



Statens vegvesen

Flomvurdering E6 Vassmarka-Ronglan

Utgave: 2

Dato: 2015-01-28

DOKUMENTINFORMASJON

Oppdragsgiver:	Statens vegvesen
Rapporttittel:	Flomvurdering E6 Vassmarka-Ronglan
Utgave/dato:	2 / 28. jan. 2015
Arkivreferanse:	-
Oppdrag:	530303 – Reguleringsplan E6 midtdeler Vassmarka-Ronglan & Kjæran-Fleskhus
Oppdragsleder:	Wenche Lunder
Fag:	Samferdsel infrastruktur
Tema	Forretningsområde1
Skrevet av:	Haregewoin Haile Chernet
Kvalitetskontroll:	Håvard Knotten
Asplan Viak AS	www.asplanviak.no

FORORD

Asplan Viak har vært engasjert av Statens vegvesen for å utføre hydrologisk og hydraulisk beregninger for kapasitet vurdering av kryssninger i plan område. Bernt Arne Helberg har vært kontaktperson for oppdraget. Wenche Lunder har vært oppdragsleder for Asplan Viak og arbeidet er utført av Haregewoin H. Chernet .

Trondheim, 28/01/2015

Wenche Lunder
Oppdragsleder

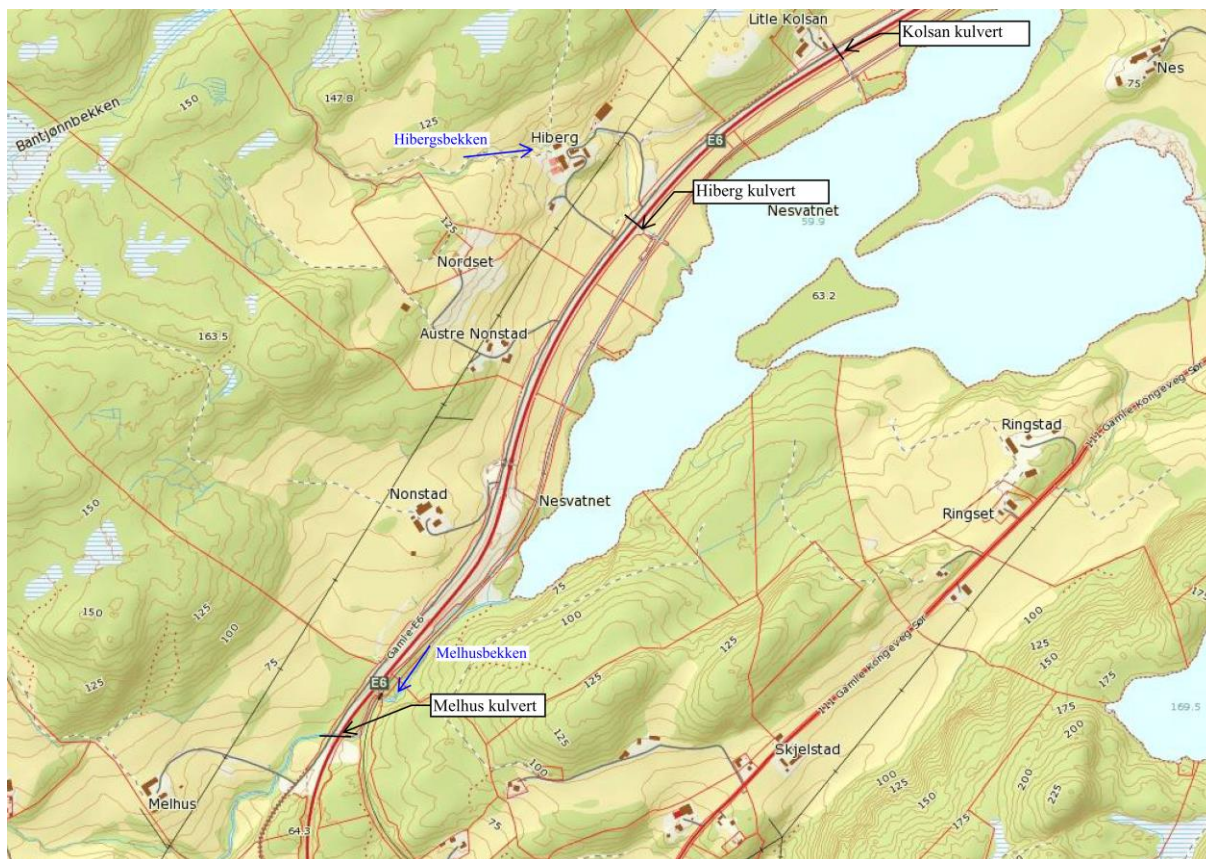
Håvard Knotten
Kvalitetssikrer

INNHOLDSFORTEGNELSE

1	innledning.....	4
2	Hydrologiske beregninger.....	5
2.1	Grunnlag for hydrologiske beregninger	5
2.2	Metode for beregning av 200-årsflom.....	6
2.3	Flomfrekvensmetoden.....	6
2.4	Rasjonelle formel	9
2.5	Evaluering av vannføringsberegninger	11
3	Hydraulisk beregning.....	12
3.1	Vannlinjeberegning	12
3.2	Resultater	15
4	SAMMENDRAG OG KONKLUSJON.....	19
4.1	Melhusbekken.....	19
4.2	Hibergsbekken	19
5	Referanser	21
6	Vedlegg.....	22
6.1	IVF-Kurve for målestasjonen TRONDHEIM - TYHOLT.....	22
6.2	Tverrprofiler til Hec-Ras modell: Melhusbekken	22
6.3	Tverrprofiler til Hec-Ras modell: Hibergsbekken.....	24

1 INNLEDNING

I forbindelse med vegprosjekt E6 Vassmarka-Ronglan i Levanger kommune, er det utført hydrologiske og hydrauliske beregninger for å gjøre kapasitetsvurderinger for kryssinger mellom bekker/elver og vegstrekningen i prosjektområdet. Det er benyttet 200-årsflom som dimensjonerende vannføring (NVE, 2008). Det er tatt hensyn til effekter av klimaendringer (NVE, 2011B).



Figur 1.1 Oversiktskart over kulverter som krysser E6 i prosjektområdet.

2 HYDROLOGISKE BEREGNINGER

Beregningene er utført med bakgrunn i Retningslinjer for flomberegninger til § 4-5 i forskrift om sikkerhet og tilsyn med vassdragsanlegg (NVE, 2011A) og Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag (NVE, 2008). Håndbok 018 Vegbygging (SVV, 2011) er brukt som referanse.

2.1 Grunnlag for hydrologiske beregninger

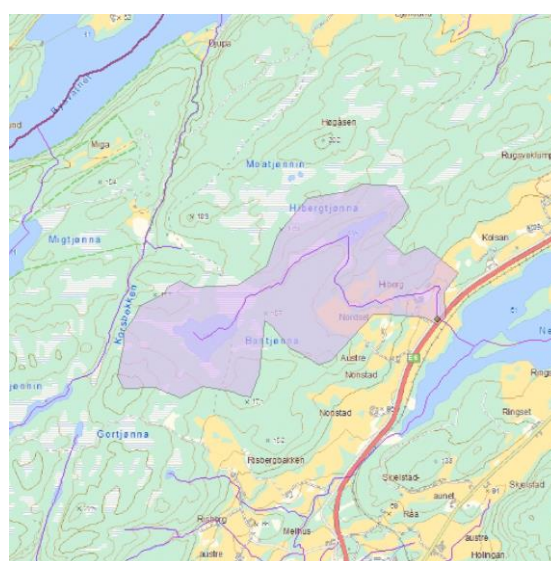
Melhusbekken og Hibernsbekken er en del av Høplavassdraget i vassdragsområde 125.4B. Oversikt over nedbørfeltene er vist i figur 2.1 og 2.2, og karakteristiske hydrologiske data er vist i tabell 2.1.

Kolsan kulvert som krysser E6 i prosjektområdet har nedbørfelt areal mindre enn 0,25 km². Så små bekker representerer ikke noe flomproblem, og dette vil i hvert fall ikke ha noen betydning for utforming av veganlegget. Dimensjonering og utforming av stikkrenner for de små bekkene utføres mest hensiktsmessig i detaljeringsfasen.

Det beste grunnlaget for vannføringsberegninger er vannføringsmåling over en lang periode i det aktuelle vassdraget. I Melhusbekken og Hibernsbekken fins det ikke slike målinger. Beregning av flomvannføring må da baseres på enten en teoretiske beregning basert på nedbørsdata eller sammenligning med andre nærliggende felt med lignende hydrologiske egenskaper. I dette tilfellet er begge metodene benyttet.



