



Hydraulisk rapport

Kvinesdal kommune
Veiprofilnr 7300-24000

Detaljregulering E39 Lyngdal vest-Kvinesdal

Hydrauliske beregninger for vassdrag i Kvinesdal kommune

NV Dokumentnummer: NV42E39LK-VAA-RAP-0004
ENT Dokumentnummer: 10220781_E39LK_000_hyd_rap_04

Prosjekt nr:	115510
Oppdragsnavn:	E39 Lyngdal vest - Kvinesdal
Kunde	Nye Veier AS

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Årsak til utgivelse	Utarbeidet	Kontrollert	Godkjent
01	15.05.2023	Første gangs behandling	NOHLAA/ NOSKLA	NOSKLA/ NOMAFO	NORUHO
02	22.03.2024	Innspill fra høring	NOSKLA	NODRAN	NORUHO

Endringsoversikt

Revisjon	Endringsbeskrivelse
01	Til første gangs behandling i Lyngdal og Kvinesdal kommune
02	Innarbeide merknad fra NVE om TEK17 §7-1 som kom inn i forbindelse med høring av reguleringsplanen. Lagt til tekst i kap. 2.4.

Innhold

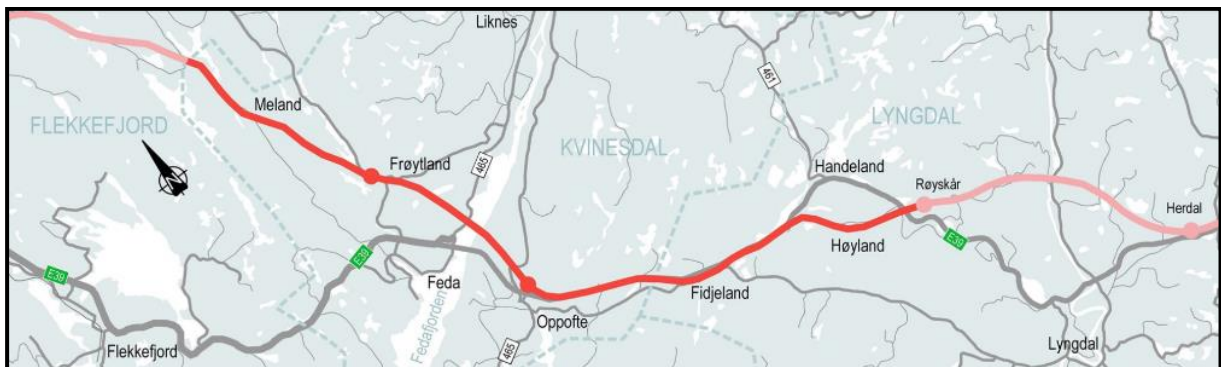
1	Innledning	4
1.1	Bakgrunn	4
1.2	Om rapporten	5
2	Krav, retningslinjer og veiledere	6
2.1	Statens vegvesens Vegnormal N200 Veibygging (2022).....	6
2.2	Statens vegvesens Vegnormal N400 Bruprosjektering (2022)	6
2.3	Statens vegvesens Håndbok V240 Vannhåndtering – Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering	7
2.4	Byggeteknisk forskrift (TEK17)	7
2.5	NVEs retningslinjer nr. 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar	8
3	Metode.....	9
3.1	Beregning av kulvertdimensjon (rørdiameter < 2,5 m).....	9
3.2	Beregning av kulvert-/brudimensjon (rørdiameter > 2,5 m)	10
3.3	Beregning av bekke- og grøftegeometri.....	13
3.4	Flomsonekartlegging	14
4	Hydrauliske beregninger	17
4.1	Kulvertberegninger (rørdiameter < 2,5 m).....	17
4.2	Kulvert-/bruberegninger (spennvidde > 2,5 m).....	18
4.3	Flomsonekartlegginger.....	20
4.4	Beregning av bekke- og grøftegeometri.....	23
4.5	Indretjønn – utfylling av deler av Indretjønn	29
4.6	Øyesletta – flomutfordringer	32
4.7	Frøytland – avledning av vannføringer over normalavrenning til annet vassdrag	35
4.8	Frøytland – endring i flomvannstand oppstrøms Frøitlandsfossen som følge av nytt veianlegg	36
4.9	Frøytland – masselager på jordbruksareal ved Frøitlandsfossen.....	39
5	Usikkerheter.....	42
6	Oppsummering.....	43
7	Referanser og litteratur.....	45
8	Vedlegg	46
8.1	Bilder og tegninger	46
8.2	Tidevann	49

1 Innledning

1.1 Bakgrunn

Nye Veier har ansvaret for utbygging av E39 fra Kristiansand i Agder til Ålgård i Rogaland, en strekning på om lag 200 kilometer. Ny E39 planlegges som trafiksikker firefelts motorvei med fartsgrense 110 km/t. Motorveien vil, i tillegg til reduksjon i antall ulykker, gi vesentlig kortere reisetid for brukerne og knytte Agder og Rogaland tettere sammen som felles bo- og arbeidsmarked.

Utarbeiding av reguleringsplan med konsekvensutredning for parsellen Lyngdal vest-Kvinesdal er en del av dette arbeidet. Planlegging av ny vei og tunnel fra E39 til Øyesletta inngår i prosjektet. Det er Lyngdal og Kvinesdal kommuner som er planmyndighet.



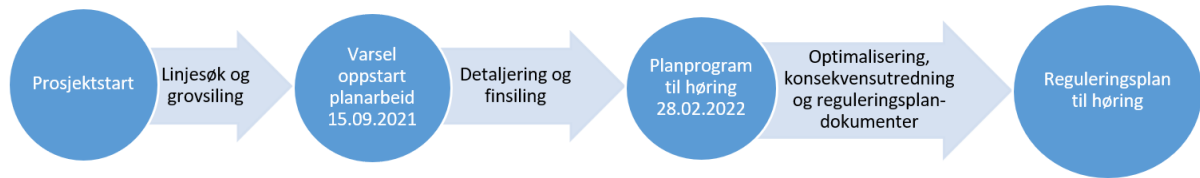
Figur 1-1: Parsellen E39 Lyngdal vest-Kvinesdal.

Det foreligger trasé for veiløsning i de gjeldende kommunedelplanene E39 Vigeland-Lyngdal vest og E39 Lyngdal vest-Ålgård, men strekningen gjennom Kvinesdal kommune er ikke vedtatt. Ny trasé fra Røyskår til kommunegrensen mot Flekkefjord er nå utredet av Nye Veier.

I arbeidet med reguleringsplan er det gjennomført linjesøk og tverrfaglige vurderinger av et bredt utvalg av løsninger for å finne den samlet sett beste traséen fra Røyskår i Lyngdal, gjennom Kvinesdal, til kommunegrensen mot Flekkefjord. Fra kommunegrensen og nordvestover foreligger det vedtatt kommunedelplan for ny E39. Østover fra Røyskår er prosjektet E39 Lyngdal øst-Lyngdal vest under bygging, med forventet ferdigstilling i 2025.

