



FLOM- OG VANNLINJEBEREGNINGER

Rv.2 Kveia bru





RAPPORT – INFORMASJON

DOKUMENT NR.

4815-021-RAP- 001-V02

RAPPORT NR. / ANTALL SIDER

25 + Vedlegg

PROSJEKTLEDER/KONTAKTPERSON KUNDE

Eirik Trøften Aas

OPPDRAGSLEDER – EFLA

Andri Gunnarson

NØKKELOLD

Hydrologi, flom, vannlinje,
fiskepassasje

RAPPORT STATUS

- Arbeidsversjon
- Utkast
- Endelig versjon

RAPPORT GRADERING

- Åpen
- Distribuert med kundens
tillatelse
- Konfidensiell

RAPPORT TITTEL

Flom- og vannlinjeberegninger – Rv.2 Kveia bru

PROSJEKT

Rv. 2 Nor nord – Grinder inkl. Piksrud bru

KUNDE

Statens Vegvesen

FORFATTER

Casper Lande

SAMMENDRAG

EFLA Rådgivende Ingeniører har i oppdrag fra Statens vegvesen blitt bedt om bistand med flomberegninger og kapasitetsvurdering av Kveia bru på Rv.2 Nor nord-Grinder ifm. utarbeidelse av reguleringsplan. Det er vurdert om eksisterende dimensjoner på gjennomløp er tilstrekkelig, samt om tiltak må gjøres ifm. fiskevandring.

**VERSJONSHISTORIKK**

<u>NR.</u>	<u>FORFATTER</u>	<u>DATO</u>	<u>KONTROLLIERT</u>	<u>DATO</u>	<u>GODKJENT</u>	<u>DATO</u>
01	Casper Lande	14.02.23	Vivian Palani	14.02.23	Andri Gunnarson	14.02.23
02	Casper Lande	06.03.23	Vivian Palani	06.03.23	Andri Gunnarson	06.03.23

SAMMENDRAG

EFLA Rådgivende Ingeniører har i oppdrag fra Statens vegvesen blitt bedt om bistand med flomberegninger og kapasitetsvurderinger av Kveia bru på Rv.2 på strekningen Nor – Grinder ifm. utarbeidelse av reguleringsplan. Eksisterende gjennomløp skal vurderes for kapasitet og mulighet for fiskepassasje.

Kveia bru ligger langs Rv. 2 Solørvegen sør for Grinder i et terreng med mye skog som en del av nedslagsfeltet. Bruen krysser rett nedstrøms møtepunktet til Djupdalsbekken, Kvernbecken og Kveia. Elven renner nedstrøms ut i Glomma. Eksisterende bruåpning er av armert betong med høyde 4,5 meter, bredde bunn 4 meter og bredde topp 3 meter.

Dimensjonerende flom er beregnet for et gjentaksintervall på 200 år. Det er brukt to metoder for flomberegninger for sammenligning, nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) og lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata. Dimensjonerende flom er ut fra egnethet og gyldighetsintervallet mtp. størrelsen for nedslagsfeltet basert på snittet mellom de to metodene, og ligger på **18,33 m³/s**, med klimafaktor og sikkerhetsfaktor inkludert.

Det er også utført beregninger for Q_{90} og Q_{10} i forbindelse med vurdering av fiskepassasje. Dette ble gjort ved bruk av data hentet fra målestasjon. Skalert til felt for Kveia bru ble $Q_{90} = 0,04 \text{ m}^3/\text{s}$ og $Q_{10} = 1,08 \text{ m}^3/\text{s}$. Dette gir en vannhøyde på 4 cm ved Q_{90} , og det må derfor bygges terskler for fiskepassasje.

Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for eksisterende situasjon og tilhørende dimensjon av ny kulvert. Det er brukt den hydrauliske programvaren HY-8 og GeoHECRAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

Fra HY-8 simuleringene viser resultatet at eksisterende kulvert har kapasitet til å ta dimensjonerende flom med returperiode 200 år, med 0,5 m margin for lysåpning ved innløpet med en vannhøyde i innløpet på **2,19 m**. Hastigheten i utløpet vil her bli på **4,85 m/s**. Det er her ikke tatt hensyn til terskler.

Grunnet noe høy hastighet i utløpet må det vurderes behov for erosjonssikring.

Da det er rimelig å anta at det er en del usikkerhet knyttet til flomberegningene, er det utført en sensitivitetssimulering med en verdi for Q_{200} basert på NIFS for konfidensintervall 97,5% med påslag for 35,9 m³/s. Kulverten har også kapasitet til å ta denne flommen, men da uten sikkerhetsfaktorer. Hastigheten i utløpet vil her bli på 5,73 m/s.

Det er utarbeidet flommodell i GeoHECRAS. Resulterende flomdybde er lavere enn det HY-8 viser. Dette kan være på grunn av hastigheten vannet har inn mot gjennomløpet i GeoHECRAS-simuleringen. Det er det valgt å bruke data for dimensjonerende kulvert fra HY-8 på grunn av sikkerhet.

INNHOOLD

SAMMENDRAG.....	5
INNHOOLD	6
FIGURLISTE	7
TABELLISTE	7
INNLEDNING.....	8
1 EKSISTERENDE TERRENG OG BRU	9
2 FELTPARAMETERE	12
3 KRAV TIL FLOMBEREGNINGER, KLIMAFAKTOR OG SIKKERHETSFAKTOR.....	13
4 FLOMBEREGNINGER.....	15
4.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS).....	15
4.2 Lokal flomfrekvensanalyse	17
4.3 Vurdering av flomberegninger	18
4.4 Fiskepassasje	18
5 KAPASITET OG VANNLINJEBEREGNINGER.....	20
5.1 HY-8.....	20
5.2 GeoHECRAS	21
KONKLUSJON.....	24
REFERANSER.....	25
VEDLEGG A.....	26
VEDLEGG B	27
VEDLEGG C	28
VEDLEGG D.....	29
VEDLEGG E	30
VEDLEGG F	31
VEDLEGG G.....	32
VEDLEGG H.....	33
VEDLEGG I	34

FIGURLISTE

Figur 1.1: Kart av Kveia med eksisterende bru markert med rød sirkel (<i>Finn</i>)	11
Figur 1.2: Satellittbilde av elveløpet (<i>Google</i>)	12
Figur 1.3: Innløp (t.v.) og utløp (t.h.) på eksisterende kulvert.	13
Figur 2.1: Feltparametere for nedslagsfeltet fra NEVINA	14
Figur 4.1: Resultater for NIFS fra NEVINA.	18
Figur 4.2: Avstand mellom målestasjon Kuggerud og Kveia bru (NVE Atlas)	19
Figur 5.1 Terrengmodell	24
Figur 5.2 Norsfoss målestasjon nedstrøms i Glomma	25

TABELLISTE

Tabell 3.1: Klimafaktor for ulike fylker	15
Tabell 3.2: Dimensjonerende returperiode etter ÅDT/sikkerhetsklasse	16
Tabell 3.3: Sikkerhetsfaktor etter sikkerhetsklasse	16
Tabell 4.1: NIFS flomfrekvensanalyse fra NEVINA	18
Tabell 4.2: Feltparametere og flomdata for aktuell målestasjon	19
Tabell 4.3: Minimum vanddybde for fiskepassasje ved Q90% (<i>N200, 2022</i>)	20
Tabell 4.4: Maksimal hastighet for fiskepassasje ved Q10% (<i>N200, 2022</i>)	20
Tabell 4.5: Generelle utformingskrav for fiskepassasjer (<i>N200, 2022</i>)	21
Tabell 4.6: Resulterende vannføringer for Q10% og Q90%	21
Tabell 5.1: Typiske verdier på Mannings tall	22
Tabell 5.2: Parametere brukt i HY-8 beregningene	23