Figur 2.1 Nedslagsfeltet til Melhusbekken (Kulvert1)



Figur 2.2 Nedslagsfeltet til Hibernsbekken (Kulvert2)

Tabell 2.1 Hydrologiske feltparametere

Felt	Feltareal Km ²	Effektivt Sjøareal %	Skog %	Myr %	Snaufjell %	Hmin/Hmax	Middelvannføring (61-90) l/skm ²	Q _N målt l/skm ²
Melhusbekken	10,3	6,5	65,6	3,6	0,0	59/276	18,8	
Hibernsbekken	1,9	2,8	71,5	11,0	0,0	68/219	21,2	
Kolsanbekken	0,1	0,0	85,6	0,0	0,0	69/156	17,1	
Hokfossen 123.28	8,1	1,2	76,2	19,7	0,0	241/512	27,7	28.32
Engstad 126.20	19,8	0,0	36,8	2,3	0,0	12/283	17,4	24.32
Øvre Hestsjøbekk	1,7	0,0	66,5	33,4	0,0	305/512	29,9	28.77

Feltparametere er beregnet med dataprogrammet lavvannskart fra NVE.

2.2 Metode for beregning av 200-årsflom

Det beste grunnlaget for vannføringsberegninger er vannføringsmåling over en lang periode i det aktuelle vassdraget. I Melhusbekken og Hibernsbekken fins det ikke slike målinger. Beregning av flomvannføring må da baseres på enten en teoretiske beregning basert på nedbørsdata eller sammenligning med andre nærliggende felt med lignende hydrologiske egenskaper.

Nedbørfeltet til Hibernsbekken er lite. Det er derfor vanskelig å finne representative måleserier for avløp til å utføre en flomfrekvensanalyse. For Hibernsbekken er det valgt å utføre en beregning både med den rasjonelle metoden og en flomfrekvensberegning. Resultatet blir sammenlignet til slutt.

Flomberegninger for Melhusbekken er utført med både flomfrekvensmetode og den rasjonale formel og resultatene er sammenlignet.

2.3 Flomfrekvensmetoden

Denne metoden bases på sammenligning med andre nærliggende felt med lignende hydrologiske egenskaper. Sammenlignbare feltparametere for utvalgte referansefelt er vist i tabell 2.1.

2.3.1 Melhusbekken

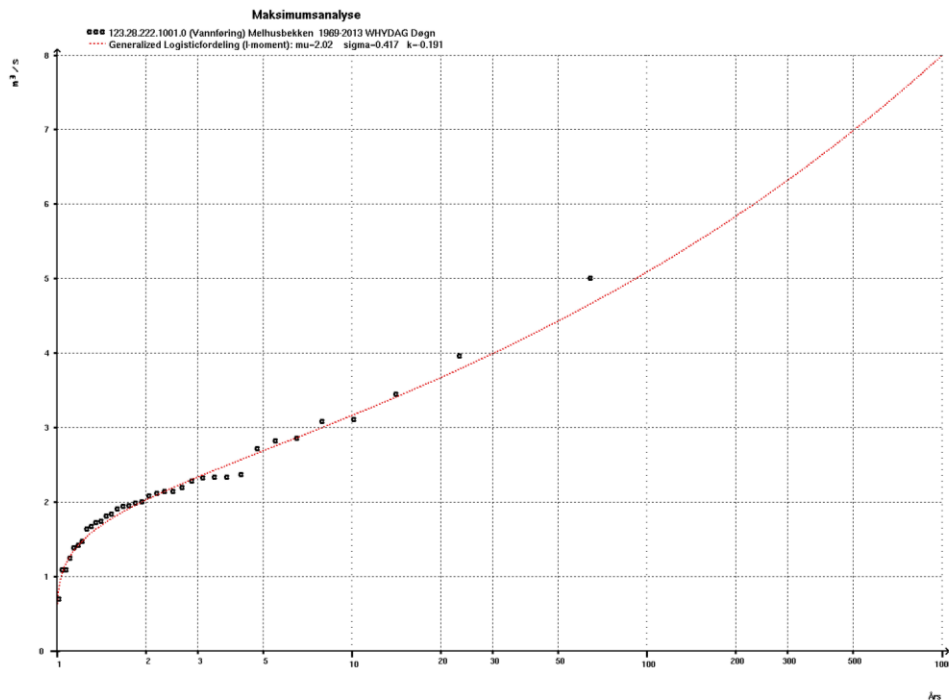
Målestasjon 123.28 Hokfossen ligger ca 40 km sørvest for Melhusbekken. Hokfossen har litt mindre feltareal, høyere middelavrenning og mindre effektiv sjøprosent sammenlignet med Melhusbekken. For denne målestasjonen foreligger det en vannføringsserie på 35 år (1969-1993, 2003-2012) med god kvalitet.

Målestasjon 126.2 Engstad ligger ca 7 km nord for Melhusbekken. Engstad 126.2 har litt større feltareal, nokså lik middelavrenning og null effektiv sjøprosent sammenlignet med Melhusbekken. Målestasjonen var i drift i perioden 1992-2010.

Etter en vurdering er det valgt å benytte data fra felt 123.28 Hokfossen. Hovedbegrunnelsen til å velge dette nedbørfeltet er sammenlignbar størrelse og feltparametere og brukbar måleserie med kontrollerte data.

Beregning av dimensjonerende flommer er gjort ved å finne en skaleringsfaktor som tar hensyn til areal og middelvannføring som representerer forholdet mellom Melhusbekken og referansefeltet:

$$F = \frac{A_{felt} * q_{middel, felt}}{A_{ref} * q_{middel, ref}} = \frac{10,3 \text{ km}^2 * 18,8 \frac{l}{s * \text{km}^2}}{8,1 \text{ km}^2 * 27,7 \frac{l}{s * \text{km}^2}} = 0,86$$



Figur 2.4 Flomfrekvensanalyse for Melhusbekken av skalert serie fra Hokfossen

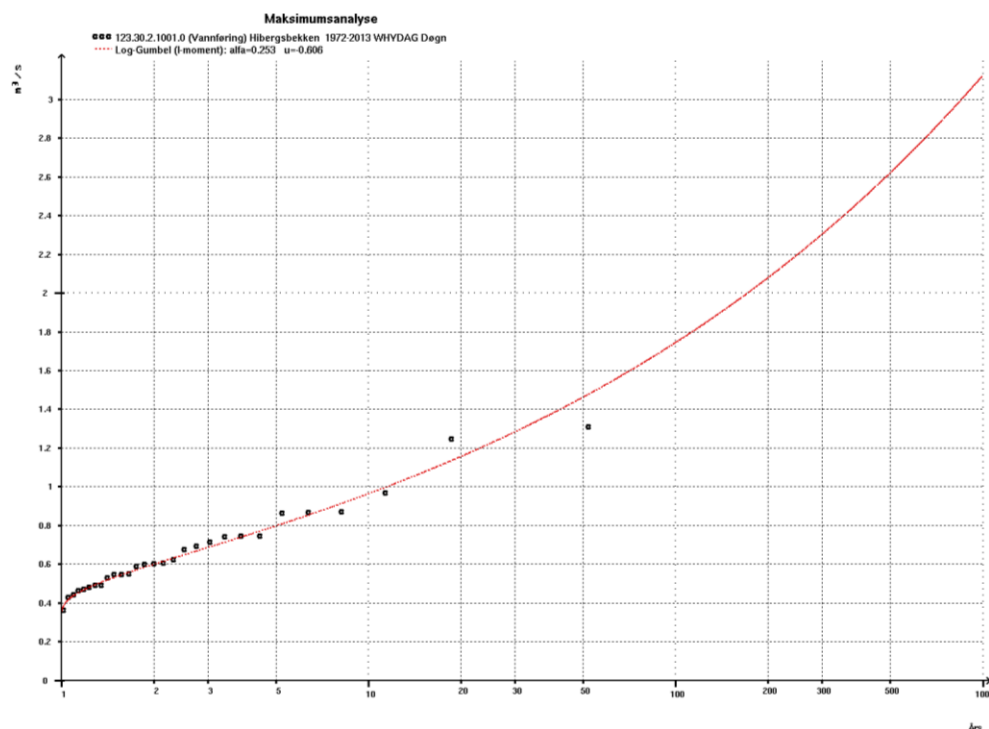
Frekvensanalysen gir en døgnmiddelflom på $Q_{200} = 5,83 \text{ m}^3/\text{s}$. Etter som Melhusbekken har noe større effektiv sjøprosent må det forventes en noe større flomdemping i Melhusbekken enn for Hokfossen. For såpass sjelden flommer som 200-årsflom vil dempingen ha mindre betydning. Det konkluderes derfor med en flomverdi på $5,83 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette valget må forventes å ligge litt på den sikre siden.