Til varsel om oppstart av planarbeid (15.09.2021) ble det gjennomført en grovsiling av et stort antall alternative veilinjer for ny E39. Anbefalte linjer fra grovsilingen danner grunnlaget for videre detaljering og vurdering. Frem mot utlegging av planprogram til høring og offentlig ettersyn (28.02.2022) ble det gjennomført en finsiling av de gjenværende linjene fra grovsilingen. Anbefalt linje fra finsilingen, sammen med linjer og kryssløsninger som kommunene vedtok utredet i planprogrammet, har dannet

grunnlaget for videre optimalisering, detaljering, konsekvensutredning, valg av linje og utarbeidelse av reguleringsplandokumenter.



Figur 1-2: Tidslinje med utført arbeid mellom prosjektets sentrale milepeler

Det henvises til silingsrapporter, planprogram, prosjektrapport, konsekvensutredning, reguleringsplandokumenter og fagrapporter for ytterligere detaljert informasjon om prosjektet. Dokumentene kan finnes på nettsidene til Nye Veier, Lyngdal og Kvinesdal kommune.

1.2 Om rapporten

Hensikten med denne rapporten er å dokumentere hydrauliske beregninger for vassdrag som krysser eller går langs veitrasé i Kvinesdal kommune. Rapporten danner grunnlag for blant annet dimensjonering av stikkrenner, kulverter, brukonstruksjoner, bekkeomlegginger og grøfter, og er basert på hydrologiske beregninger dokumentert i rapport «NV42E39LK-VAA-RAP-0003_Hydrologisk rapport Kvinesdal kommune» [1].

Det er i denne fasen gjort innledende hydrauliske beregninger og vurderinger for veistrekning med profilnummer 7300–24000. Det overordnede målet har vært god og sikker håndtering av overvann ved å følge krav og anbefalinger i gjeldende vegnormaler og veiledere.

Totalt 19 kulverter ($D < 2,5$ m) og 6 bokskulverter definert som bruer ($D > 2,5$ m) er dimensjonert for 200-årsflom inkl. klima- og usikkerhetspåslag. Det er gjort beregninger for 9 grøfte- og bekkegeometrier, og kartlagt 10 flomsone (eksisterende situasjon) for bekkekryssinger dekket av aktsomhetsområder for flom.

I detaljprosjekteringen og anleggsfasen må det gjøres nærmere vurderinger av endelige løsninger. Vurderingene vil blant annet innebære:

- Vurdering av løsninger for erosjonssikring
- At nye løsninger ikke forringer kvaliteten av vassdrag for akvatiske organismer, se rapport «Vurdering av tiltak i berørte vassdrag (vannotat)» [2]
- Kontroll av vannhåndtering for mindre vannveier/små nedbørfelt
- Midlertidige tiltak i anleggsfase

Rapporten er et vedlegg til reguleringsplan for E39 Lyngdal vest-Kvinesdal.

2 Krav, retningslinjer og veiledere

2.1 Statens vegvesens Vegnormal N200 Veibygging (2022)

Vegnormal N200 Vegbygging er den grunnleggende tekniske normalen for bygging av vei i Norge utenom tunell og bru. Normalens krav og anbefalinger bygger i stor grad på erfaring og på en helhetlig vurdering av de totale kostnadene for samfunnet, trafiksikkerhet, helse og arbeidsmiljø, ytre miljø, klimapåvirkning, jordvern, trafikkberedskap og framkommelighet [3].

Kapittel 2 gir krav til vannhåndtering for å opprettholde veiens bæreevne, sikre mot oversvømmelse, unngå forurensing og sikre vandringsmuligheter for fisk, amfibier og småvilt.

Viktige bestemmelser som er relevant for denne rapporten:

- Krav 2.1-1: Vann som ledes fra eller gjennom veiområdet, skal ikke slippes ut over tilstøtende eiendommer uten at det er ervervet rett til dette ved avtale eller ekspropriasjon.
- Krav 2.1-2: Krav til dokumentasjon som skal foreligge i de forskjellige planfasene.
- Kap. 2.2.1: Sikkerhetsklasser bestemmes ut ifra ÅDT og omkjøringsmuligheter, og bestemmer dimensjonerende returperiode (T) og sikkerhetsfaktor for å håndtere usikkerheter (Fu).
- Kap. 2.4.1: Behov for erosjonssikring skal vurderes langs vannveier og flomveier, for alle hydrauliske tiltak og for arealer tilknyttet vei og eventuell tredjepart i området.
- Kap. 2.4.2: Krav til dimensjonering av hydrauliske tiltak.
- Krav 2.4.2.1-1: Minste dimensjoner for gjennomløp
- Krav 2.4.2.1-6: Delvis gjentetting av gjennomløp pga. masseavsetning (1/3 av innløpets høyde)
- Kap. 2.4.2.8: Krav til fiskepassasjer.

2.2 Statens vegvesens Vegnormal N400 Bruprosjektering (2022)

Vegnormal N400 Bruprosjektering stiller krav til prosjektering av bruer, ferjekaier og andre bærende konstruksjoner i det offentlige veinett [4].

Viktige bestemmelser som er relevant for denne rapporten:

- Bærende konstruksjoner med spennvidde større eller lik 2,5 m defineres som bru.
- Dimensjonerende flomverdi skal inkludere klimafaktor og sikkerhetsfaktor, slik som i N200.

- Krav 3.6.2: Det skal benyttes dimensjonerende returperiode T lik 200 år for alle brukonstruksjoner
- Krav 4.2.4.: Fri høyde over vassdrag skal være minimum 0,5 m ved beregnet vannstand ved 200-årsflom.

2.3 Statens vegvesens Håndbok V240 Vannhåndtering – Flomberegninger og hydraulisk dimensjonering

Håndbok V240 er en veiledning til kap. 2 Vannhåndtering i N200. Håndboken er delt inn i tre deler: planlegging, hydrologi og hydraulikk. Del to gir utdypende beskrivelser av metodene og kravene oppgitt i N200 [3]. Det er fokusert på datagrunnlag, valg av beregningsmetoder ut fra feltegenskaper og usikkerheten som er forbundet med metodene. Dette er ytterligere beskrevet i denne rapporten under metodekapitlet.

2.4 Byggeteknisk forskrift (TEK17)

Kapittel 7 i Byggeteknisk forskrift (TEK17) omfatter krav om sikkerhet mot naturpåkjenninger, herunder sikkerhet mot flom, stormflo og skred, som skal legges til grunn ved regulering og bygging i faresoner.

§7-1 andre ledd angir at planlagte tiltak ikke skal medføre en fare for skade eller vesentlig ulempe for tilstøtende terreng, eller 3. part [5]. Det betyr at planlagte tiltak (veibyggingen) som får konsekvenser for tilstøtende terreng eller 3. part må sikres mot naturpåkjenninger, tilsvarende som for planlagt tiltak. Planlagt tiltak skal med andre ord ikke forverrer sikkerheten mot naturpåkjenninger for tilstøtende terreng og 3. part i ettertid.