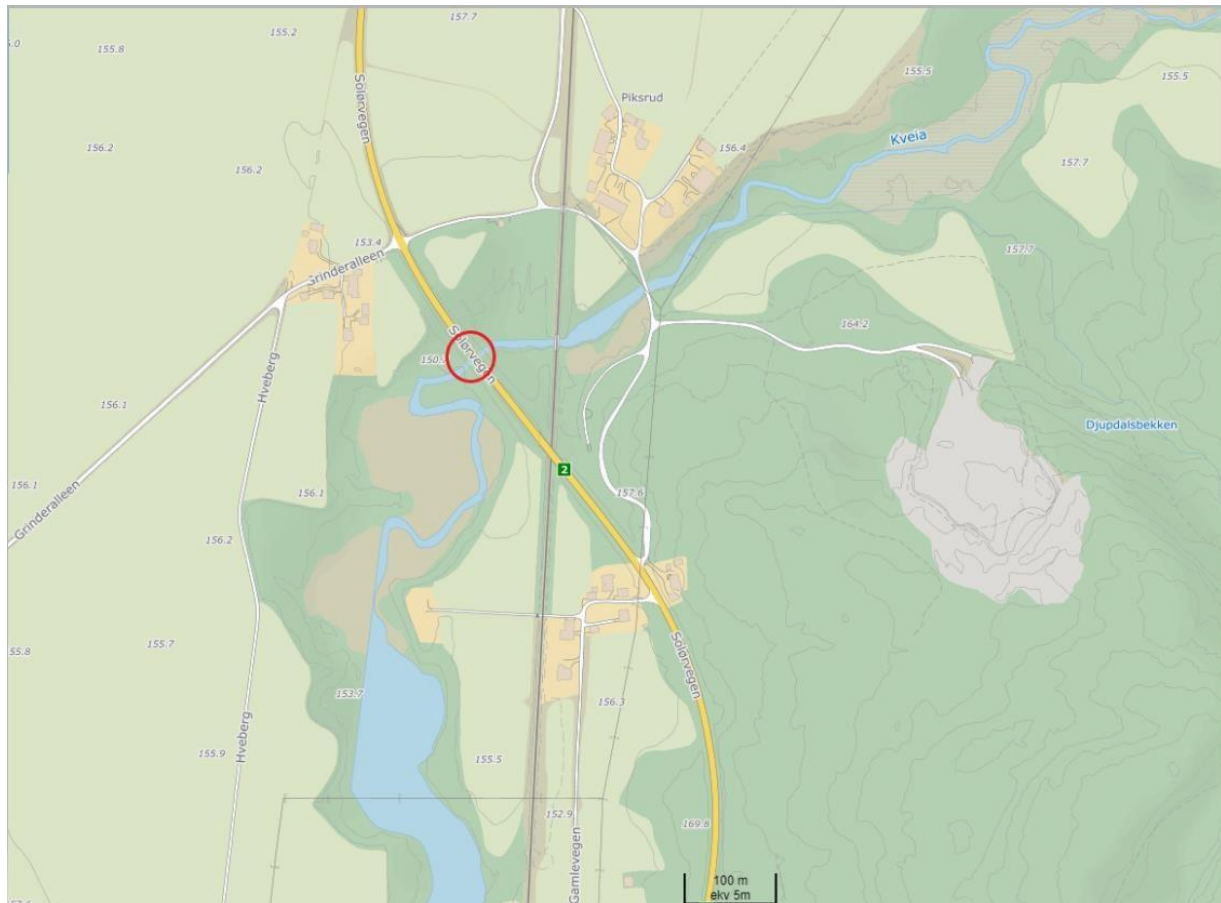
INNLEDNING

EFLA Rådgivende Ingeniører har i oppdrag fra Statens vegvesen blitt bedt om bistand med flomberegninger og kapasitetsvurderinger av Kveia bru på strekningen Nor - Grinder ifm. utarbeidelse av reguleringsplan. Eksisterende gjennomløp skal vurderes for kapasitet og mulighet for fiskepassasje. Denne rapporten tar for seg vannlinjeberegninger og vurderinger tilknyttet brudimensjoner og tiltak.

Dimensjonerende flom beregnes for et gjentaksintervall på 200 år. Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for tilhørende en ny kulvert med dimensjoner tilsvarende eksisterende kulvert. Det brukes programvare HY-8 og GeoHECRAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

1 EKSISTERENDE TERRENG OG BRU

Kveia bru ligger langs Rv. 2 Solørvegen sør for Grinder i et terreng med mye skog som en del av nedslagsfeltet. Bruen krysser rett nedstrøms møtepunktet til Djupdalsbekken, Kvernbebben og Kveia. Oppstrøms krysser også en jernbanebru, samt en gangbru. Figur 1.1 og Figur 1.2 viser kart og satellittbilde av området.



Figur 1.1: Kart av Kveia med eksisterende bru markert med rød sirkel (Finn)



Figur 1.2: Satellittbilde av elveløpet (Google)

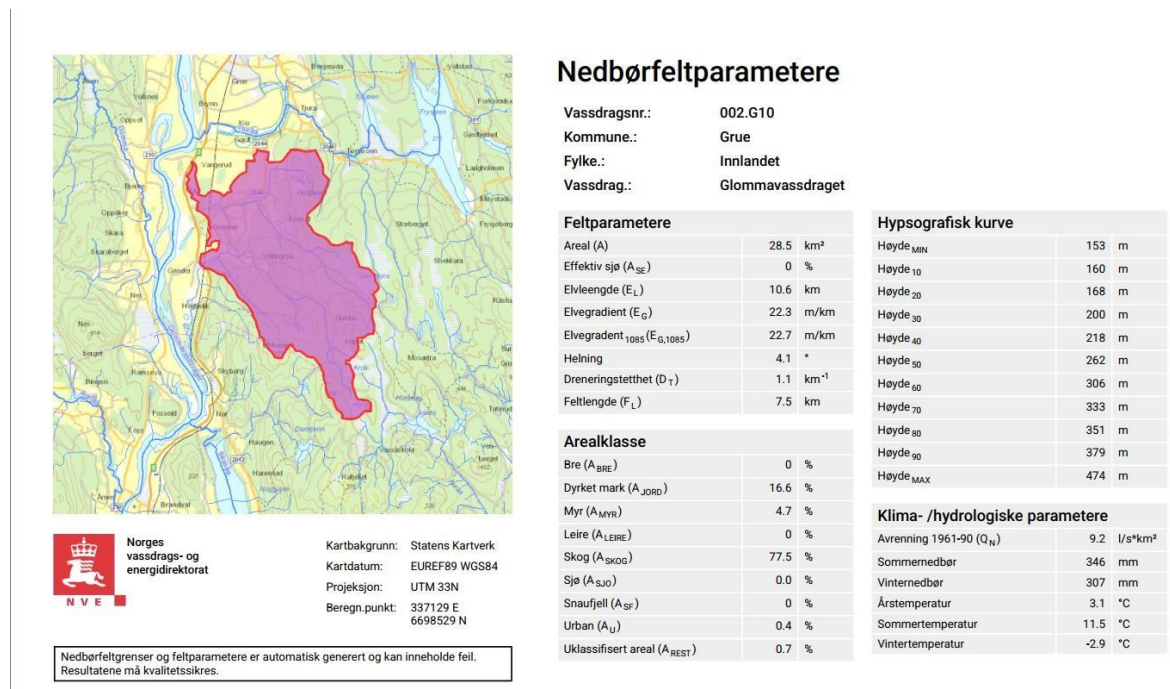
Oversendt ferdigbrutegning med skisse av stikkrenna fra oppdragsgiver, vist i Vedlegg A , viser at eksisterende bruåpning er av armert betong med høyde 4,5 meter, bredde bunn 4 meter og bredde topp 3 meter. Bilder av innløp og utløp er vist i Figur 1.3.



Figur 1.3: Innløp (t.v.) og utløp (t.h.) på eksisterende kulvert.

2 FELTPARAMETERE

Aktuelt nedslagsfelt og tilhørende feltparametere er generert med NEVINA. Dette er vist i Figur 2.1. Feltet er relativt stort og har en størrelse på 28.5 km². Det består for det meste av skog (77,5%), uten noen andel av snaufjell eller effektivt sjø. Høydeforskjellen i nedslagsfeltet er 153-474 meter.



Figur 2.1: Feltparametere for nedslagsfeltet fra NEVINA

3 KRAV TIL FLOMBEREGNINGER, KLIMAFAKTOR OG SIKKERHETSAKTOR

Etter krav fra Statens vegvesen (2022) må dimensjonerende flom beregnes med flere metoder for å kunne redusere usikkerheten ved beregningene. I tillegg skal dimensjonerende avrenning ved gitt gjentakintervall (Q_T) ha et påslag som tar hensyn til fremtidige klimaendringer (F_k) og en sikkerhetsfaktor (F_u) som bestemmes utfra vegdata. Dette er gitt i SVV håndbøker N200 (2022) og V240 (2022).

$$Q_{dim,T} = Q_T * F_k * F_u \quad \text{Formel 3.1}$$

Klimafaktor for ulike fylker i Norge er gitt i Tabell 3.1. Det aktuelle nedbørsfeltet ligger i tidligere Hedmark fylke og klimafaktor bør vurderes ut fra det. Fra feltparametere (ref. Figur 2.1) er nedbørsfeltet definert som et stort nedbørsfelt ($> 10 \text{ km}^2$) da det er $28,5 \text{ km}^2$. Det velges derfor å benytte en klimafaktor på 20%, $F_k = 1,2$ i beregningene.

Tabell 3.1: Klimafaktor for ulike fylker

Fylke	Små nedbørsfelt ($A_f < 10 \text{ km}^2$) F_k	Store nedbørsfelt ($A_f > 10 \text{ km}^2$) F_k
Oslo og Akershus	1,3	1,3
Buskerud	1,4	1,3
Vest-Agder	1,3	1,2
Aust-Agder	1,3	1,2
Finnmark	1,3	1,2
Hordaland	1,4	1,4
Møre og Romsdal	1,4	1,4
Nord-Trøndelag	1,3	1,3
Nordland	1,4	1,4
Oppland	1,2	1,2
Hedmark	1,4	1,2
Rogaland	1,3	1,3
Sogn og Fjordane	1,4	1,4
Sør-Trøndelag	1,2	1,2
Telemark	1,2	1,2
Troms	1,3	1,3
Østfold	1,4	1,2
Vestfold	1,2	1,2

Vurdering for dimensjonerende returperiode og sikkerhetsfaktor fra N200/V240 er gitt i Tabell 3.2 og Tabell 3.3. Disse er avhengig av årlig døgntrafikk (ÅDT) og mulighet for omkjøring. ÅDT er utfra Vegkart (vegvesen.no) oppgitt til 2600 for denne veistrekningen. Dette er i intervallet for sikkerhetsklasse V2. Dimensjonerende returperiode vil også avhenge av ÅDT for veg, men skal være på minst 200 år for

dimensjonering av bru. Med bru menes kulvert og rør med diameter større eller lik 2,5 m, ihht. N400 Bruprosjektering.