2.3.2 Hibernsbekken

Et mulig referensfelt er vannføringsdata fra felt 123.30 Øvre Hestsjøbekk som ligger i Klæbu kommune 42 km sørvest for Hibernsbekken. Hovedbegrunnelsen for å velge dette nedbørfeltet er sammenlignbare størrelse og feltparametere og brukbar måleserie med kontrollerte data.

Beregning av dimensjonerende flommer er gjort ved å finne en skaleringsfaktor som tar hensyn til areal og middelvannføring som representerer forholdet mellom Hibernsbekken og referensfeltet:

$$F = \frac{A_{\text{felt}} * q_{\text{middel, felt}}}{A_{\text{ref}} * q_{\text{middel, ref}}} = \frac{1,9 \text{ km}^2 * 21,2 \frac{l}{s * \text{km}^2}}{1,7 \text{ km}^2 * 28,77 \frac{l}{s * \text{km}^2}} = 0,82$$



Figur 2.5 Flomfrekvensanalyse for Hibernsbekken av skalert serie fra Øvre Hestsjøbekk

Frekvensanalysen gir en døgnmiddelflom på $Q_{200} = 2,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Etter som Hibernsbekken har noe større effektiv sjøprosent må det forventes en noe større flomdemping i Hibernsbekken enn for Hestsjøbekken. For såpass sjelden flommer som 200-årsflom vil dempingen ha mindre betydning. Det konkluderes derfor med en flomverdi på $2,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette valget må forventes å ligge litt på den sikre siden.

2.3.3 Klimatillegg

I henhold til NVE rapport 5-2011 "Hydrological projections for floods in Norway under a future climate", skal det legges til et klimatillegg på 20% til den beregnede flomvannføringen for å ta hensyn til en forventet økning av flomintensitet i framtiden.

I tillegg legger vi på 20% ekstra som sikkerhetsfaktor som begrunnes med usikkerhet i beregningsmetodikk og effekten av massetransport og sedimentering. Derfor 40% klimatillegg blir lagt til den beregnede 200 års flommen.

2.3.4 Dimensjonerende momentanflom

Flomfrekvensanalysen i kapittel 2.2.1 og 2.2.2 er basert på døgndata slik at døgnmiddelflommen er beregnet. For beregning av forholdstallet mellom momentanflom og døgnmiddelflom er følgende formler benyttet og forholdstall $Q_{\text{mom}}/Q_{\text{døgn}}$ er bestemt, som vist i tabell 2.2.

Vårflom:

$$\frac{Q_{\text{mom}}}{Q_{\text{døgn}}} = 1,72 - 0,17 \cdot \log A - 0,125 \cdot A_{SE}^{0,5}$$

Høstflom:

$$\frac{Q_{\text{mom}}}{Q_{\text{døgn}}} = 2,29 - 0,29 \cdot \log A - 0,270 \cdot A_{SE}^{0,5}$$

Tabell 2.2 Forholdstall $Q_{mom}/Q_{døgn}$

Felt	Vårflom	Høstflom
Melhusbekken	1,23	1,31
Hibergsbekken	1,46	1,76

En faktor på 1,31 for Melhusbekken og 1,76 for Hibergsbekken blir, som høyeste verdi, benyttes og multipliseres med beregnet døgnmiddelflom.

2.3.5 200 års flommen

Tabell 2.3 viser beregnet dimensjonerende 200 års momentanflom.

Tabell 2.3 Dimensjonerende 200 års momentanflom

Felt	$Q_{200,døgn}$	$Q_{200,momentan}$	$Q_{200,momentan-klimajusert}$
Melhusbekken	5,83	7,64	10,70
Hibergsbekken	2,08	3,66	5,12

2.4 Rasjonelle formel

Ved avrenningsfelt mindre enn 5 km², kan den rasjonelle formel brukes. Den rasjonelle formelen baserer seg på målt nedbør. Avrenningen (Q) er gitt ved:

$$Q = C \cdot i \cdot A$$

Hvor:

Q = avrenning (l/s)

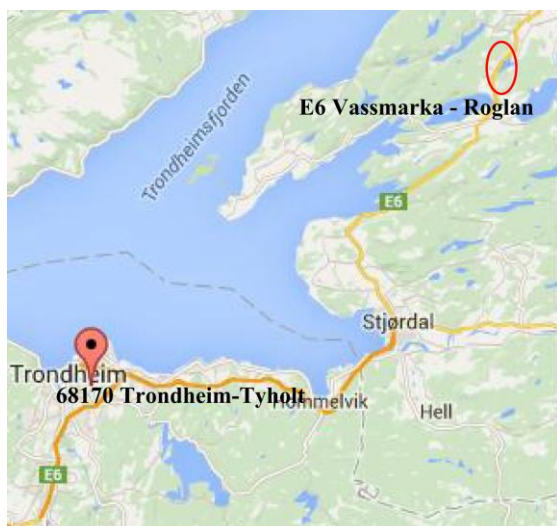
C = avrenningsfaktor, ubenevnt

i = dimensjonerende nedbørintensitet (l/s.ha)

A = feltareal (ha)

2.4.1 Nedbørintensitet

Nedbørintensiteten i aktuelle nedbørfelt er bestemt for et gjentakintervall på 200 år, og varighet som er gitt av nedbørfeltes konsentrasjonstid. Intensiteten bestemmes fra en IVF-kurve (intensitet, varighet og frekvens for nedbør) fra en nærliggende meteorologisk målestasjon som måler timesnedbør. Det er få meteorologiske målestasjoner som måler timesnedbør i nærheten av prosjektområdet. Den nærmeste målestasjonen er 68170 Trondheim - Tyholt. Denne målestasjonen ligger ca. 40 km fra prosjektområdet, og har tilgjengelige data fra perioden 1967 – 1993 (25 sesonger). Kart som viser plassering av nedbørmålestasjonen i forhold til prosjektområdet er vist i Figur 2.6. IVF-kurvene for målestasjonen er vist i vedlegg 6.1.



Figur 2.6 Oversiktskart med nedbørstasjon

2.4.2 Nedbørfeltets konsentrasjonstid

Konsentrasjonstiden til nedbørfeltene (naturlige felt), t_c , er oppgitt i minutter, og er beregnet etter formelen gitt i Håndbok 018 Vegbygging (SVV, 2011):

$$t_c = 0,6LH^{-0,5} + 3000A_{se}$$

Hvor:

L = lengden av nedbørfeltet (m)

H = høydeforskjellen i nedbørfeltet (m)

A_{se} = effektiv sjøprosent, forholdstall ($0 \leq A_{se} \leq 1$)

2.4.3 Avrenningsfaktor

Avrenningsfaktoren, C, er et mål på hvor mye av den totale nedbøren som drenerer fra et område. Faktorens størrelse er avhengig av terrengtype, vegetasjon, helning og sannsynlighet for overflateavrenning fra feltet. Det er benyttet erfaringstall for avrenningsfaktorer for ulike terrengtyper oppgitt i Vassdragshåndboka (Fergus m. fl., 2010).

2.4.4 Flomberegning

Tabell 2.4 og Tabell 2.5 viser en oversikt over benyttede verdier for avrenningskoeffisienter. Beregning av 200-årsflom ved bruk av den rasjonale formel er vist i Tabell 2.6. Klimatillegg er inkludert i beregningen.

Tabell 2.4 Avrenningskoeffisienter for Melhusbekken

Arealtype	%	Areal (m ²)	C	C*A (m ²)
Innsjøer	8,6	885800	1	885800
Snaufjell	0	0	0,98	0
Myr	3,6	370800	0,7	222480
Skog	65,6	6756800	0,4	2027040
Dyrket mark	19,7	2029100	0,2	202910
Urban	0,1	10300	0,5	5150
		10300000		4259050

Tabell 2.5 Avrenningskoeffisienter for Hibernsbekken

Arealtype	%	Areal (m ²)	C	C*A (m ²)
Innsjøer	6,4	121600	1	121600
Snau fjell	0,0	0	0,98	0
Myr	11,0	209000	0,7	125400
Skog	71,5	1358500	0,4	407550
Dyrket mark	9,8	186200	0,2	18620
		1900000		848540

Tabell 2.6 Beregnet 200-årsflom

Nedbørfelt	Melhusbekken	Hibernsbekken
Nedbørfeltets areal (ha)	1030	190
Gjennomsnittlig avrenningskoeffisient, C	0,41	0,45
Nedbørfeltets konsentrasjonstid (min)	386	201
Nedbørintensitet, i (l/s.ha)	17,5	28
Q 200 (m ³ /s)	7,45	2,38
Q 200 – klimajustert (m ³ /s)	10,43	3,33

2.5 Evaluering av vannføringsberegninger

Etterfølgende tabell viser en sammenstilling av beregnede flomverdier fra forskjellige metoder.