§7-2 gir krav til sikkerhet mot flom og stormflo. For byggverk, konstruksjoner eller anlegg i flomutsatt område skal det fastsettes en sikkerhetsklasse for flom (Tabell 2-1). Byggverk, konstruksjon eller anlegg skal plasseres, dimensjoneres eller sikres mot flom slik at største nominelle årlige sannsynlighet ikke overskrides. Hvilken sikkerhetsklasse et byggverk, konstruksjon eller anlegg tilhører er avhengig av konsekvensene ved oversvømmelse [5].

Sikkerhetsklasse F1 omfatter byggverk med lite personopphold og små økonomiske eller andre samfunnsmessige konsekvenser. Sikkerhetsklasse F2 omfatter de fleste byggverk beregnet for personopphold. Sikkerhetsklasse F3 omfatter byggverk for sårbare samfunnsfunksjoner og byggverk der oversvømmelse kan gi stor forurensning på omgivelsene. [5]

Tabell 2-1: Sikkerhetsklasser for byggverk, konstruksjon og anlegg [5].

Sikkerhetsklasse for flom	Konsekvens	Største nominelle årlige sannsynlighet
F1	liten	1/20
F2	middels	1/200
F3	stor	1/1000

Kravene i TEK17 trer i kraft hvis et vassdrag ligger nært bebyggelse og planlagt vei, hvor valg av gjentakintervall for flomhendelser for planlagt vei vil påvirke flomfaren for bebyggelse. Strengeste krav til sikkerhet fra TEK17, N200 og N400 skal legges til grunn.

2.5 NVEs retningslinjer nr. 2/2011 Flaum- og skredfare i arealplanar

Retningslinjene beskriver hvordan flom- og skredfare bør utredes og hensyntas i arealplansaker. Utreiing av flomfare på reguleringsplannivå skal skaffe kunnskap om reell fare som utbyggingen må hensynta. Det vil si at flomfaren skal detaljkartlegges og tallfestes for de gjentakintervall som er oppgitt i TEK17 og N200. Dersom det skal bygges innenfor fareutsatt område skal det avklares hvordan man oppnår tilstrekkelig sikkerhet vha. risikoreduserende tiltak. Dersom det er behov for risikoreduserende tiltak, må arealbeslaget i reguleringsplanen ta hensyn til dette. Det skal også undersøkes om planlagt utbygging kan forverre sikkerheten mot flom og erosjon utenfor planområdet.

3 Metode

3.1 Beregning av kulvertdimensjon (rørdiameter < 2,5 m)

Beregning av kulvertdimensjoner gitt innløpskontroll ble beregnet ved hjelp av programvaren HY-8 versjon 7.70. HY-8 ble utviklet av det amerikanske Federal Highway Administration (FHWA), og senere videreutviklet i samarbeid med flere universiteter. Programmet automatiserer kulvertberegninger etter metodene i Hydraulic Design Series (HDS) no. 5: «Hydraulic Design of Highway Culverts».

Det er gjort beregninger med forskjellige standard sirkulære rørstørrelser med 33 % gjentetting av rørets høyde i HY-8. Tabell 3-1 viser forutsetningene gjort i HY-8. Basert på beregnede kapasitet for hver rørstørrelse ble det konstruert en kulvertkapasitetskurve (se Figur 3-1).

Kapasitetskurve ble benyttet videre til beregning av nødvendig kulvertdimensjon for hver enkelt bekkekrysning med diameter < 2,5 m. For bekkekryssinger hvor dimensjonerende flom tilsvarer en rørkulvert med diameter > 2,5 m ble kulverten dimensjonert som beskrevet i Kap. 3.2.

Tabell 3-1: Forutsetninger i HY-8 ved beregning av kulvertkapasitet.

Parameter	Verdi	Enhet	Kommentar
Kulvert			
Helning	1	%	Valgt som følge av at slakere helning gir utløpskontroll. Brattere helning gir fortsatt Innløpskontroll og påvirker ikke kapasiteten.
Tetting	33	%	Iht. krav 2.4.2.1-6 i N200
Manning bunn	0,045	-	
Manning topp	0,012	-	
Innløpstap	0,5	-	Square Edge With Headwall
Kulvert type	Straight	-	
Inlet depression	Nei	-	
Lengde kulvert	25	m	Vil ikke påvirke resultatene som følge av innløpskontroll. Valgt kun basert på en typisk veibredde.
Nedstrøms grense			
Helning	2	%	
Form	Rektangulær	-	
Bunnbredde	4	m	

Parameter	Verdi	Enhet	Kommentar
Manning	0,03		
Vei			
Veistasjon	10	-	
Overløpsbredde	80	m	
Høyde	4	m	
Veioverflate	Asfaltet	-	
Lengde(bredde) på vei	15	m	

Diameter rør (m)	Kapasitet (m ³ /s)
1	0,67
1,2	1,07
1,4	1,59
1,6	2,24
1,8	3,03
2	3,96
2,2	5,05
2,4	6,25



Figur 3-1: Resultater fra analyse av kulvertkapasitet for sirkulære rør med 1/3 gjentetting av rørets høyde i HY-8.

3.2 Beregning av kulvert-/brudimensjon (rørdiameter > 2,5 m)

Kulverter med nødvendig rørdiameter > 2,5 m defineres som bru etter N400, og ble beregnet ved en kombinasjon av HY-8 versjon 7.70 og HEC-RAS versjon 6.3.1. Kulvertene ble enten beregnet med rektangulært tverrsnitt eller hvelvkulvert (vertikale vegger med halvrør). Kravet om 0,5 m fri høyde til vassdrag ble hensyntatt.

HEC-RAS er en programvare for hydraulisk modellering utviklet av US Army Corps of Engineers. Det er benyttet inngangsparametere i HEC-RAS vist i Tabell 3-2, mens valgte Manningsverdier er vist i Tabell 3-3. **Feil! Fant ikke referanseilden.** og ble lagt inn i modellen ved bruk av AR5-data. Terrengdata ble hentet fra Høydedata.no og kombinert med geometri for nytt veianlegg og omlegginger av vassdrag.

HY-8 ble benyttet for situasjoner hvor strømnings situasjonen var oversiktlig og grensebetingelser tydelig. Inngangsparametere i HY-8 er vist i Tabell 3-2. Ved mer komplekse forhold, spesielt mtp. utløp, ble HEC-RAS benyttet for hydraulisk modellering en viss distanse opp- og nedstrøms aktuelle kulverter.