Sikkerhetsklasse V2 velges derfor og med resulterende dimensjonerende returperiode på 200 år. Ut fra Tabell 3.3 gir dette en sikkerhetsfaktor på 10% og $F_u = 1,1$ benyttes i videre beregninger.

Tabell 3.2: Dimensjonerende returperiode etter ÅDT/sikkerhetsklasse

Sikkerhetsklasse	ÅDT	Returperiode T	
		Med omkjøringsmulighet	Uten omkjøringsmulighet
V1	0 – 500	50 år	100 år
V2	500 – 4000	100 år	200 år
V3	> 4000	200 år	200 år

Tabell 3.3: Sikkerhetsfaktor etter sikkerhetsklasse

Sikkerhetsklasse	F_u
V1	1,0
V2	1,1
V3	1,2

4 FLOMBEREGNINGER

Beregningsmetodene som er valgt i denne rapporten for å beregne dimensjonerende flom er nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) og lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata. Dette oppfyller også kravet fra Statens vegvesen (2022) om at dimensjonerende flom må beregnes med flere metoder for å kunne redusere usikkerheten.

4.1 Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS)

Denne flommodellen baserer seg på flomfrekvensanalyser og brukes for små (< ca. 50km²), uregulerte felt. Formelverket er basert på et sett med ligninger for å beregne middelflom (Q_M) og vekstkurven (Q_T/Q_M), Formel 4.1 og 4.2, som gjelder for hele Norge. Denne metoden er beskrevet i NVE sin veileder (NVE 7, 2015).

$$Q_M = 18,97 Q_N^{0,864} e^{-0,251 \sqrt{A_{SE}}} \quad \text{Formel 4.1}$$

Der:

Q_N = Middelvannføring (m³/s)

A_{SE} = Effektiv sjøprosent (%)

$$\frac{Q_T}{Q_M} = 1 + 0,308 q_N^{-0,137} [\Gamma(1+k)\Gamma(1-k) - (T-1)^{-k}] / k \quad \text{Formel 4.2}$$

Der:

q_N = spesifikk middelvannføring, i periode 1961-90 (l/s*km²)

Γ = gammafunksjonen

T = Gjentakintervall

Konstanten k er gitt fra formel 4.3:

$$k = -1 + 2 / [1 + e^{0,391 + \frac{1,54 A_{SE}}{100}}] \quad \text{Formel 4.3}$$

Formelsettet er gyldige for nedbørsfelt med:

- Areal: 0,2-53 km²
- Normalavrenning: 9-163 l/s km²
- Effektiv sjøprosent: 0-21 %

Den største usikkerheten ved bruk av dette formelverket kommer fra middelflomregresjon. I tillegg er det stor usikkerhet knyttet til spesifikk middelvannføring da denne har vist seg å være mer eksakt for noen områder enn andre.

Fra QM og Q200/QM får vi en flom med returperiode 200 år (Q200) på 17,87 m³/s. Påslag for klimafaktor og sikkerhetsfaktor gir dimensjonerende flom lik:

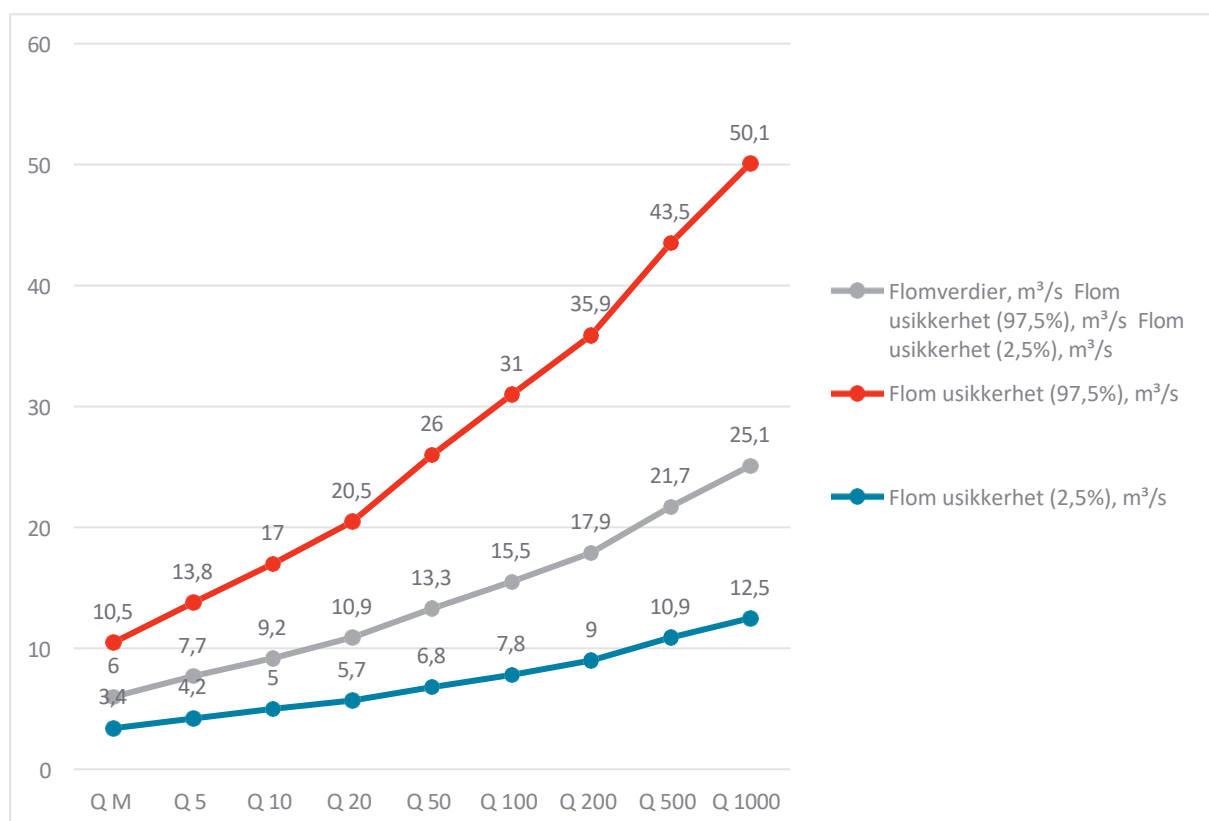
$$Q_{200dim} = 23.58 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dette beregnes og genereres også fra NEVINA, se Tabell 4.1.

Tabell 4.1: NIFS flomfrekvensanalyse fra NEVINA

NIFS (kulminasjon)									
Flomfrekvensfaktor (Q_T / Q_M)		1	1.29	1.55	1.83	2.24	2.61	3.02	4.21
Flomverdier, m ³ /s		6.0	7.7	9.2	10.9	13.3	15.5	17.9	25.1
Flom usikkerhet (97,5%), m ³ /s		10.5	13.8	17.0	20.5	26.0	31	35.9	43.5
Flom usikkerhet (2,5%), m ³ /s		3.4	4.2	5.0	5.7	6.8	7.8	9.0	10.9

Metoden gir et stort spenn for konfidensintervall 2,5% og 97,5% til beregnet spesifikk 200-årsflom, se graf Figur 4.1.

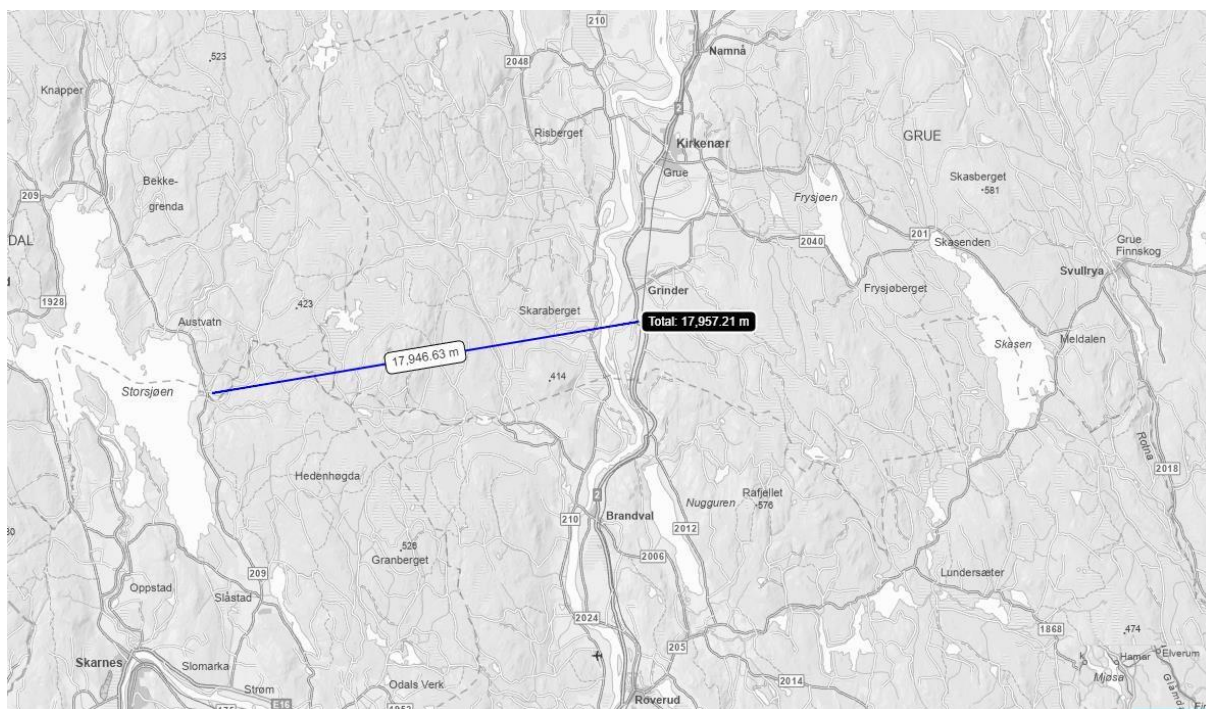


Figur 4.1: Resultater for NIFS fra NEVINA.