Tabell 2.7 Beregnet 200-årsflom i m³/s. Momentanverdi med klimatillegg

Felt	Flomfrekvensanalyse	Den Rasjonelle metode	Konklusjon for videre bruk
Melhusbekken	10,70	10,43	10,7
Hibernsbekken	5,12	3,33	5,1

For Melhusbekken gir de to beregningsmetodene samme resultat. Dette betyr at det må forventes god kvalitet for dette beregningsresultatet.

For Hibernsbekken kan det være grunn til å justere resultatet noe ned. Det er valgt ikke å gjøre dette. Hovedbegrunnelsen for dette er at beregnet flomverdi vil ha svært liten praktisk betydning etter som det ikke vil være noe flomproblem knyttet til vegundergangen. Noe vekt må også legges på at den relative usikkerheten ved flomberegninger øker med minkende feltareal. Dette gir en ekstra grunn for ikke å redusere beregnet flomverdi fra frekvensanalysen.

3 HYDRAULISK BEREGNING

3.1 Vannlinjeberegning

For å kontrollere effekten av høy vannstand ved 200-årsflom er tilhørende vannlinjeberegning utført. Det hydrauliske modelleringsverktøyet HEC-RAS er benyttet til beregning av vannlinjene. Verktøyet er utviklet av US Army Corps of Engineers (USACE) Hydrologic Engineering Center (HEC, 2002). Modellen kan blant annet beregne underkritisk og overkritisk strømming eller en kombinasjon, både i åpne og lukkede strekninger. Datagrunnlaget til arbeidet er innmålinger i terreng, kartdata med kotehøyde 1 meter, flyfoto av planområdet. Basert på disse er det utviklet en forenklet representasjon av elven/bekken i form av en 1D hydraulisk modell.

Elvetverrsnitt som er benyttet i modellene baserer seg på en befaring av bekkene og kulverter og oppmåling av punkter med GPS. Tverrsnittene er lagt på en måte så bekkegeometrien best mulig blir beskrevet i modellen.

3.1.1 Grunnlag og forutsetninger

Grunnlag og forutsetninger for vannlinjeberegningen:

- Vannføring
- Elvas geometri (terrengets form)
- Manningstall (hydrauliske ruhetsverdier)
- Dimensjoner på kulverter

3.1.2 Vannføring

Tabel 3.1 Beregnet 200-årsflommen tillagt 40% klimafaktor benyttes i Hec-Ras model.

Felt	Q 200 – klimajustert (m ³ /s)
Melhusbekken	10,70
Hibergsbekken	5,12

3.1.3 Elvas geometri

Elvebunn og terrenget i den hydrauliske modellen er representert ved et utvalg av tverrprofiler. Terrengdata (1m-høydekoter) og oppmålte tverrprofiler som er blitt brukt videre til å generere en terrengmodell. Strekningene i modellen inkluderer cirka 134 meter av Melhusbekken og cirka 100 meter av Hibergsbekken. Figur 3.3 og figur 3.4 viser plassering av tverrprofiler.

3.1.4 Manningstall (hydrauliske ruhetsverdier)

Alle typer energitap som påvirker vannstanden langs elveløpene er representert ved en enkelt faktor, mannings tallet. Den hydrauliske ruheten (n_1 for hovedkanal og n_2 for sidearealer) i elva er derfor bestemt på grunnlag av aktuell litteratur, se igjen Chow et al, (1988) for flere eksempler. Bekkeløp for Melhusbekken er vurdert som moderat helling med større stein og for Hibergsbekken som moderat helling og plastret med stor stein, se figur 3.1

og figur 3.2. Flomslettene for Melhusbekken er vurdert som medium tett skog og dyrka mark for Hibernsbekken. Tabell 3.2 viser mannings "n" verdier benyttet i HecRas modell.

Tabell 3.2 Manningstall som brukes i HecRas modell

Elv	Hovedkanal	Flomsletten
Melhusbekken	0,04	0,10
Hibernsbekken	0.05	0.07



Figur 3.1 Bildet viser Melhus kulvert. Innløpet på venstre og utløpet på høyre side.

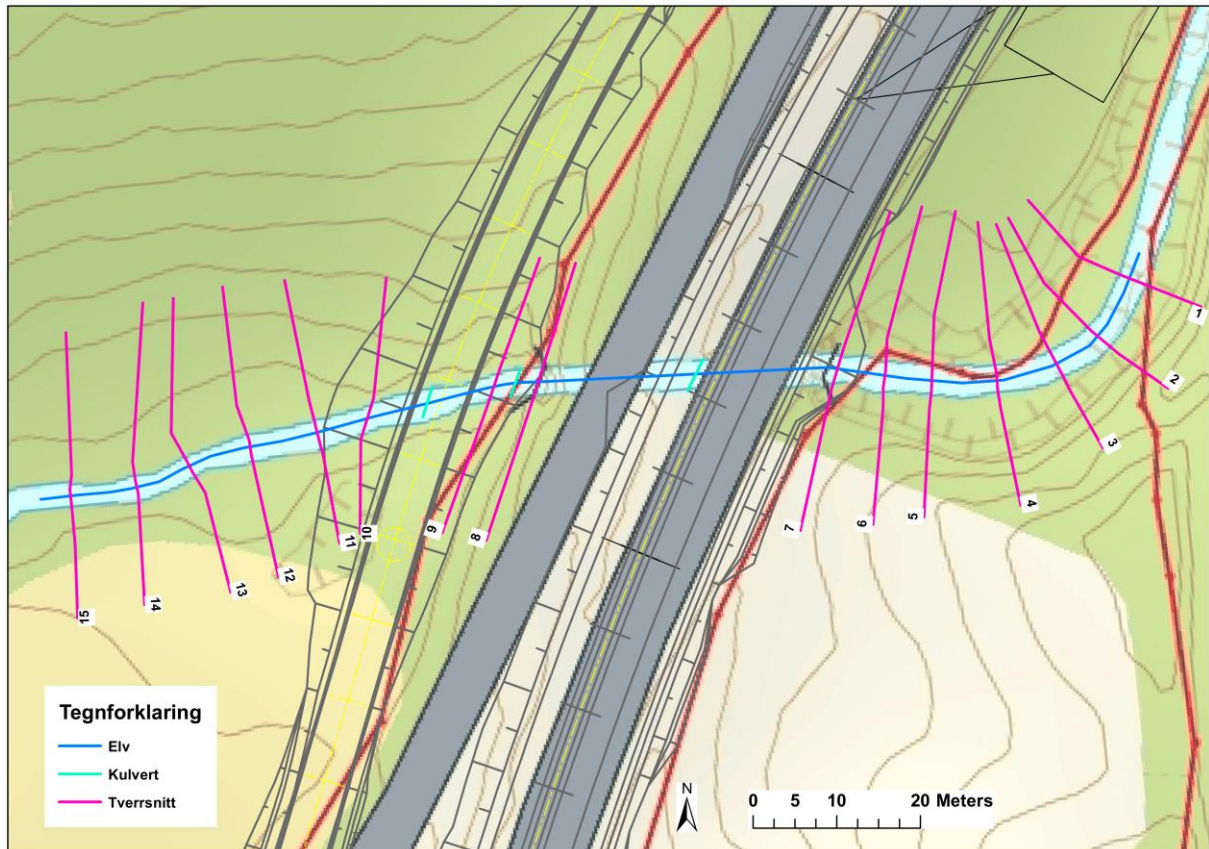


Figur 3.2 Bildet viser Hibernsbekken kulvert. Innløpet på venstre og utløpet på høyre side.