Dimensjoner ble som hovedregel beregnet for ett løp for å gi vassdraget en stor åpning, istedenfor mange små. For kulvert/bruer med rektangulær geometri hvor det skal tilrettelegges for småvilt-, åle- og fiskepassasjer ble det i etterkant av beregnede

geometrier lagt til henholdsvis 0,5 m ekstra bredde og høyde for å kompensere for plassering av en småviltshylle og senkning av kulvert for igjenfylling av naturlig elvesubstrat. For beregning av hvelvkulvert ble hylle og bunnsubstrat inkludert i beregningene. For noen vassdrag har dette påvirket bredde og hvilket regelverk kulverten/bruen faller inn under (N200 eller N400).

Tabell 3-2: Standard beregningsoppsett for kulvert/bru-dimensjoner i HEC-RAS.

Beregningsoppsett i HEC-RAS	
<i>2D Flow options</i>	
Equation set	SWE-ELM (original/faster)
<i>Advanced Time Step Control</i>	
Adjust time step based on Courant	check
Max courant	1
Min courant	0,1
Number of steps below min	2
Maximum number of doubling base time step	2
Maximum number of halving base time step	2
<i>Eksisterende kulverter</i>	
Entrance loss	0,7
Manning (gammel betong)	0,015
Manning (bunnmaterial)	0,03
Depth blocked (for rør D<2,4m)	1/3 av høyde
Høyder	Basert på terreng eller innmålinger
<i>Nye kulverter</i>	
Entrance loss (antar frontmur)	0,5
Manning (betong)	0,013
Depth blocked (for rør D<2,4m)	1/3 av høyde
Manning (bunnmaterial)	0,03
Lengdefall med fisk (%)	0,5-1
Lengdefall uten fisk (%)	1-5
Krav til bokskulvert (B>2,4 m)	frihøyde 0,5 m

Tabell 3-3: Manningsverdier benyttet for beregninger i HEC-RAS.

Arealtype (fra AR5)	Manningsverdi (n) valgt
Åpen fastmark	0,06
Skog	0,15
Bebygd	0,10
Ferskvann	0,04
Fulldyrka jord	0,04
Hav	0,04
Innmarksbeite	0,03
Myr	0,06
Overflatedyrka jord	0,035
Samferdsel	0,02

Tabell 3-4: Standard beregningsoppsett for kulvert/bru-dimensjoner i HY-8.

Beregningsoppsett i HY-8	
<i>Discharge data</i>	
Discharge method	Minimum, design and maximum
Flow	Fra flomberegninger
<i>Tailwater data</i>	
Channel type	Rectrangular / constant tailwater elev.
Width, slope, elevations	Fra terrengmodell eller antagelser
Manning's n channel	0,03-0,04
<i>Culvert data - alt. 1: rektangulær utforming</i>	
Shape	Concrete box
Material	Concrete
Span/rise	Variabler som tilpasses hver kulvert
Embedment depth (m)	0,01
Manning's n (top/sides)	0,012
Manning's n (bottom)	0,035
Culvert type	Straight
Inlet configuration	Square Edge (90 deg.) Headwall (Ke = 0,5)
Inlet depression?	No
<i>Culvert data - alt. 2: hvelvkulvert</i>	
Shape	User defined
Material	Corrugated Metal Riveted or Welded
Span/rise	Variabler som tilpasses hver kulvert
Embedment depth (m)	0,5
Manning's n (top/sides)	0,04
Manning's n (bottom)	0,04
Culvert type	Straight
Inlet configuration	Square Edge with Headwall (Ke = 0,5)
Inlet depression?	No
<i>Site data</i>	
Elevations	Fra terrengmodell og antagelser
Number of barrels	1

3.3 Beregning av bekke- og grøftegeometri

Enkel kontroll av grøftkapasitet og vurdering av geometri ble gjennomført ved hjelp av Mannings formel (se under), mens mer kompliserte forhold ble beregnet/kontrollert i HEC-RAS med inngangsparametere som beskrevet i kap. 3.2.

$$\text{Mannings formel: } V = \frac{1}{n} * Rh^{\frac{2}{3}} * S^{1/2}$$

Hvor V = gjennomsnittlig vannhastighet, n = Manningstall (ruhet), R_h = hydraulisk radius og S = strømningsgradienten.

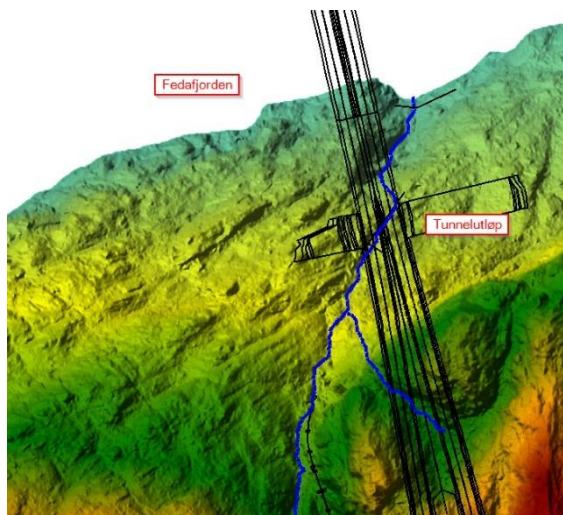
3.4 Flomsonekartlegging

For bekkekryssinger dekt av NVEs aktsomhetsområde for flom ble flomsoner ved dimensjonerende flom kartlagt. Kartlegging ble gjort ved bruk av HEC-RAS for områder påvirket av ny E39.

Beregnete flomsoner ble etterprosessert i GIS (programvare ArcGIS Pro) for manuell justering og enklere fremstilling av flomsonene. Følgende eksempel illustrerer typisk fremgangsmetode for flomsonekartlegging:

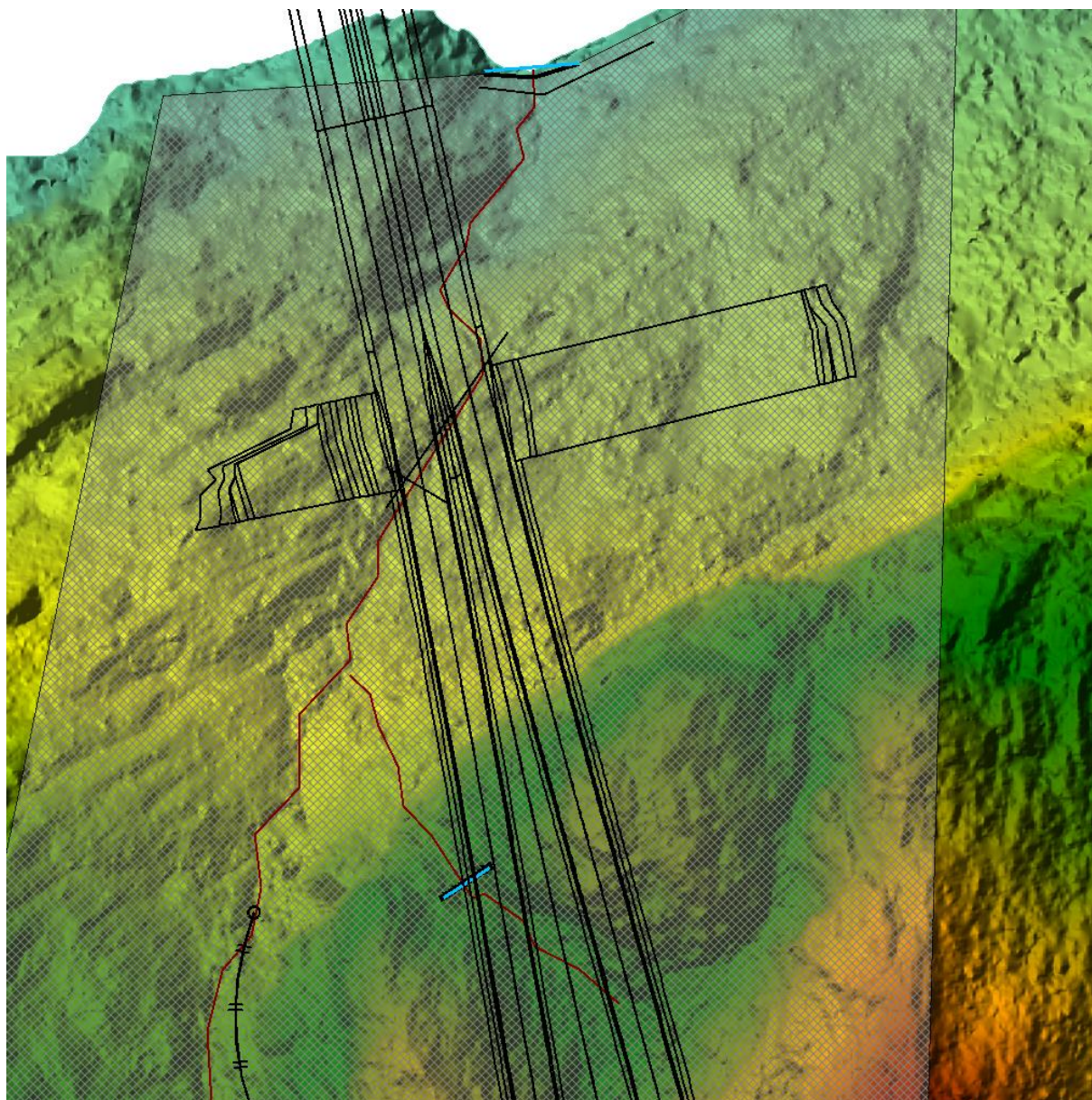
Planlagt E39 har utløp fra tunnel ved Fedafjordens sørside (Figur 3-2). En bekk som renner ned i fjorden er dekket av NVEs aktsomhetsområde for flom, og krysser det planlagte utløpet på tunnelen ved ca. veiprofilnummer 13950.

En hydraulisk beregningsmodell i HEC-RAS ble satt opp iht. kap. 3.2. (Figur 3-3). Øvre grensebetingelser med dimensjonerende vannføringer ble plassert et godt stykke oppstrøms aktuell bekkekryssing. Det ble benyttet cellestørrelse 0,5 x 0,5 m, med enkelte «breaklines» langs dreneringsveiene for riktig orientering av celler.

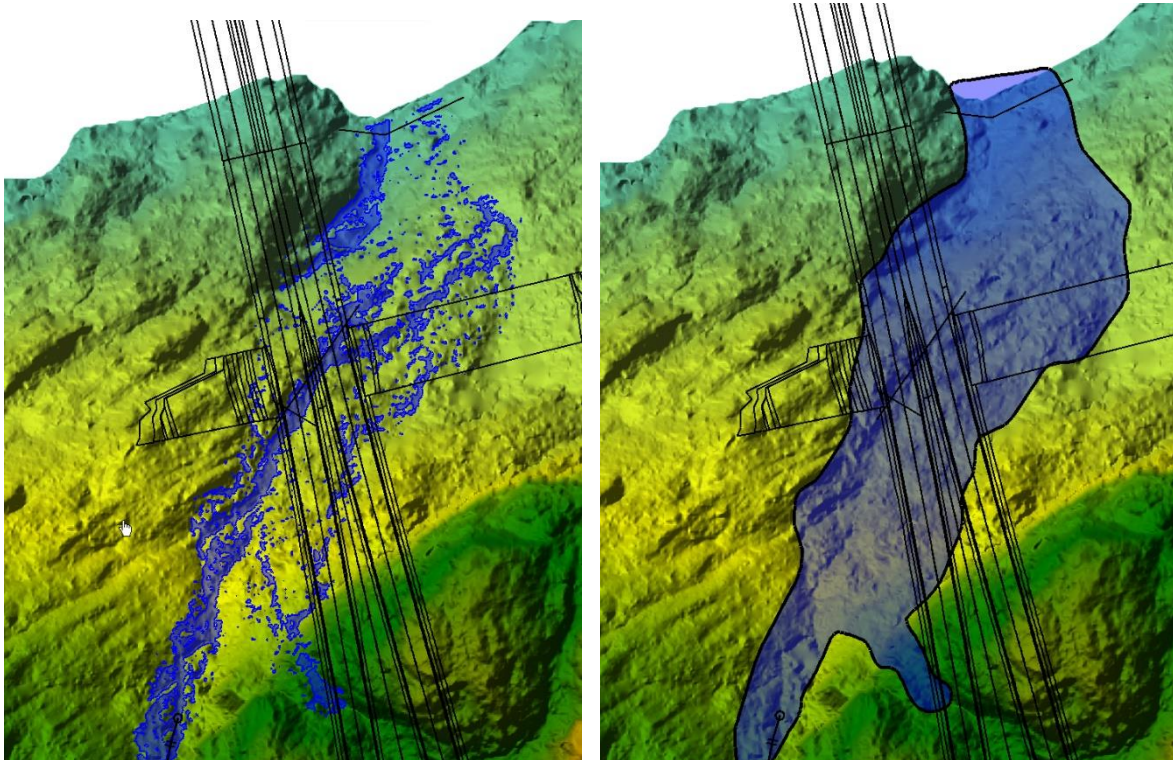


Figur 3-2: Oversiktsbilde, utløp Fedafjorden.

Resultatet fra den hydrauliske modellen er en flomsone som viser vanddekt areal. Det vanddekte arealet kan i bratte områder være adspredt og usammenhengende som følge av modellens svakheter. For å få flomsonen til å henge sammen er det gjort etterprosessering i GIS ved bruk av diverse verktøy og manuelle tilpasninger. Det er valgt en konservativ tilnærming ved å inkludere områder det er tvil om de er vanddekt eller ikke. Figur 3-4 viser flomsonekart beregnet i HEC-RAS og resulterende flomsonekart etter bearbeiding i GIS.



Figur 3-3: Eksempel på geometrioppsett i HEC-RAS. Celler, breaklines i rødt og grensebetingelser i blått.