4.2 Lokal flomfrekvensanalyse

Lokal flomfrekvensanalyse baseres på målte vannføringsdata i felt fra målestasjoner lokalt i regionen som vurderes representative for nedslagsfeltet ved Kveia bru. Disse dataene er hentet fra NVE sin database HYDRA II og flomberegninger tatt fra analyseverktøy for døgnmiddelverdier (DAGUT). Data for målestasjoner og feltparametere hentes også fra NVE atlas (atlas.nve.no). Deretter kan dette datagrunnlaget skaleres mot det aktuelle nedslagsfeltet.

For dette området er det ingen aktuelle målestasjoner i umiddelbar nærhet med uregulerte felt med vannføringsdata. 2.616.0 Kuggerud målestasjon er mest egnet blant vurderte målestasjoner. Avstanden på 17 946 meter er god, men feltet har en q_N på 56% større enn feltet ved Kveia som gjør at flommen kan overdimensjoneres ved bruk av målestasjonen. Oversikt over avstand mellom aktuell målestasjon og bru som er vurdert er vist i Figur 4.2 og en oversikt over feltparametere og flomdata er gitt i Tabell 4.2. Valgt statistisk fordeling utfra visuell vurdering av kurver og datagrunnlag fra Hydra II DAGUT er gitt i Vedlegg B .



Figur 4.2: Avstand mellom målestasjon Kuggerud og Kveia bru (NVE Atlas)

Tabell 4.2: Feltparametere og flomdata for aktuell målestasjon

Felt	Periode	antall år	Areal [km ²]	q_N [l/s km ²]	A_SE	A_SF	Høydediff.	Q_m , max.middelflo m [m ³ /s]	Q_m/Q_{200}	spes.middelflom, q_m [l/s km ²]	spes.Q200 døgn[l/s km ²]	Frek.ford.
2.616 Kuggerud	1958-2020	52	48.3	14.8	1.15	0.00	169-502	5.639	2.429	116.75	283.58	GEV

$$Q_{200dim} = 13.07 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.3 Vurdering av flomberegninger

Fra resultatene til de ulike metodene er det grunn til å anta at det er en del usikkerhet i flomberegningene. Nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) gir de høyeste flomverdiene mens lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata gir lavere resultater.

Siden q_N for feltet ved målestasjon er en del høyere enn q_N for felt for Kveia bru er det grunn til å tro at verdien for Kveia kunne vært lavere. Dimensjonerende flom fra NIFS er en del høyere enn dette igjen, og kan vurderes som å være høyt. Av sikkerhetsmessige grunner vil det derfor ved videre beregninger brukes snittet mellom dimensjonerende flom fra nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt og lokal flomfrekvensanalyse. Resulterende flom blir derfor:

$$Q_{200dim} = 18,33 \text{ m}^3/\text{s}$$

4.4 Fiskepassasje

Iht. N200 (2022) er krav for tilstrekkelig tilrettelegging for fisk avhengig av vannstand og vannhastigheter ved Q10% og Q90%.

Naturmangfoldskontroll (NRAS, 2023) gjort av området viser kun til funn av yngel av gjedde og elvinøye. Det er også nevnt i naturmangfoldsrapport at den eksisterende kulverten ikke er en utfordring for disse. På grunn av dette er minste mulige fiskeart for passering valgt – små stasjonær sjørørret.

Minimumdybde for fiskepassasje er ved Q90% er vist i Tabell 4.3.

Tabell 4.3 Minimum vanndybde for fiskepassasje ved Q90% (N200, 2022)

Strømningsforhold	Små stasjonær ørret (≤ 15 cm)	Sjørørret (25–50 cm)	Smålaks (≥ 55 cm)
Minimum vanndybde Y_{min} [m]	0,15	0,20	0,30

Maksimal tillatt hastighet er gitt for Q10% og er vist i Tabell 4.4.

Tabell 4.4 Maksimal hastighet for fiskepassasje ved Q10% (N200, 2022)

Lengde gjennomløp $L_{gennomløp}$ [m]	Maksimal vannhastighet V_{maks} [m/s]		
	Små stasjonær ørret (≤ 15 cm)	Sjørørret (25–50 cm)	Smålaks (≥ 55 cm)
< 20	1,1	1,4	2,2
20-30	0,9	1,3	1,8
> 30	0,7	1,1	1,6

Andre generelle krav til utforming er vist i Tabell 4.5.

Tabell 4.5 Generelle utformingskrav for fiskepassasjer (N200, 2022)

Utformingskrav	Små stasjonær ørret (≤ 15 cm)	Sjørret (25–50 cm)	Smålaks (≥ 55 cm)
Minimumsdimensjon for lukket gjennomløp [m]	0,3	0,3	0,5
Maksimal terskelhøyde [m]	0,2	0,3	0,3

Det er brukt Hydra II for å hente ut varighetskurver for målestasjonen. Døgnplott med $Q_{døgn}$ mot Q10% og Q90%. For å justere for forskjeller i feltstørrelse og middelavrenning må det brukes en korreksjonsfaktor, S , som vist i formel nedenfor iht. V240 (2022).

$$S = \frac{q_{N,felt} * A_{felt}}{q_{N,ref} * A_{ref}}$$

Der:

- S = Korreksjonsfaktor [-]
- $q_{N,felt}$ = middelavrenning for aktuelt felt [l/s km²]
- A_{felt} = Areal for aktuelt nedbørsfelt [km²]
- $q_{N,ref}$ = middelavrenning for referansefelt [l/s km²]
- A_{ref} = Areal for referansefelt [km²]

Q10% og Q90% for aktuelt felt kan beregnes etter formel nedenfor.

$$Q_{X,felt} = S * Q_{X,ref}$$

Der:

- $Q_{X,felt}$ = vannføring for persentil X for det aktuelle nedbørsfeltet [m³/s]
- S = Korreksjonsfaktor [-]
- $Q_{X,ref}$ = Areal for aktuelt nedbørsfelt [km²]

Verdier for Q10% og Q90% skalert fra de ulike målestasjon er vist i Tabell 4.6.

Tabell 4.6 Resulterende vannføringer for Q10% og Q90%

	S [-]	Q10%- MÅLESTASJON [M ³ /S]	Q90%- MÅLESTASJON [M ³ /S]	Q10%- SKALERT [M ³ /S]	Q90%- SKALERT [M ³ /S]
2.616.0 Kuggerud	0.367	1.803	0.0686	1.082	0.041

5 KAPASITET OG VANNLINJEBEREGNINGER

For å vurdere kapasiteten til eksisterende kulvert og dimensjonering av ny er det brukt hydraulisk programvare HY-8. Programmet tar hensyn til inn- og utløpskontroll. Det er i tillegg laget en 2D flommodell i GeoHECRAS.

Mannings tall, M ($1/n$), er viktig i vannlinjeberegninger og beskriver ruhet. Tabell 5.1 viser typiske verdier basert på Chow (1959) hentet fra SVV (2022).

Tabell 5.1: Typiske verdier på Mannings tall

Overflate	Typisk steinstørrelse [mm]	Manningstall M [$m^{1/3}/s$]	Kilde
Skogbunn	-	5 - 10	Chow (1959)
Tett gress	-	10 - 20	Chow (1959)
Gress	-	25 - 30	Chow (1959)
Leirig jord	0,1	30 - 50	Chow (1959)
Finsand, silt	0,1 - 1,0	40 - 50	Chow (1959)
Sand-grus	1,0 - 10,0	30 - 40	Chow (1959)
Grus, småstein	10 - 30	20 - 30	Chow (1959)
Lite utviklet erosjonshud	10 - 30	20 - 30	Chow (1959)
Steinete	> 30	10 - 20	Chow (1959)
Steinsatt, grov struktur	> 200	5 - 15	Chow (1959)
Glatt asfalt	-	60 - 80	Chow (1959)
Ru asfalt	-	50 - 60	Chow (1959)
Betong	-	80 - 100	Chow (1959)
Glatt plast	-	70 - 110	Chow (1959)
Glatt metall	-	80 - 100	Chow (1959)
Støpejern	-	70 - 100	Chow (1959)
Glatt steinoverflate	-	50 - 70	Chow (1959)

Ihht. N400 Bruprosjektering skal det dimensjoneres for 0,5 m lysåpning ved innløpet til bru. Med bru menes også kulverter og stikkrenner med diameter større eller lik 2,5 m. For mindre dimensjoner enn dette dimensjoneres det for 1/3 gjentetting i stedet ihht. N200 Vegbygging (SVV, 2018).