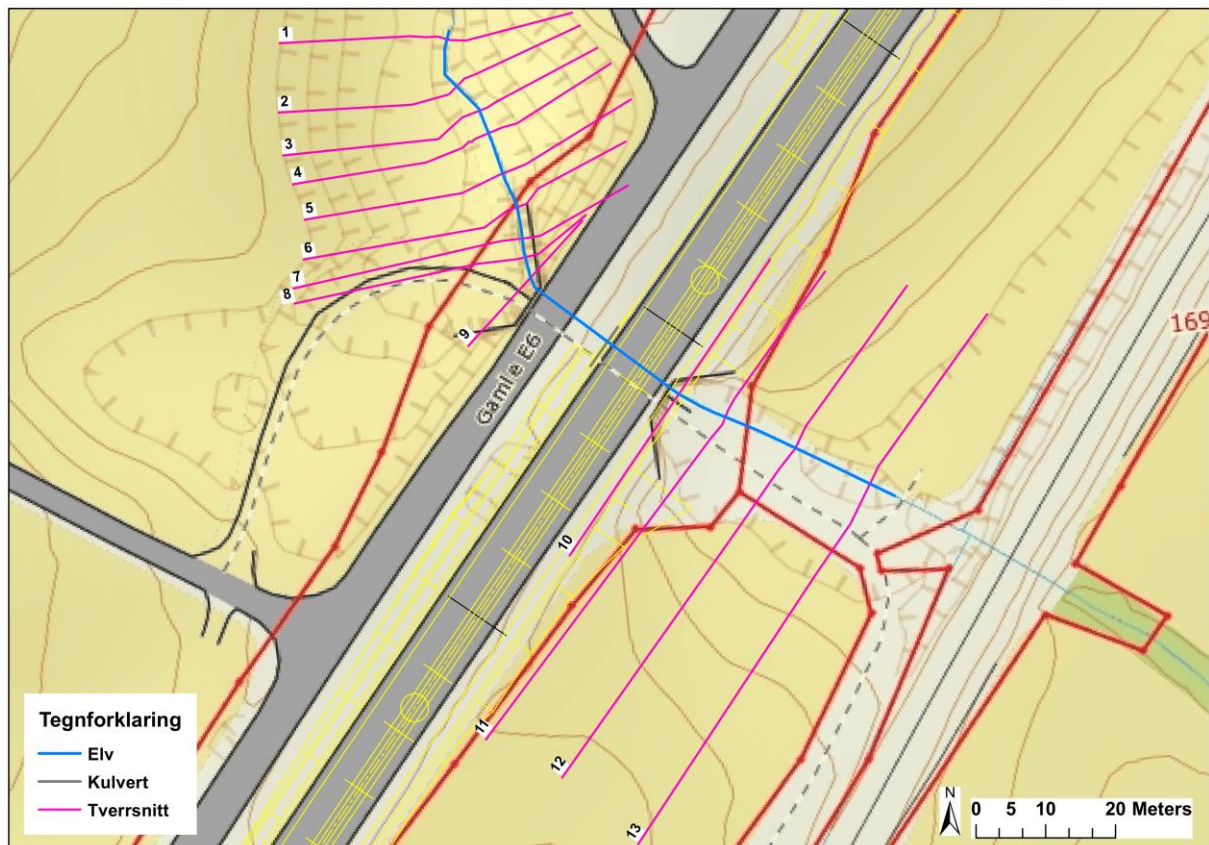
3.1.5 Dimensjoner på kulverter

Melhusbekken går i eksisterende kulvert under E6 og lokalvegen (Gamle E6). Den eksisterende kulvert er 34 m lang, 2.85 meter bred og 2 meter høy, og vil bli utvidet ved nedstrømsenden med 20 m. Den planlagte kulvertens utvidelse vil ha 4 meter bredde og 2 meter høyde. Overgangen fra den eksisterende kulverten til den nye kulverten må gjøres så jevn som mulig for å redusere strømnings tapet.

Hibernsbekken går i kulvert under E6 og lokalvegen (Gamle E6). Kulverten er kombinert undergang for landbruk og bekk. Kulverten er 23.4 meter lang og 6.50 meter bred og bekken går i sidekanalen gjennom kulverten. Sidekanalen er 1.90 meter bred og 0.78 meter høy. Vegger, gulv og tak i kulverten er bygget opp av plasstøpt armert betong.



Figur 3.3 Kartet viser tversnittsprofiler for Melhusbekken benyttet i Hec-Ras modellen



Figur 3.4 Kartet viser tversnittsprofiler for Hibernsbekken benyttet i Hec-Ras modellen

3.1.6 Kalibrering

En kalibrering av modellen vil gi mindre usikkerhet i resultatene. Det finns ikke observasjoner av vannføringsdata i bekkene. Det foreligger heller ikke innmåling av vannstand ved eller i nærheten av profilene ved flom. Det er derfor ikke mulig å kalibrere modellen mot observerte data.

3.1.7 Grensebetingelser

Vannføringen fra flomberegning er brukt som inngangsdata i den hydrauliske modellen (stasjonær strømning). Det er antatt at det vil være både underkritisk og overkritisk strømning på den modellerte strekningen. Derfor er det satt grensebetingelser både på oppstrøms og nedstrøms side.

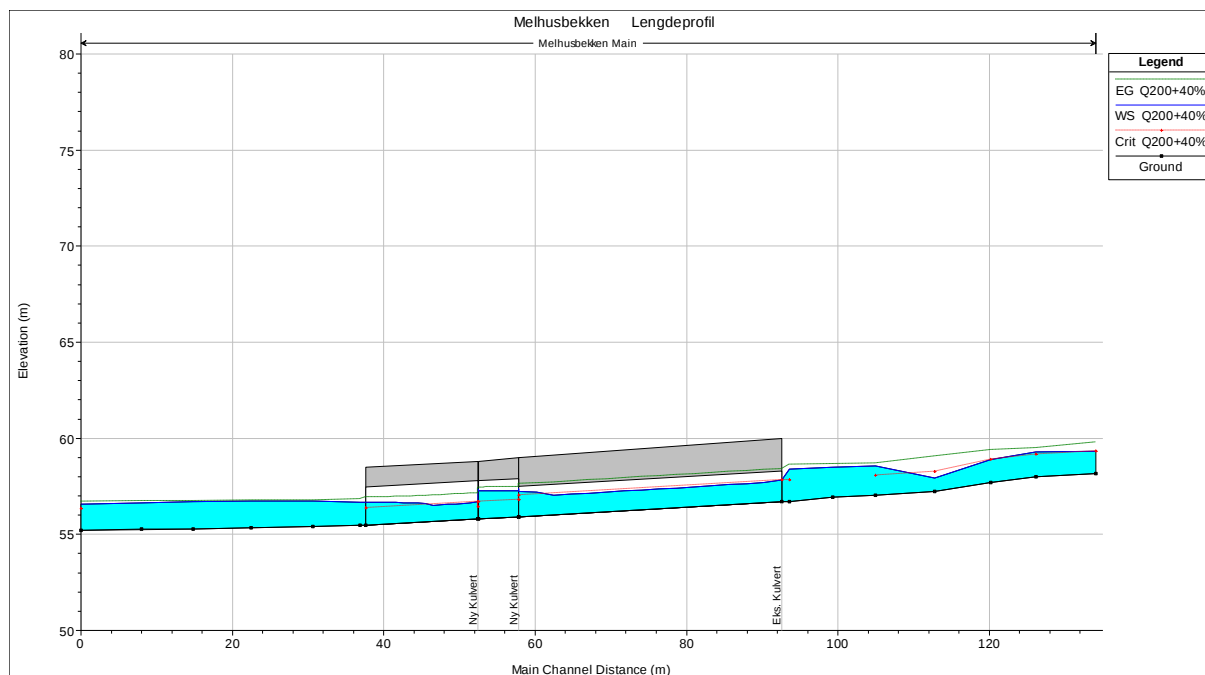
3.2 Resultater

3.2.1 Melhusbekken

Resultatene fra vannlinjeberegningen er vannstander, vannhastigheter og Froude tall ved tverrprofilene i reguleringsområdet for flom med gjentaksintervall 200-års flom med 40 % økning for å ta hensyn til klimaendring er vist i tabell 3.3. Tverrprofilene er nummerert i strømretningen. Området som ønskes kartlagt ligger mellom tverrprofiler 1 til 15. Froudetall, som er presentert i tabellen, er en indikasjon for kritisk ($Fr=1$), underkritisk ($Fr<1$) og overkritisk ($Fr>1$) strømning. Figur 3.5 viser et lengdeprofil av beregnede vannstander for en 200-årsflom med 40% klimatillegg. På den aktuelle strekningen er det en kombinasjon av overkritisk og underkritisk strømning. De benyttete tverrsnittprofilene i Hec-Ras modellen er gitt i vedlegg 6.2.