Figur 3-4: Flomsonekart etter modellering i HEC-RAS (til venstre) og resulterende flomsonekart etter prosessering (til høyre).

4 Hydrauliske beregninger

4.1 Kulvertberegninger (rørdiameter < 2,5 m)

Det er beregnet totalt 19 kulverter med rørdiameter < 2,5 m ble dimensjonert iht. kap. 3.1. Dimensjoner er rundt opp til nærmeste standard rørdimensjon. Beregnede rørdimensjoner er vist i Tabell 4-1. Dimensjonerende flomverdier er hentet fra hydrologiske rapport [1].

Tabell 4-1: Beregnede kulvertdimensjoner med $D < 2,5$ m.

Veinavn	Profil-nummer	Vassdragsnavn/ stedsnavn	Q _{DIM} (m ³ /s)	Type	Beregnet diameter (m)
E39	11180	Flordalen	1.7	Rør	1.6
E39	11720	-	0.7	Rør	1.2
E39	12000	Indretjønn – bekk i øst	4,0	Rør	1.2
E39	13950	-	0.9	Rør	1.2
E39	16650- 17150	Bekk Frøitland tunnelutløp nordøst	2.2	Rør	1,6 (alt. 2x1,2)
E39	19250	-	0.6	Rør	1,0
E39	19470	-	0.7	Rør	1.2
E39	19680	-	1.9	Rør	1.6
E39	20130	-	0.5	Rør	1,0
E39	20170	-	0.5	Rør	1,0
E39	20700	-	0.1	Rør	0.6
E39	21010	-	0.6	Rør	1,0
E39	21325	Omlegging av Bjønnåsen masselager	3,0	Rør	2,0
E39	21600	-	0.9	Rør	1.2
E39	21700	-	0.3	Rør	0.8
E39	23150	-	1,0	Rør	1.2
E39	23650	-	0.3	Rør	0.8
E39	23800	-	2.9	Rør	1.8
E39	23910	-	0.8	Rør	1.2

4.2 Kulvert-/bruberegninger (spennvidde > 2,5 m)

Totalt 6 kulverter/bruer med spennvidde > 2,5 m ble dimensjonert iht. kap. 3.2. Beregnede geometrier for kulvertene/bruene er vist i Tabell 4-2. Dimensjonerende flomverdier er hentet fra hydrologiske rapport [1].

Tabell 4-2: Resultater for kulverter/bruer med spennvidde > 2,5 m.

Vassdragsnavn	Bekk fra Vatlandsvannet	Bekk ved Timbråsen	Indretjønn - bekk i vest	Melandsbekken	Sidebekk ved Frøitlandsfossen	Kleivsbekken
Veinavn	Dragedalen-vest	E39	E39	E39	Frøytlandsveien	Øyesletta
Profilnummer	670	11460	12000	22190	320	3900
Utforming	Hvelv/halvrør	Rektangulær	Rektangulær	Hvelv/halvrør	Rektangulær	Rektangulær
Bredde (m)	3,0	3,5	3,8	3,0	2,5	10,0
Høyde totalt (vegg/halvrør) (m)	3,1 (1,6/1,5)	2,8	2,0	5,0 (3,5/1,5)	4,2	3,8
Lengde (m)	45	61	60	135	16	17
Fall (%)	1,0	1,0	0,5	0,0	0,3	0,0
Bunn høyde innløp* (moh.)	151,38	142,50	127,50	153,9	93,23	-1,0
Bunn høyde utløp* (moh.)	151,28	141,89	127,30	153,9	93,18	-1,0
Dimensjonerende flomverdi (m ³ /s)	11,1	16,6	7,7	9,6	5,7	18,2
Vannhastighet utløp (m/s)	3	4	2	1	1	1
Vannstand (m.o.h.)	153,98	144,77	129	158,33	96,91	2,29
Frihøyde til UK bru (m)	0,50	0,53	0,50	0,57	0,52	0,51
Bunnsubstrat fisk	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja
Bunnsubstrat ål	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja	Ja
Hylle for småvilt	Ja	Nei	Nei	Ja	Ja	Ja

*Høyder for rektangulær utforming henviser til kulvertens dekke (hvor det fylles 0,5 m substrat oppå dekket), mens for kulverter med hvelvutforming er høydene bunn bekk/substrat.

4.3 Flomsonekartlegginger

Tabell 4-3 viser vassdrag hvor flomsonekartlegging ble foretatt. Flomsonene er innarbeidet i plankartet. For de fleste områdene er løsning for å planlegge nytt veianlegg flomsikkert å legge veibanen høyere enn flomsone og dimensjonere kulverter/bruer med tilstrekkelig kapasitet. Enkelte områder har andre utfordringer knyttet til flomsikring som er diskutert videre under.

Tabell 4-3: Oversikt over gjennomførte flomsonekartlegginger.

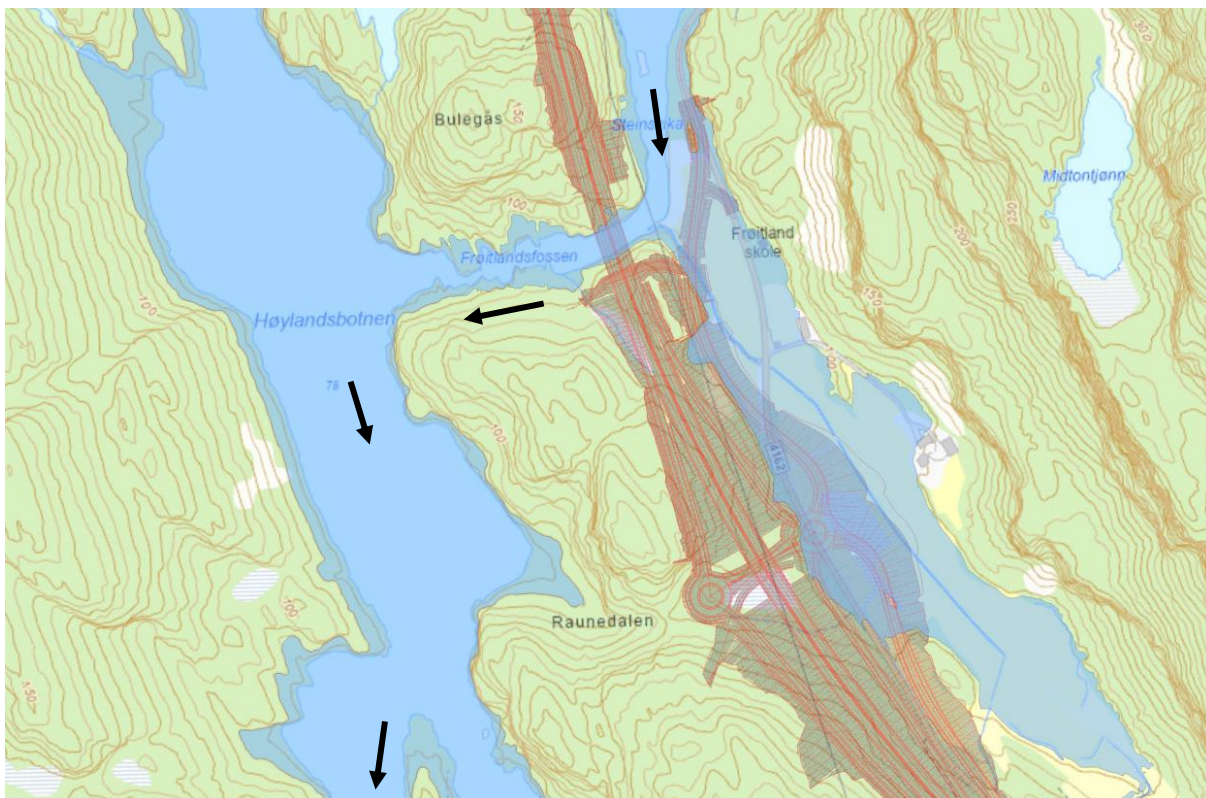
Veinavn	Profilnummer	Vassdragsnavn / stedsnavn
Dragedalen-vest	670	Bekk fra Vatlandsvannet
E39	10930	Avkomstjønna
E39	11180	Flordalen
E39	11460	Bekk ved Timbråsen
E39	11700-12200	Indretjønn og Ytretjønn
E39	13950	Bekk ved utløp tunnel sørside av Fedafjorden
E39	18000	Fedaelva, Frøitlandsfossen og Høylandsbotnen
E39	19000-20200	Dal med langsgående bekk
E39	22190	Melandsbekken
Øyesletta	3900	Kleivsbekken