5.1 HY-8

Koter for inn- og utløp er tatt fra høydedata og dimensjoner på kulvert er hentet fra ferdigbrutegning fra Statens Vegvesen, Vedlegg A .

Eksisterende bruåpning er av armert betong med høyde 4,5 meter, bredde bunn 4 meter og bredde topp 3 meter som innvendige mål. I HY-8 simuleringen av eksisterende situasjon er denne simulert kvadratisk 4 m x 4 m.

Dimensjonerende flom brukt i vannlinjeberegningen er fra snittet mellom nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt og lokal flomfrekvensanalyse. Fall på bekk nedstrøms kulvert av er vurdert og basert på koter tatt fra høydedata.no. Parametere brukt i HY-8 er som vist i Tabell 5.2.

Tabell 5.2: Parametere brukt i HY-8 beregningene

PARAMETER		
Q200dim	18,33	m ³ /s
Kote innløp	149,6	m
Kote utløp	149,2	m
Kote topp vei	155,6	m
Fall på elv utløp	0,002	m/m
Fall på kulvert	0,01	m/m
n, elv	0,025	
n, betong	0,012	

Fra HY-8 beregningene viser resultatet at eksisterende bruåpning har kapasitet til å ta dimensjonerende flom med returperiode 200 år, med 0,5 m margin for lysåpning ved innløpet. Profilet for gjennomløpet viser at eksisterende situasjon har innløpskontroll. Hastigheten i utløpet vil her bli på **4,84 m/s**. Se profil for gjennomløp i Vedlegg D . Vannhøyden i innløp vil på det meste være 2,19 m. Det er ikke tatt hensyn til terskler i denne simuleringen.

Grunnet noe høye hastigheter må det vurderes behov for erosjonssikring.

Det er kjørt simuleringer for Q10% og Q90%, se Vedlegg E og Vedlegg F .Ved Q10% er utløpshastighet på kulvert simulert til **2,19 m/s**, som er høyere enn tillatt verdi på 0,9 m/s. Ved Q90% er vannhøyde i kulvert 0.04 m, som er lavere enn tillatt verdi på 0,15m. Med bakgrunn i disse resultatene er det nødvendig å sette inn tiltak i form av terskler i bunn kulvert.

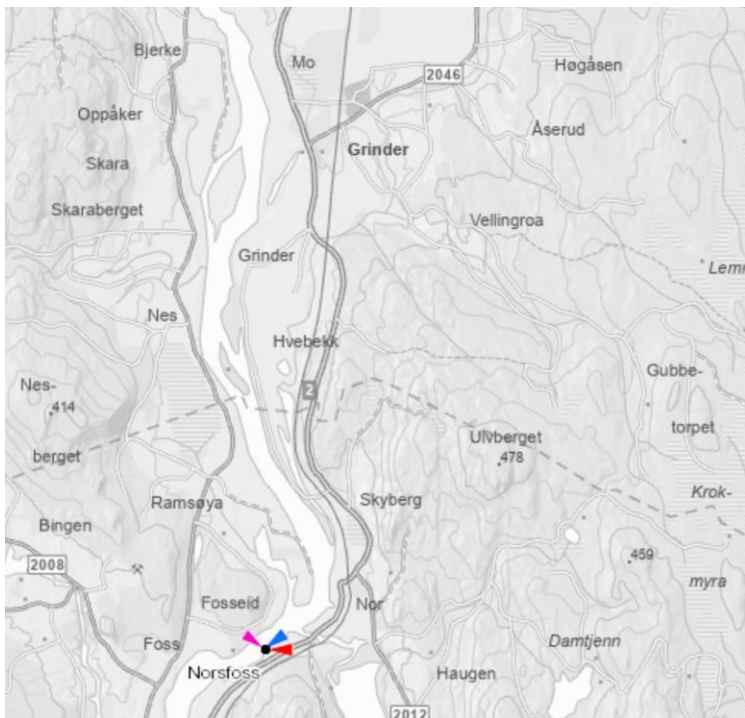
5.2 GeoHECRAS

Det er laget en 2D modell i GeoHECRAS. Terrengmodell er hentet fra Høydedata og tilpasset for å ha et gjennomløp gjennom veien med bredde på ca. 4 m, se Figur 5.1. Det er konstruert en symmetrisk hydrograf basert på dimensjonerende 200-årsflom



Figur 5.1 Terrengmodell

Det er hentet inn vannstand ved 200-årsflom fra DAGUT ved Norsfoss målestasjon (målestasjonsnr. 2.393) for å kunne simulere utslippsbetingelsene utenfor modellen. Målestasjonen ligger 1500 m nedstrøms aktuelt utslippspunkt, se Figur 5.2. Vannstand her står som 150,17 moh ved 200-årsflom. Terrengmodell fra Høydedata viser at høydeforskjell opp til punkt der Kveia løper ut i Glomma er 0,2 meter. Grenseverdi ved utløp i Glomma blir derfor satt til 150,37 moh. i modell.



Figur 5.2 Norsfoss målestasjon nedstrøms i Glomma

Parametere brukt i modellen er:

- Mannings koeffisient i elveløp: 0,025
- Mannings koeffisient i gjennomløp (kulvert): 0,012
- Oppstrøms grensebetingelse: Konstruert hydrograf
- Nedstrøms grensebetingelse: Vannstand Q200 i Glomma

Resulterende flomdybder og hastigheter er vist i Vedlegg G. Det er slak helning i elveløpet og det oppstår kun store hastigheter ved gjennomløpet under Kveia bru.

Simuleringen viser at vannlinje i kulverten vil være på ca. 1,80 m.

Vannlinje fra GeoHECRAS modellen er noe lavere enn HY-8 modellen, se tverrsnitt like før innløp og tverrsnitt i gjennomløp (kulvert) i Vedlegg H. Dette er trolig et resultat av den hastigheten vannet har inn mot gjennomløpet i modellen.

Det er utført sensitivitetsanalyse med endring i Mannings koeffisient:

- Mannings koeffisient i elveløp: 0,033
- Mannings koeffisient i kulvert: 0,02

Resultater viser en liten økning i vannlinje i kulvert på ca. 0,03 m. Tverrsnitt for vannlinje like før innløp og tverrsnitt i gjennomløp (kulvert) er vist i Vedlegg I.

KONKLUSJON

Flomberegninger og kapasitetsvurderinger er utført for Kveia bru på Rv.2 på strekningen Nor – Grinder ifm. utarbeidelse av reguleringsplan. Eksisterende kulvert av armert betong er vurdert.

Dimensjonerende flom er beregnet for et gjentaksintervall på 200 år. Det er brukt to metoder for flomberegninger for sammenligning, nasjonalt formelverk for små nedbørsfelt (NIFS) og lokal flomfrekvensanalyse ved bruk av målestasjonsdata. Dimensjonerende flom er ut fra egnethet og gyldighetsintervallet mtp. størrelsen for nedslagsfeltet basert på snittet mellom de to metodene, og ligger på **18,33 m³/s**, med klimafaktor og sikkerhetsfaktor inkludert.

Fra dimensjonerende flom er det utført kapasitetsberegninger for eksisterende situasjon. Det er brukt den hydrauliske programvaren HY-8 og HEC-RAS for kulvertdimensjonering og vannlinjeberegninger.

Fra HY-8 simuleringene viser resultatet at eksisterende kulvert har kapasitet til å ta en flom med returperiode 200 år, med 0,5 m margin for lysåpning ved innløpet. Hastigheten i utløpet vil her bli på **4,84 m/s**.

Grunnet noe høy hastighet må det vurderes behov for erosjonssikring.

Det er kjørt simuleringer for Q10% og Q90%, se Vedlegg E og F. Ved Q10% er utgangshastighet på kulvert simulert til **2,19 m/s**. Ved Q90% er vannhøyde i kulvert **0.04 m**.

Med bakgrunn i disse resultatene er det nødvendig å sette inn tiltak i form av terskler i bunn kulvert.

Vannlinje fra GeoHECRAS modellen er noe lavere enn HY-8 modellen, se tverrsnitt like før innløp og tverrsnitt i gjennomløp (kulvert) i Vedlegg H Dette er trolig et resultat av den hastigheten vannet har inn mot gjennomløpet i modellen. Av sikkerhetsmessige årsaker er vannlinjen fra HY-8 valgt ettersom den er høyere.