Tabell 3.3 Beregnede vannstander, vannhastigheter og Froude tall ved tverrprofilene (Profil 1 til Profil 15) for flommer med gjentaksintervall 200 år inkludert klimatillegg i vannføringen i Melhusbekken.

Q 200 – klimajustert = 10,7 m ³ /s						
Profil [nr]	Elvebunn [m.o.h]	Vannstand [m.o.h]	EG Høyde [m.o.h]	Hastighets Høyden [m]	Hastighet [m/s]	Froude tall
1	58,16	59,31	59,78	0,47	3,09	0,96
2	58,01	59,28	59,48	0,2	2,23	0,66
3	57,71	58,89	59,39	0,5	3,15	0,96
4	57,24	57,93	59,06	1,13	4,71	2,02
5	57,02	58,57	58,68	0,11	1,67	0,44
6	56,94	58,51	58,66	0,15	1,84	0,48
7	56,71	58,38	58,63	0,25	2,2	0,54
Kulvert						
8	55,9	57,37	57,54	0,17	1,86	0,49
Kulvert						
9	55,8	57,38	57,4	0,02	0,74	0,19
Kulvert						
10	55,47	56,68	56,83	0,15	1,75	0,51
11	55,4	56,73	56,78	0,05	1,32	0,37
12	55,35	56,73	56,76	0,03	1,11	0,3
13	55,29	56,71	56,75	0,04	1,16	0,31
14	55,26	56,64	56,72	0,08	1,64	0,47
15	55,22	56,58	56,69	0,11	1,86	0,53

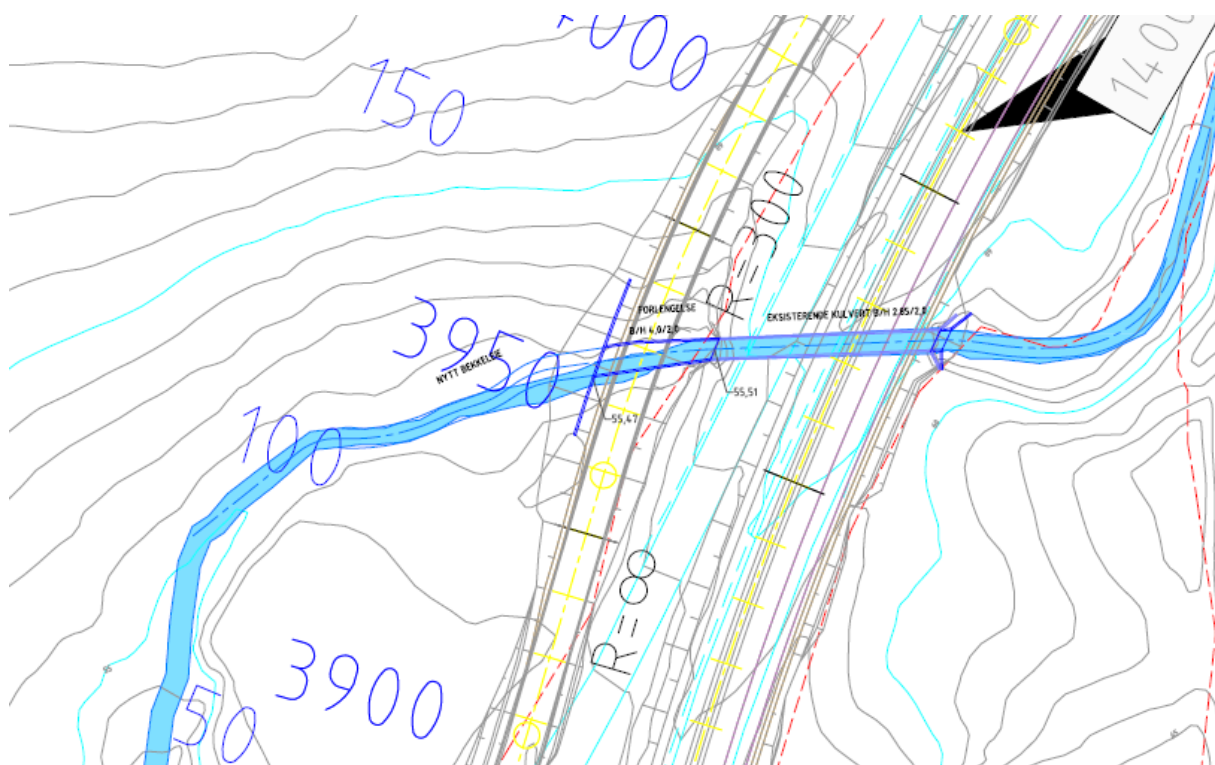


Figur 3.5 Lengdeprofil av bekken med beregnet vannlinje og energilinen for 200-års flom inkludert klimatillegg

Den hydrauliske beregning er utført på en forenklet utgave av kulverten. Denne forenkling har praktiske årsaker av beregningsmessig art, men det har ingen betydning for resultatet og konklusjonen.

Ved videre detaljering må kulvertens utforming optimaliseres i forhold til byggekostnader og detaljerte strømningsforhold hvor det også tas hensyn til fiskens passasje. Det er en forutsetning for videre arbeid at hele kulverten utformes med naturlig bunn, og at det hydrauliske spranget skyves så langt ut mot utløpsåpningen som mulig. Fallet på bunnen av den nye kulverten må velges ut fra denne forutsetningen. Mot eksisterende kulvert vil det bli et sprang i bunnen. Dette spranget utlignes ved å fylle opp med passende erosjonssikker masse. Utstrekning og fall for denne utkilingen av bunnen må optimaliseres i forhold til strømningsforholdene.

Ved utløpet av den nye kulverten må bekken legges om noe. Den omlagte strekningen må utformes og dimensjoneres for å tilpasses opptredende erosjonskrefter og krav til fiskepassasje. Det vises til figur 3.6 som viser en enkel skisse for utforming av kulvert og omlegging av bekken.



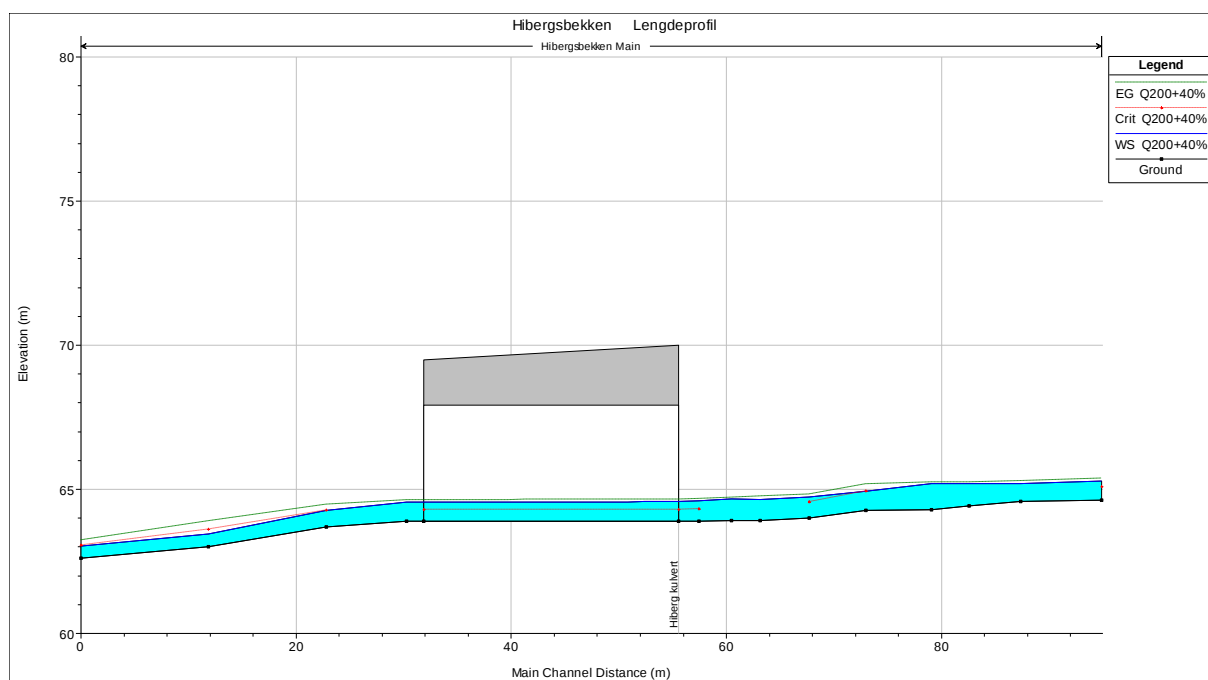
Figur 3. 6. Melhuskulverten. Forlengelse av kulvert og omlegging av bekken.

