kost/nytte. Det kan også velges større dimensjon på kulvert og lavere fyllingshøyde, om det er mer hensiktsmessig. Vi har her anbefalt en dimensjon på 2,5 meter da det antas at det er mest gunstig.

8 (13)

NOTAT
05.06.2015

Referanser

Myrabø, 1991. Flomberegning. Steinar Myrabø. Oppdragsrapport 8-91. NVE, 1991.

NVE, 2009A. Lars-Evan Pettersson. Flomforhold i Sør- og Midt-Norge. Rapport 3-2009. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2009B. Veileder for dimensjonering av erosjonssikring. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2011A. Retningslinjer for flomberegninger til § 5-7 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg. Retningslinje 4/2011. Norges vassdrags- og energidirektorat.

NVE, 2011B. Lawrence og Hisdal. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. Report nr. 5-2011. Norges vassdrags – og energidirektorat.

Shaw, 1994. Hydrology in Practice. Elizabeth M. Shaw. Page 316-317. Wokingham.

NVE, 2010, Vassdragshåndboken

SVV 2014, Håndbok N200, Veibyggning

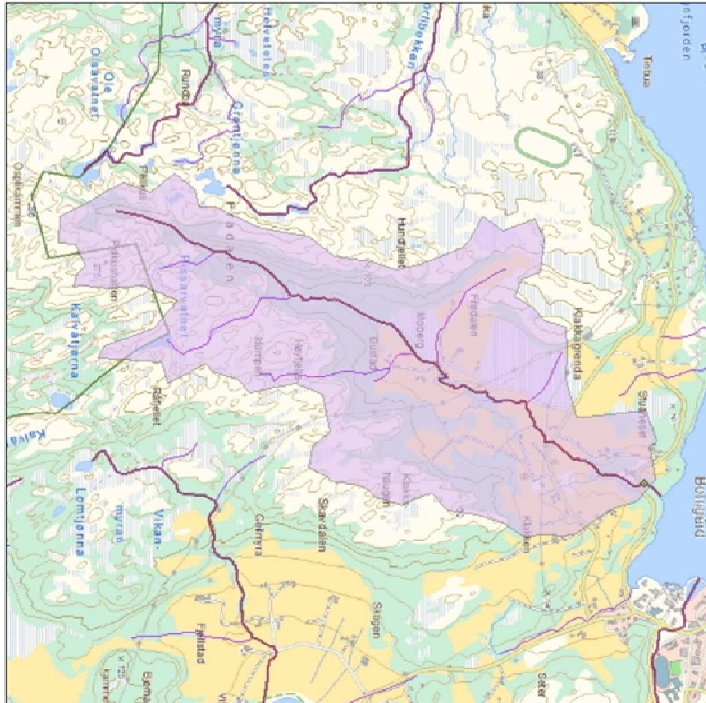
Databasen eKlima. www.eklima.met.no

NVEs lavvannskart

Vedlegg 1

10 (13)

NOTAT
05.06.2015



Norges
vassdrags- og
energidirektorat

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

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

Lavvannskart

Vassdragsnr.: 134.237
Kommune: Bjugn
Fylke: Sør-Trøndelag
Vassdrag: KLAKKSELVA

Vannkingsindeks, se metode		Feltparametere	
Middelvannføring (61-90)	39,1 l/s/km ²	Areal (A)	3,7 km ²
Alminnelig lavvannføring	6,3 l/s/km ²	Efektiv sje (S _{eff})	0,0 %
5-percentil (0,6-1-9)	6,4 l/s/km ²	Eivengde (F _L)	3,9 km
5-percentil (1,5-30-9)	4,6 l/s/km ²	Eivengradent (F _L)	44,4 m/km
5-percentil (11,0-30-4)	9,1 l/s/km ²	Eivengradent ₁₀₈₅ (Q ₁₀₈₅)	32,6 m/km
Base flow	12,9 l/s/km ²	Fallengde (F _L)	3,8 km
BFI	0,3	H _{min}	17 moh.
		H ₁₀	58 moh.
		H ₂₀	67 moh.
		H ₃₀	77 moh.
		H ₅₀	92 moh.
		H ₉₀	106 moh.
		H ₉₅	132 moh.
		H ₉₉	154 moh.
		H _{max}	174 moh.
		H _{max}	199 moh.
		Bre	269 moh.
		Dyktet mark	0,0 %
		Myr	23,2 %
		Sjø	11,4 %
		Skog	0,4 %
		Snaufjell	29,5 %
		Urten	0,0 %
			0,0 %

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

De estimerte lavvannsindekser i denne regionen er svært usikre, og lavvannskartet har en tendens til å overestimere verdiene.

12 (13)

NOTAT
05.06.2015

Vedlegg 2

Returperioder(År); Nedbørsum(mm)
 68230 TRONDHEIM - RISVOLLAN
 Periode: 1987 - 2009
 Antall sesonger: 23

År	minutter															
	1	2	3	5	10	15	20	30	45	60	90	120	180	360	720	1440
2	1.4	2.3	3.1	4.3	6.1	7.1	7.9	9	10.2	11.2	13.1	15	18.4	26.8	37.6	49.2
5	2	3.3	4.5	5.9	8	9.3	10.3	12.2	13.8	14.7	16.5	18.6	22	31.1	44.1	60.5
10	2.3	3.9	5.5	7	9.2	10.7	11.9	14.3	16.2	17	18.8	21	24.4	33.9	48.8	68.3
20	2.7	4.5	6.4	8	10.4	12.1	13.4	16.3	18.5	19.3	21	23.2	26.7	36.5	52.7	75.2
25	2.8	4.7	6.7	8.4	10.8	12.5	13.9	16.9	19.3	19.9	21.7	23.9	27.4	37.4	54	77.8
50	3.1	5.3	7.6	9.4	11.9	13.9	15.3	18.8	21.5	22.1	23.8	26.1	29.7	40	58.3	84.7
100	3.5	5.9	8.4	10.4	13.1	15.2	16.8	20.8	23.8	24.3	25.9	28.3	32	42.6	62.2	91.6
200	3.8	6.5	9.3	11.4	14.2	16.5	18.3	22.7	26	26.4	28	30.5	34.1	45.1	66.5	99.4

denne benyttes i beregningen