4.3.1 Fedaelva og Frøitlandsfossen

Flomsonekartleggingen i Fedaelva ved Frøitlandsfossen og Høylandsbotnen er vist i Figur 4-1. Det er beregnet en vannstand i Fedaelva på ca. 97,5 moh. Planlagt brudekke ligger på ca. 113–115 moh., og det vil være god klaring mellom vannspeil og bru. Flomvannet vil oppstrøms Frøitlandsfossen renne sørover inn på jordbruksarealene og eksisterende veianlegg (fv. 4162) på Frøytland. Arealene virker i dag som en stor flomslette for Fedaelva.

Planlagt veianlegg vil ligge i flomsone til Fedaelva og høyden på veien er tilpasset beregnet flomvannstand (ca. 98,5 moh.) for Frøytland. Sammenkobling med eksisterende fv. 4162 og avkjøring til privat eiendom gjør at veien (nord for lokal bekk) må ligge lavere enn beregnet flomvannstand. Det betyr at deler av fv. 4162 vil oversvømmes for planlagt veianlegg, slik at flomvann fra Fedaelva kan renne inn mot arealene på Frøytland.

Utfordringene på Frøytland er videre omtalt i kap. 4.8.

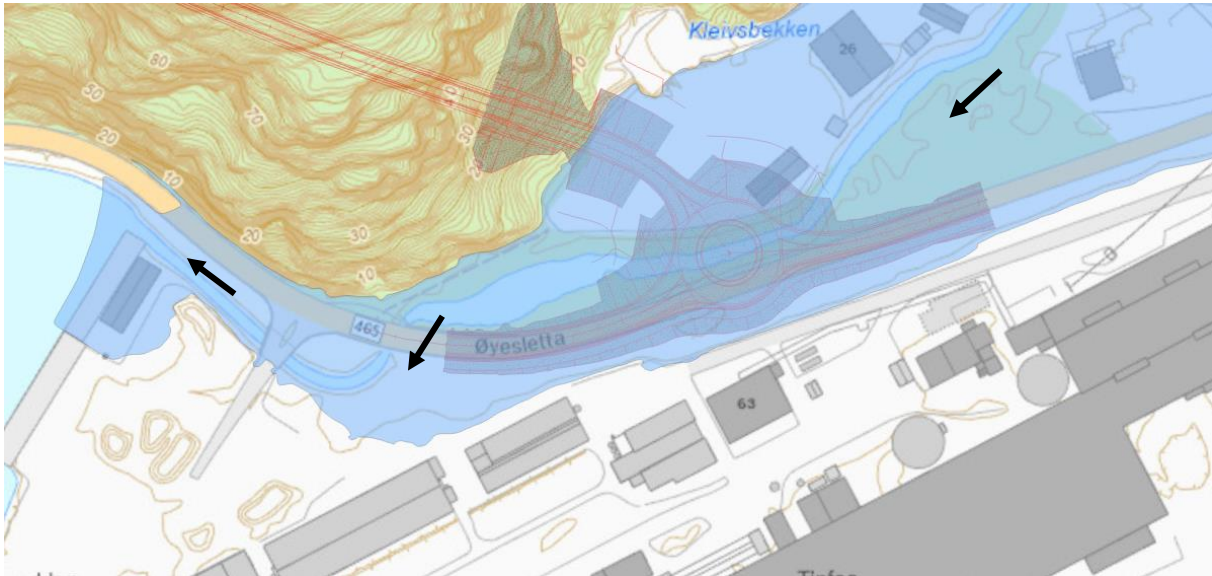


Figur 4-1: Utklipp av flomsonekart for Fedaelva, Frøitlandsfossen og Høylandsbotnen (i blått), med planlagt veianlegg (røde linjer), strømningsretning (svarte piler).