3.2.2 Hibergsbekken

Figur 3.7 viser et lengdeprofil av Hibergsbekken med beregnede vannstander for en 200-årsflom med 40% klimatillegg. Området som er ønsket kartlagt ligger mellom tverrprofiler 1 til 13. De benyttete tverrsnittsprofilene i Hec-Ras modellen er gitt i vedlegg 6.3.

Tabell 3.4 Beregnede vannstander, vannhastigheter og Froude tall ved tverrprofilene (Profil 1 til Profil 13) for flommer med gjentaksintervall 200 år inkludert klimatillegg i vannføringen i Hibergsbekken.

Q 200 – klimajustert = 2,60 m ³ /s						
Profil [nr]	Elvebunn [m.o.h]	Vannstand [m.o.h]	EG Høyde [m.o.h]	Hastighets Høyden [m]	Hastighet [m/s]	Froude tall
1	64,63	65,29	65,38	0,09	1,29	0,56
2	64,59	65,21	65,3	0,09	1,33	0,59
3	64,43	65,2	65,25	0,05	0,96	0,4
4	64,3	65,2	65,23	0,03	0,76	0,27
5	64,26	64,94	65,18	0,24	2,19	0,95
6	64	64,73	64,82	0,09	1,39	0,56
7	63,92	64,65	64,76	0,11	1,7	0,64
8	63,92	64,66	64,71	0,05	1,23	0,47
9	63,9	64,59	64,67	0,08	1,48	0,57
Kulvert						
10	63,9	64,55	64,63	0,08	1,49	0,59
11	63,7	64,27	64,48	0,21	2,17	0,99
12	63,01	63,45	63,9	0,45	3	1,57
13	62,6	63,04	63,22	0,18	1,89	0,99



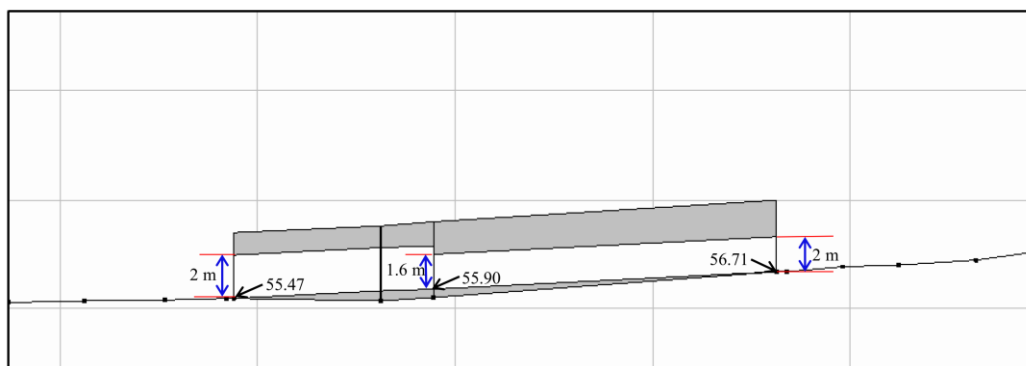
Figur 3.7 Lengdeprofil av bekken med beregnet vannlinje og energjlinjen for 200-års flom inkludert klimatillegg

4 SAMMENDRAG OG KONKLUSJON

4.1 Melhusbekken

Dimensjonerende 200 årsflom, inkludert klimatillegg, er funnet til 10,7 m³/s for Melhusbekken. Vannlinjen for dimensjonerende flom er beregnet med fokus på reguleringsområde E6 Vassmarka-Ronglan. På bakgrunn av oppmåling av karakteristiske elvetverrsnitt, kulvert og kartdata er elvas geometri lagt inn og modellert ved bruk av programmet Hec-Ras.

For å forbedre strømmingen innenfor eksisterende kulvert og den nye utvidelsen, anbefales det å heve bunnen noe ved utløpet av eksisterende kulvert. I prinsippet som vist i figur 4.1. Under detaljprosjektering må heving av bunnen optimaliseres med detaljerte hydrauliske og økonomiske beregninger og vurderinger.



Figur 4.1 Forslag til bunnlinje for eksisterende og ny kulvert

Beregningene viser at vannivået kan nå kotehøyde 58,38 moh ved dimensjonerende flom ved innløpet til kulverten. Energilinje vil ligge 25 centimeter over denne høyden. Det anbefales at sikker flomhøyde legges minimum 0,5 meter over energilinja ved dimensjonerende flom som vil tilsvare en kotehøyde på 59,13 moh. Det må også kontrolleres at oppstrøms vannivå på kote 59,02 moh kan aksepteres og ikke medfører problemer for oppstrømsområdet ved flom.

Plantegningen for utvidet vegbane viser ved profil 4080 – 4100 en fylling som går langt ut i bekken. Det kan hende dette kun skyldes unøyaktighet i terrengmodellen. Kartet viser at sideskråningen her mot dagens vegkant står 1:1 i 4 m høyde. Det må være en forutsetning for videre arbeid at denne skråningen ikke berøres av utvidelsen. Etter som det også på motsatt side av bekken er svært trangt mot jernbanelinja vil det ikke være aktuelt å flytte bekken mot øst.

4.2 Hibernsbekken

Dimensjonerende 200 årsflom, inkludert klimatillegg, er funnet til 5,12 m³/s for Hibernsbekken. Vannlinjen for dimensjonerende flom er beregnet med fokus på reguleringsområde E6 Vassmarka-Roglan. På bakgrunn av oppmåling av karakteristiske elvetverrsnitt, kulvert og kartdata er elvas geometri lagt inn og modellert ved bruk av programmet Hec-Ras.

Resultatene fra modelleringen viser at vannstanden går over sidekanalen, men dette har liten betydning forutsatt at landbruksvegen er så solid oppbygd at det ikke oppstår erosjon som kan skade kulverten.

Det forutsettes at det under detaljprosjektering lages detaljerte planer med hydrauliske beregninger for bekken helt ned til jernbanen både for flomsituasjon og for normale værforhold for å ivareta fiskevandring. Dette gjøres i sammenheng med utarbeiding av planer for utvidet kulvert.

5 REFERANSER

Chow, V.T., (1988): Open-Channel Hydraulics, Caldwell, New Jersey: The Blackburn Press.

NVE (1998): Vassdragshandboka, Håndbok i forbygningsteknikk og vassdragsmiljø, Tapir, Trondheim

HEC-USACE, 2002: HEC-RAS River Analysis System, Hydraulic Reference Manual, U.S, Army Corps of Engineers, Hydraulic Engineering Center (HEC), Davis, CA, USA.

NVE, 2008: Planlegging og utbygging i fareområder langs vassdrag. Retningslinje 1/2008. Sist revidert 5.3.2009. 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: Deborah Lawrence og Hege Hisdal. Hydrological projections for floods in Norway under a future climate. Report nr. 5-2011. Norges vassdrags – og energidirektorat.

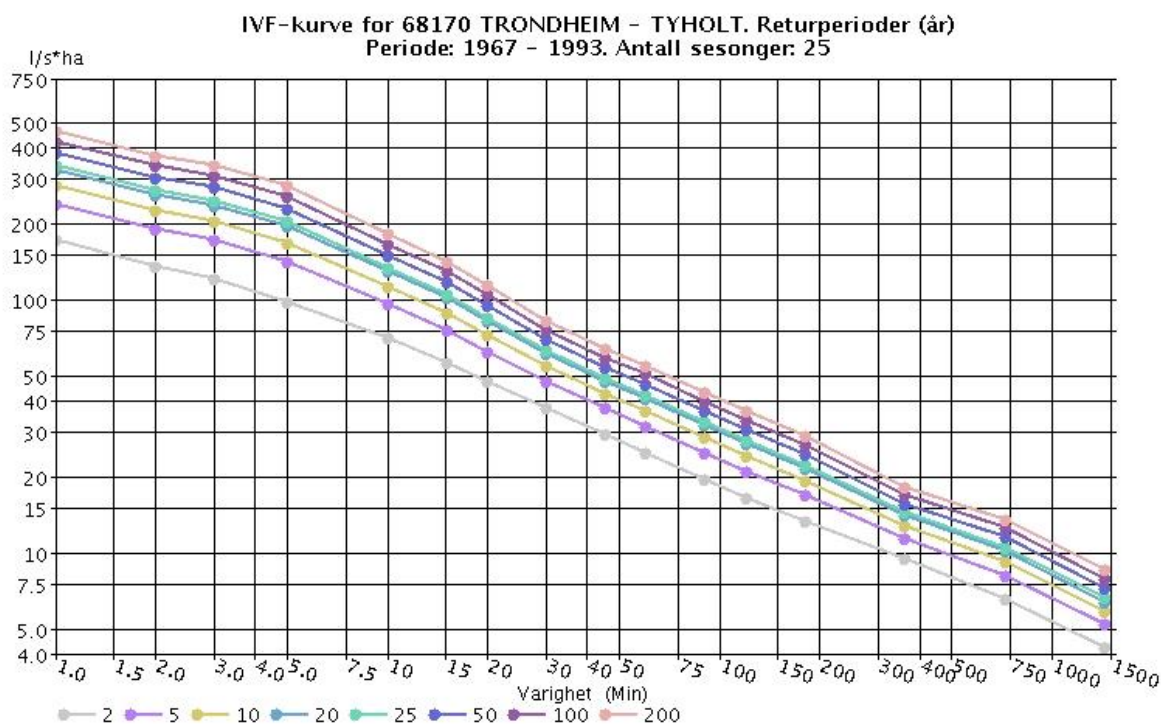
Shaw, 1994: Hydrology in Practice. Elizabeth M. Shaw. Page 316-317. Wokingham.