REFERANSER

Midttømme et al. (04/2011) *Retningslinjer for flomberegninger*, NVE

Glad et al. (7/2015) *Veileder for flomberegninger i små uregulerte felt*, NVE

Statens vegvesen (2022) *Vannhåndtering-Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering*, Håndbok V240

Statens vegvesen (2015) *Bruprosjektering-Prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner*, Håndbok N400

Statens vegvesen (2022) *Vegbygging*, Håndbok N200

NVE Nevina <https://nevina.nve.no/>

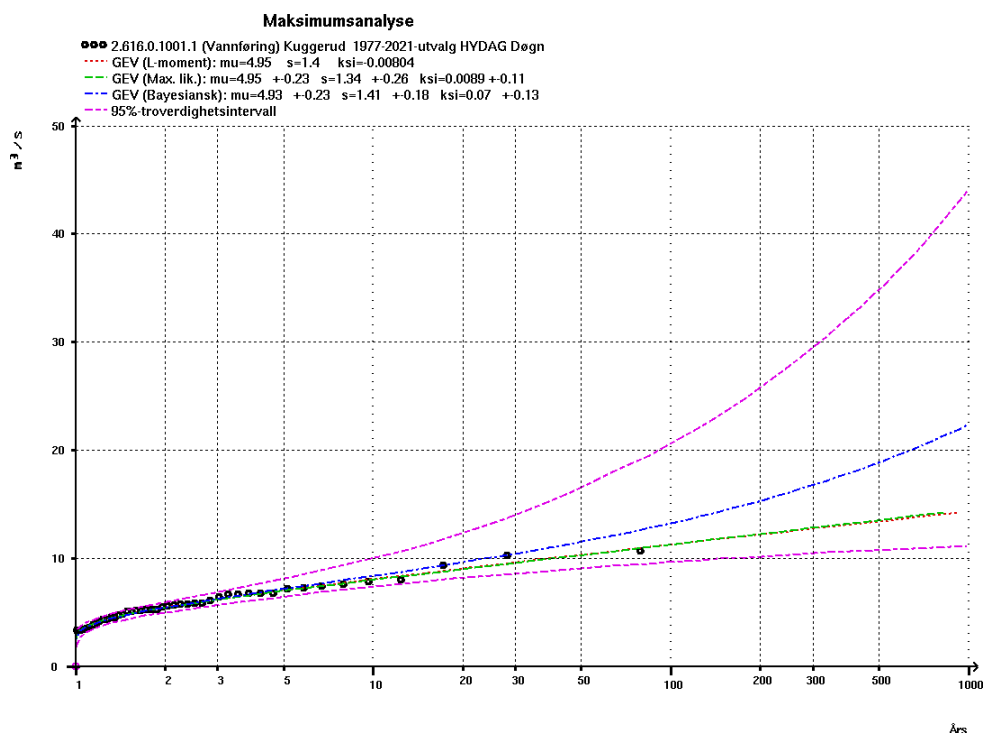
Finn kartjeneste <https://kart.finn.no/>

Vegkart (vegvesen.no) <https://vegkart.atlas.vegvesen.no/>

Løkken et al. (01/2023) *Piksrud bru Vurderinger av naturmangfold, hensyn og avbøtende tiltak*

VEDLEGG B

Data fra HYDRA II DAGUT (fordelingsgrafer og kvantiler) – 2.616.0 Kuggerud



2,616,0,1001,1 (Vannføring) Kuggerud 1978-2021-utvalg HYDAG Døgn

Gjennomsnittelig maksimalverdi (middelflow): 5,639

GEV (L-moment): $f(x)=1/s (1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}-1} \exp(-(1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}})$ $\mu=4.92$ $s=1.36$ $k_{SI}=-0.0535$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaksintervall (år)	Håleverdier	Relative måleverdier
2	5,42	0,961
5	6,98	1,220
10	7,80	1,384
20	8,65	1,535
50	9,71	1,721
100	10,46	1,855
200	11,19	1,984
500	12,10	2,146
1000	12,77	2,264

GEV (Max. lik.): $f(x)=1/s (1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}-1} \exp(-(1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}})$ $\mu=4.92$ $+0.23$ $s=1,3$ $+0.2$ $k_{SI}=-0,0295+0,12$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaksintervall (år)	Håleverdier	Relative måleverdier
2	5,40	0,957
5	6,83	1,211
10	7,75	1,374
20	8,61	1,527
50	9,71	1,721
100	10,51	1,863
200	11,29	2,001
500	12,23	2,179
1000	13,03	2,311

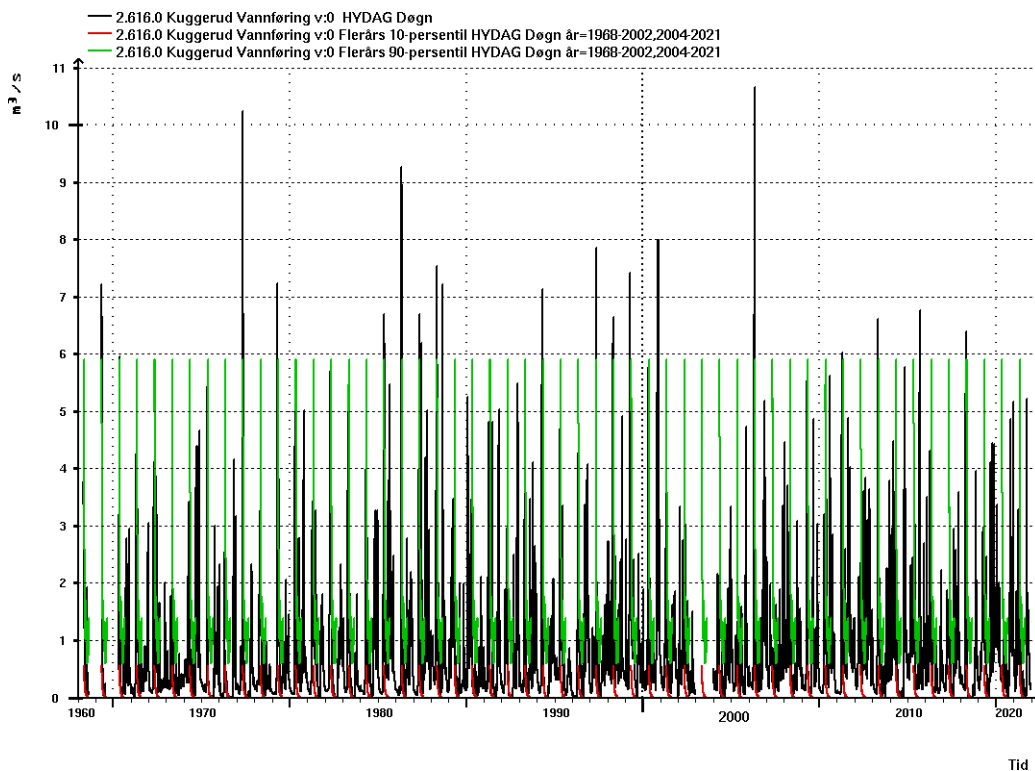
GEV (Bayesiansk): $f(x)=1/s (1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}-1} \exp(-(1.0+(k_{SI}(x-\mu)/s))^{-1/k_{SI}})$ $\mu=4,89$ $+0,24$ $s=1,36$ $+0,19$ $k_{SI}=0,0403$ $+0,12$

Maksimums-kvantiler:

Gjentaksintervall (år)	Håleverdier	Relative måleverdier	Øvre estimat	Nedre estimat
2	5,38	0,954	4,86	5,92
5	6,99	1,240	6,22	7,92
10	8,10	1,437	7,09	9,57
20	9,23	1,637	7,84	11,53
50	10,85	1,925	8,73	14,81
100	12,28	2,177	9,31	18,14
200	13,98	2,478	9,78	22,03
500	16,76	2,972	10,35	28,67
1000	19,44	3,448	10,74	34,95