Databasen eKlima. www.eklima.met.no

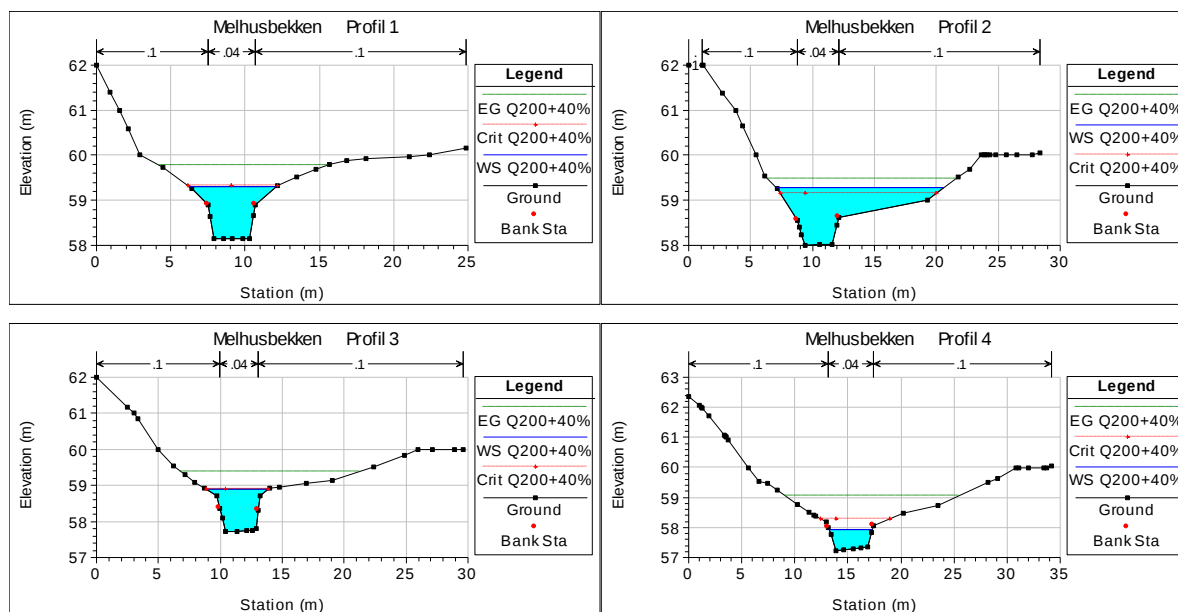
NVEs lavvannskart. www.nve.no

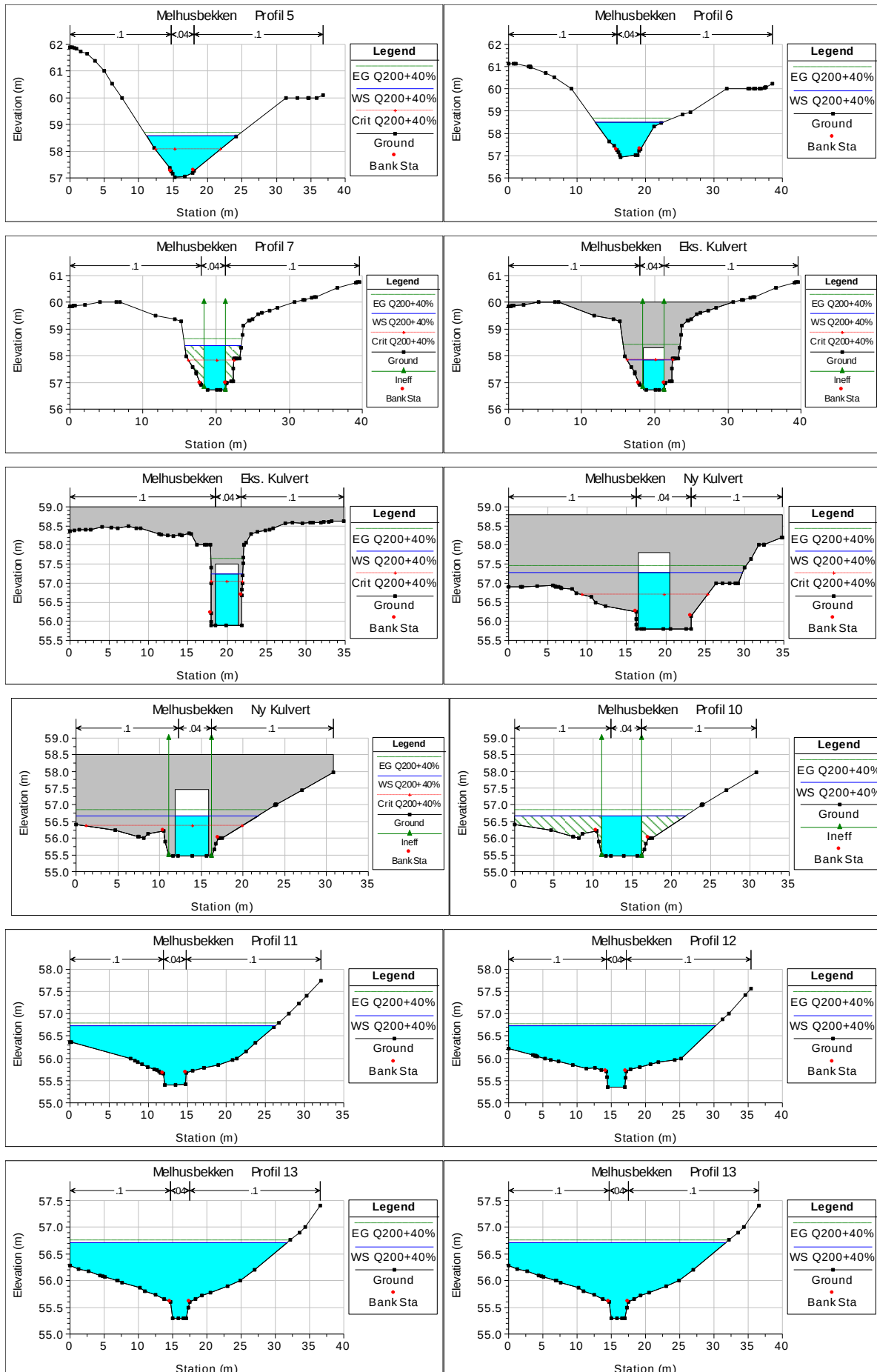
6 VEDLEGG

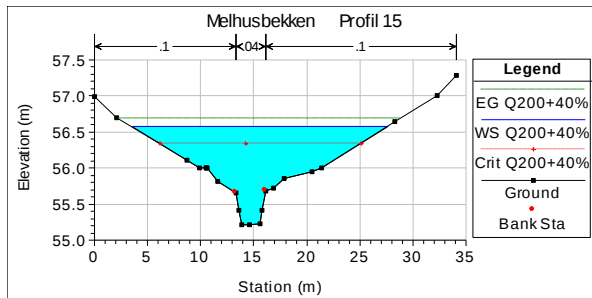
6.1 IVF-Kurve for målestasjonen TRONDHEIM - TYHOLT



6.2 Tverrprofiler til Hec-Ras modell: Melhusbekken







6.3 Tverrprofiler til Hec-Ras modell: Hibergsbekken