VEDLEGG C

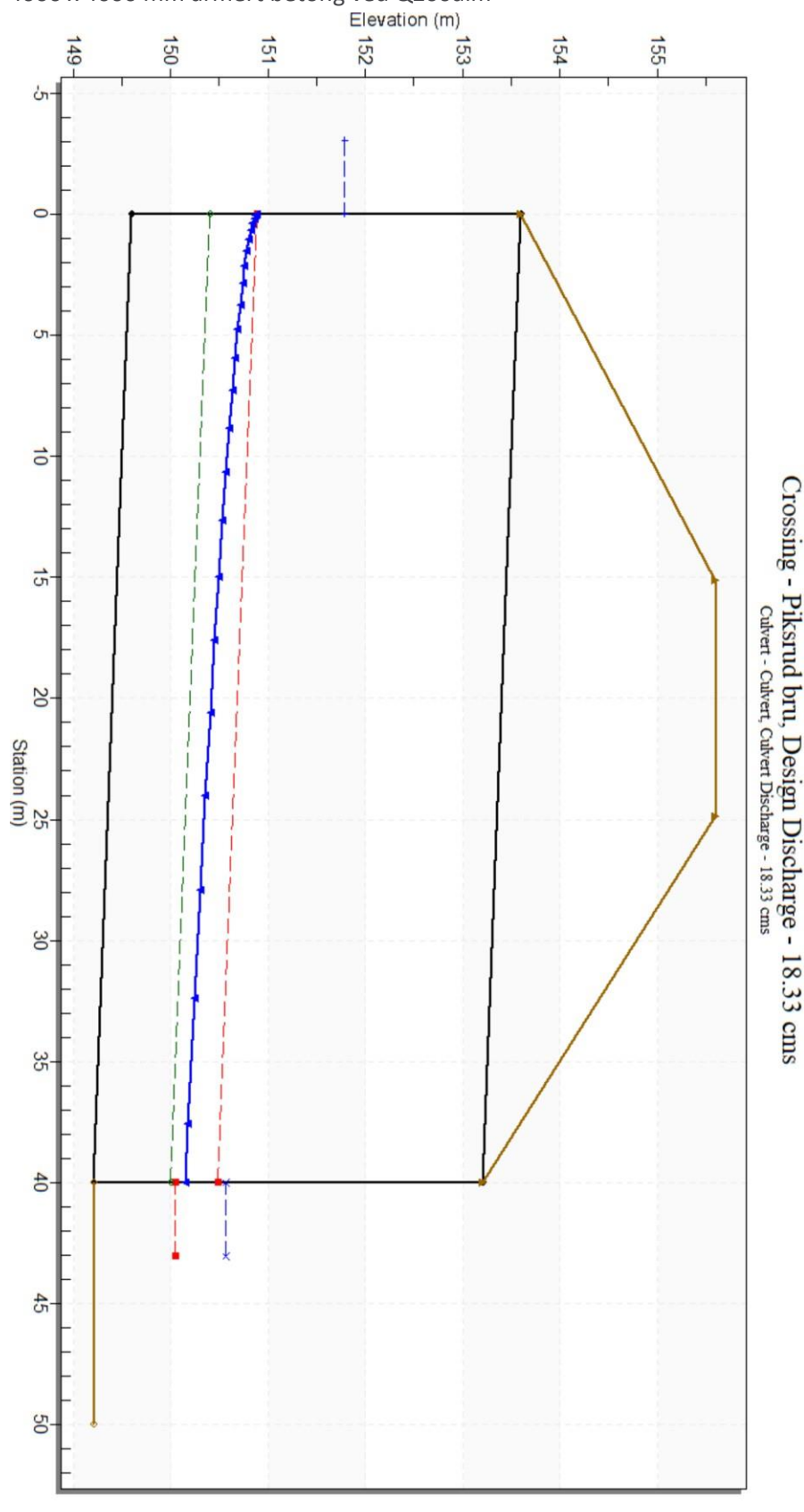
Data fra HYDRA II DAGUT (plott for målinger og kvantiler) for Q10% og Q90% – 2.616 Kuggerud



0,0683	90,06	1,803	10
0,0684	90,06	1,803	10
0,0685	90,05	1,803	10
0,0686	<u>90,04</u>	1,803	10
0,0687	90,04	1,803	10
0,0688	89,98	1,803	10
0,0689	89,98	1,803	<u>10</u>
0,069	89,96	1,803	10
0,0691	89,74	1,803	10
0,0692	89,74	1,803	10
0,0693	89,73	1,804	10
0,0694	89,72	1,804	10
0,0695	89,72	1,804	10
0,0696	89,72	1,804	10

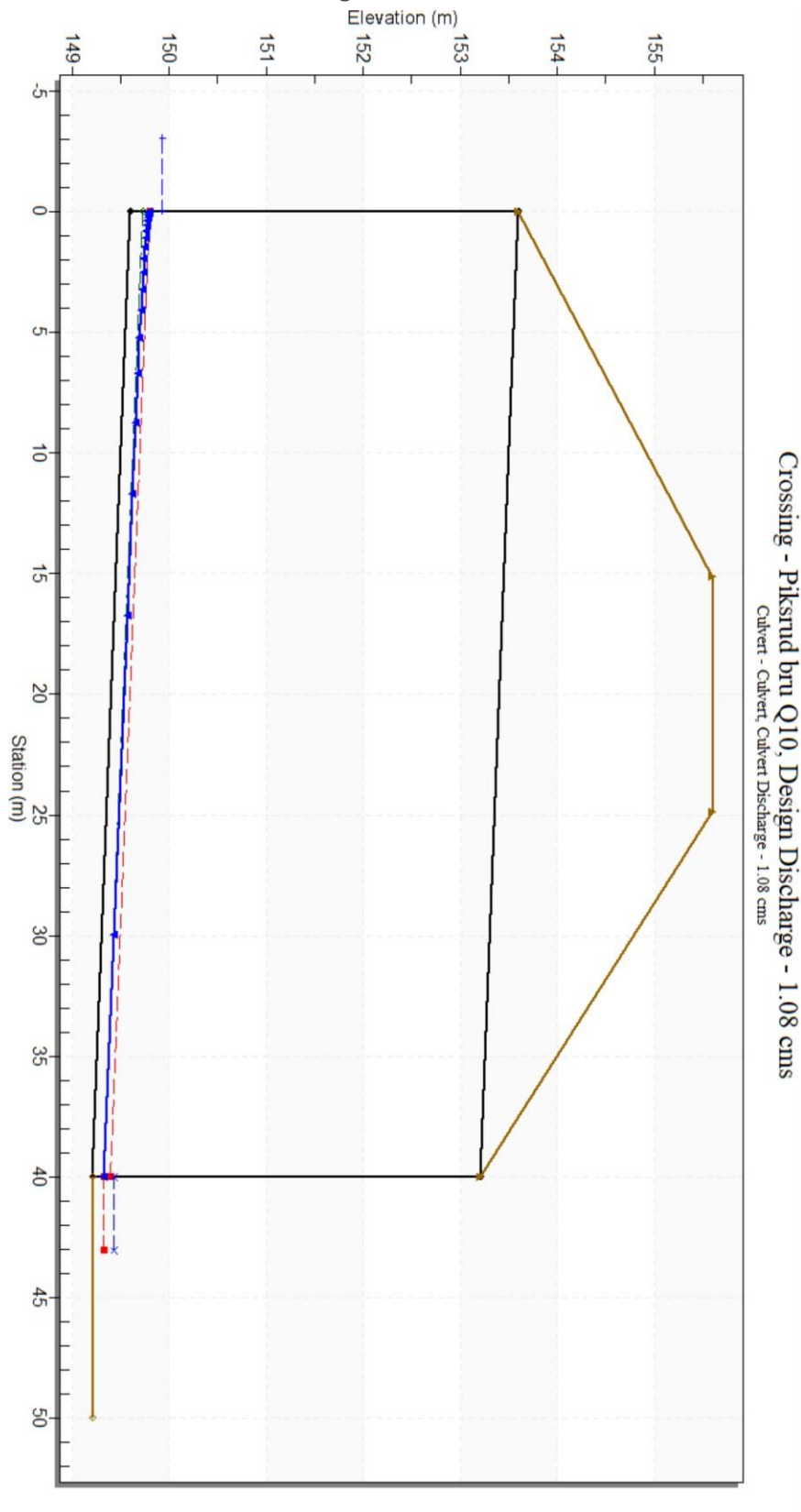
VEDLEGG D

4000 x 4000 mm armert betong ved Q200dim



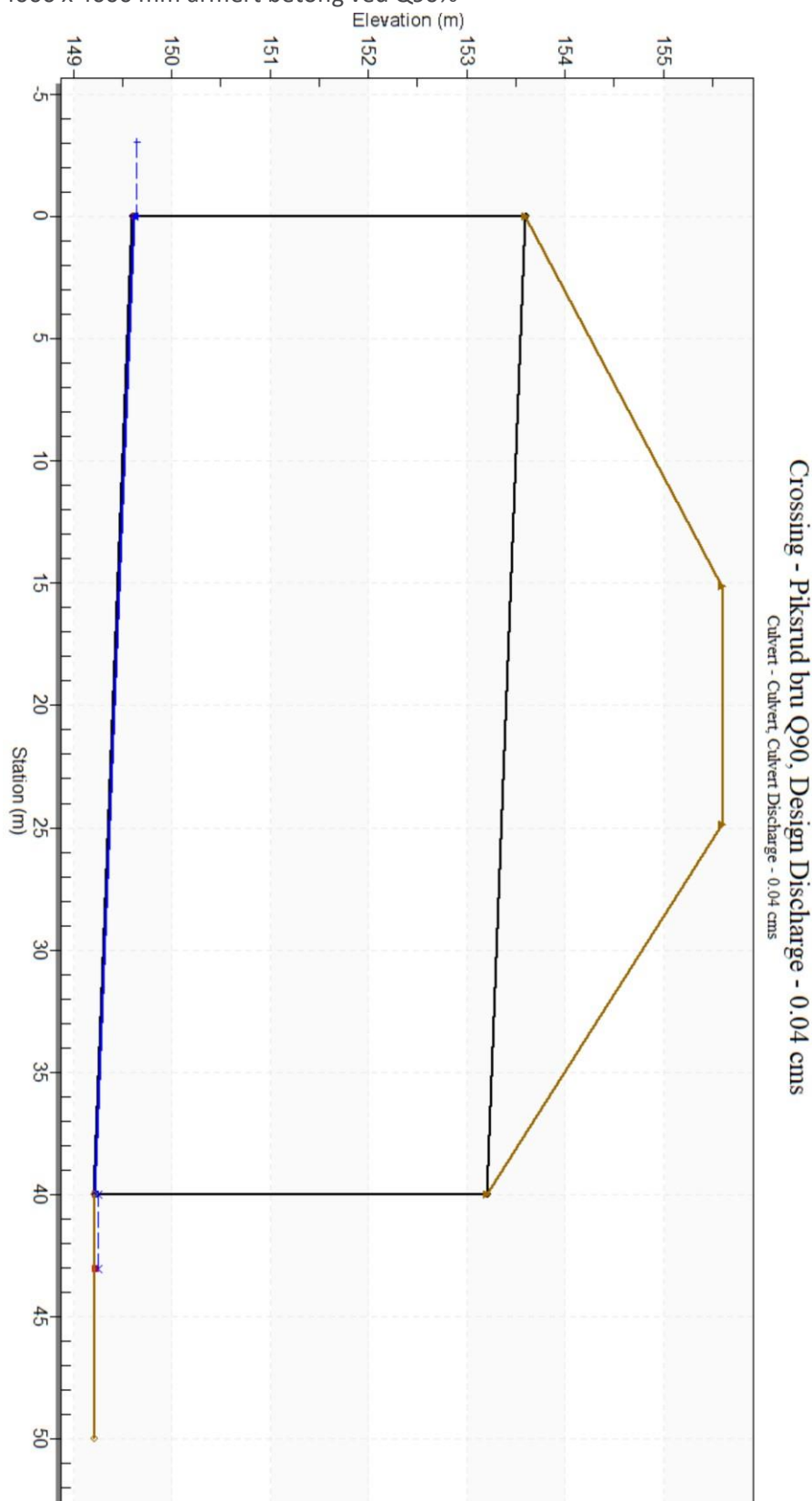
VEDLEGG E

4000 x 4000 mm armert betong ved Q10%



VEDLEGG F






4000 x 4000 mm armert betong ved Q90%



VEDLEGG G

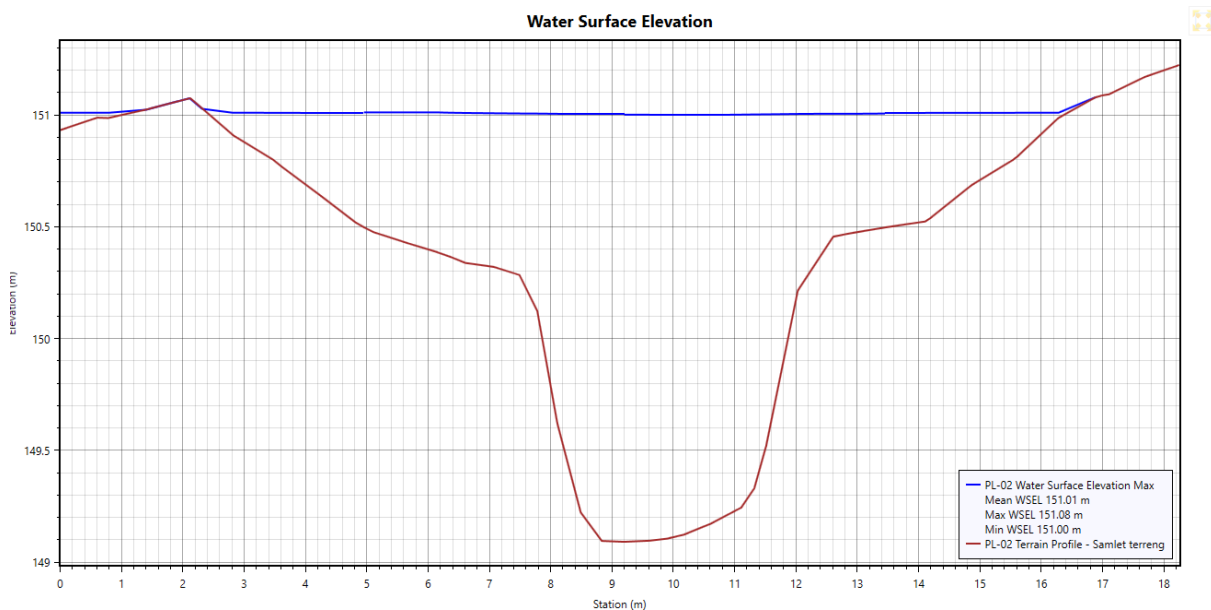
Modellert kart (flom og hastighet)



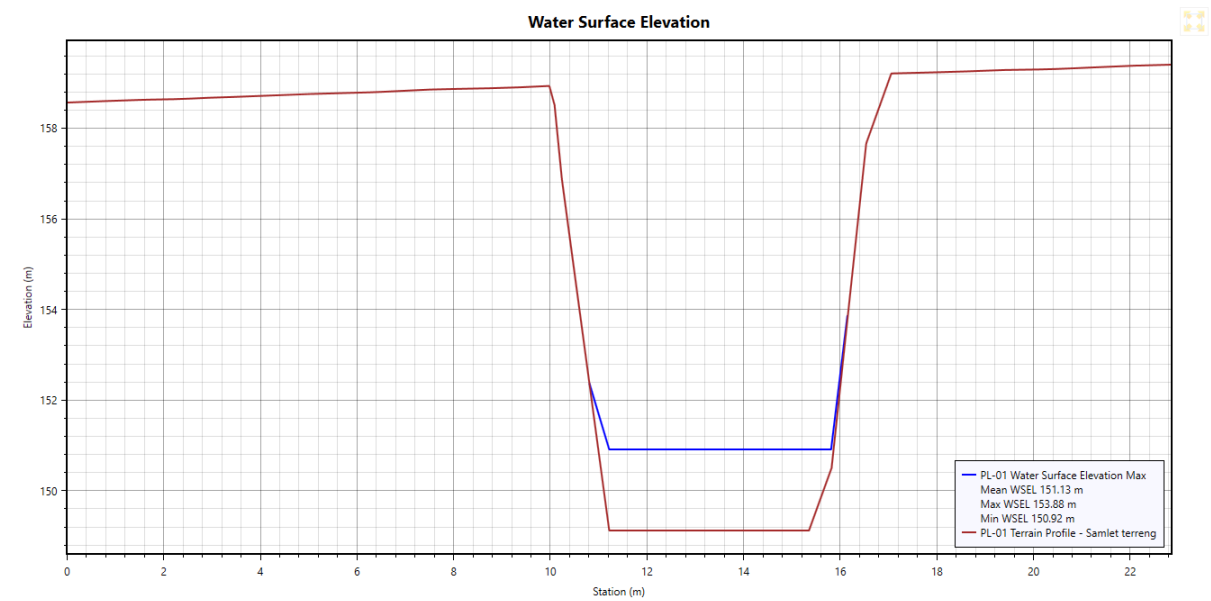
Velocity	Color
5	 ▼
4	 ▼
3	 ▼
2	 ▼
1	 ▼

VEDLEGG H

Tverrsnitt av vannstand rett før innløp

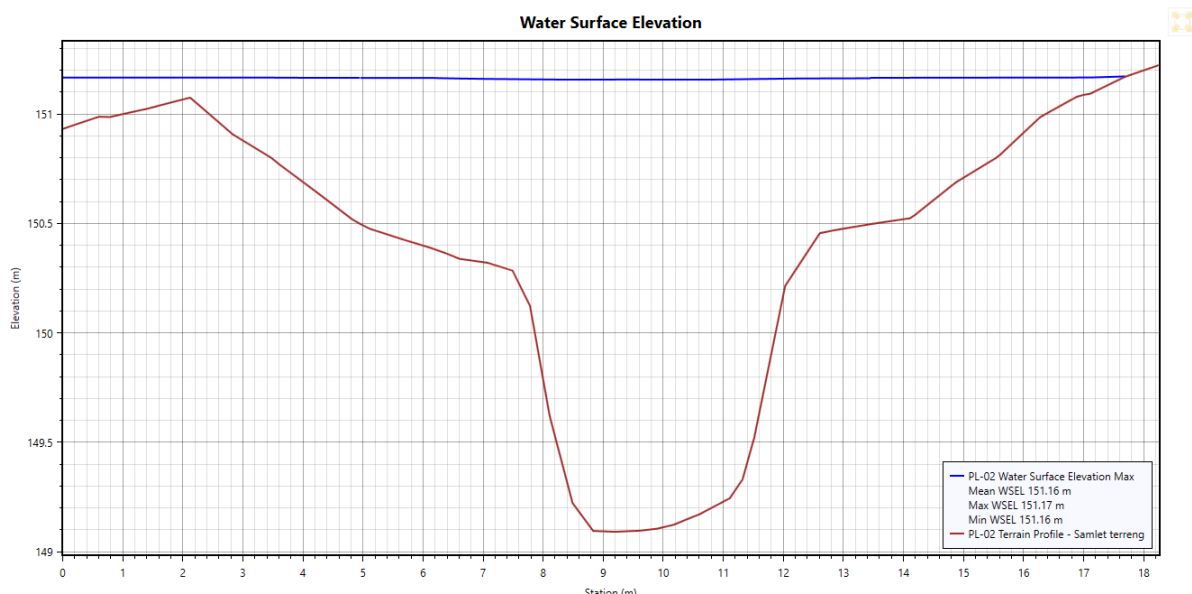


Tverrsnitt av vannstand i gjennomløp



VEDLEGG I

Tverrsnitt av vannstand rett før innløp (Sensitivitet)



Tverrsnitt av vannstand i gjennomløp (Sensitivitet)