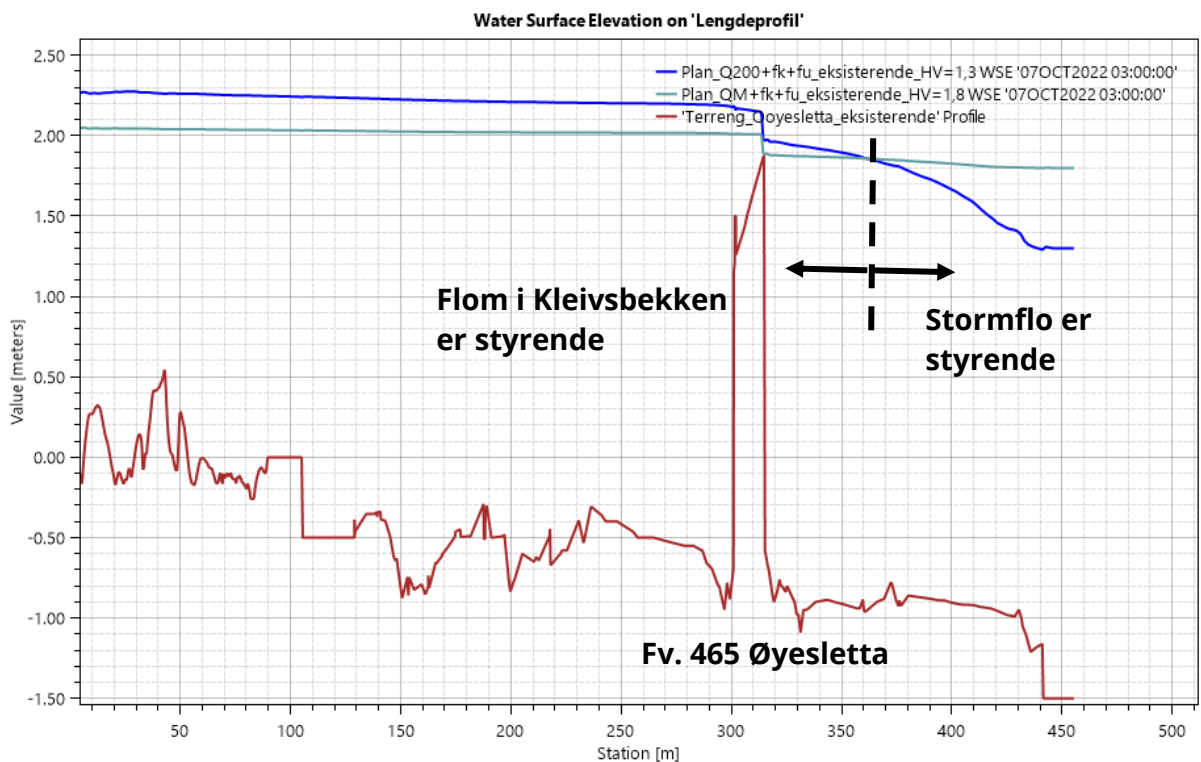
4.3.2 Kleivsbekken på Øyesletta

Flomsonekartleggingen i Kleivsbekken på Øye er vist i Figur 4-2. Det er beregnet at dagens vei fv. 465 Øyesletta vil oversvømmes som følge av begrenset kapasitet i kulvert/bru under veien og kanalen som leder bekken ut i Fedafjorden. Det medfører at flomvann stuver seg opp oppstrøms dagens vei (som virker som en terskel) og gir en økning i vandekt areal. Omtrent 80 m opp i kanalen fra fjorden vil det være 200-årsstormflo som er styrende for maksimal vannstand, mens videre oppstrøms vil det være 200-årsflom som er bestemmende for vannstanden og flomsonen, se Figur 4-3.

For nytt veianlegg vil begrensningene i dagens bekk/veianlegg være en forutsetning for dimensjonering av ny løsning og bru/kulvert. utfordringene på Øyesletta er videre omtalt i kap. 4.6.



Figur 4-2: Utklipp av flomsonekart for Kleivsbekken på Øyesletta (i blått), med planlagt veianlegg (røde linjer), strømningsretning (svarte piler).



Figur 4-3: Beregnede vannlinjer langs Kleivsbekken på Øyesletta for scenarioene: (1) dimensjonerende 200-årsflom og 1-årsstormflo (blå linje) og (2) 1-årsflom og 200-årsstormflo (lysegrønn linje).

4.4 Beregning av bekke- og grøftegeometri

Det er planlagt 9 strekninger for omlegging av bekker/grøfter i Kvinesdal kommune:

1. Bekk til Indretjønn vest (Figur 4-4).
2. Bekk til Indretjønn øst (Figur 4-4).
3. Bekk nord for tunnelutløp på Frøytland (Figur 4-5).
4. Bekk/vannvei sør for tunnelutløp på Frøytland (Figur 4-6).
5. Bekk til Høyland fra bekk nord Frøytland (Figur 4-7).
6. Bekk langs masselager/jordbruk på Frøytland *fram til kulvert under fv. 4162 Frøytlandsveien* (Figur 4-8).
7. Bekk langs masselager/jordbruk på Frøytland *fra kulvert under fv. 4162 Frøytlandsveien til Fedaelva/Frøytlandsfossen* (Figur 4-8).
8. Bekk i dal langs veifylling som må heves og flyttes (Figur 4-9).
9. Bekk ved Bjønnåsen masselager (Figur 4-10).

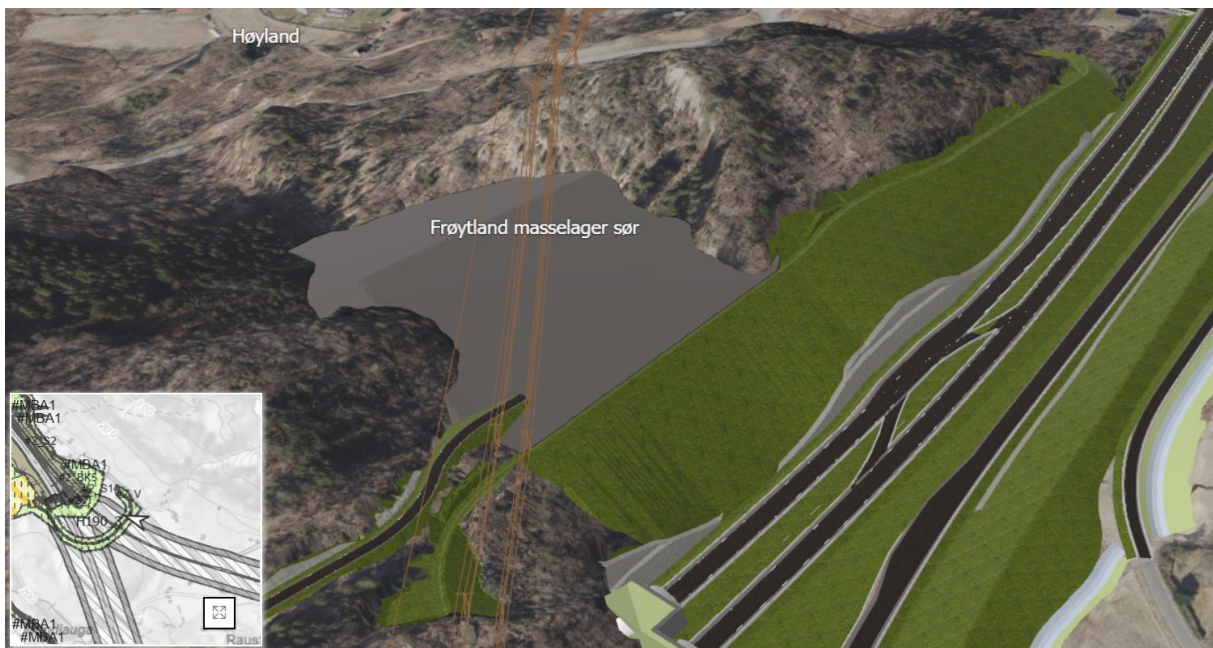
Beregningene av bekkenes geometrier er vist i Tabell 4-4.



Figur 4-4: Omlegging av bekker ved Indretjønn (øst og vest) ved veiprofil ca. 12000. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot nordvest.



Figur 4-5: Omlegging av bekk/grøft nord for tunnelutløp på Frøytland for strekning med veiprofil ca. 16650–17150. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot vest.



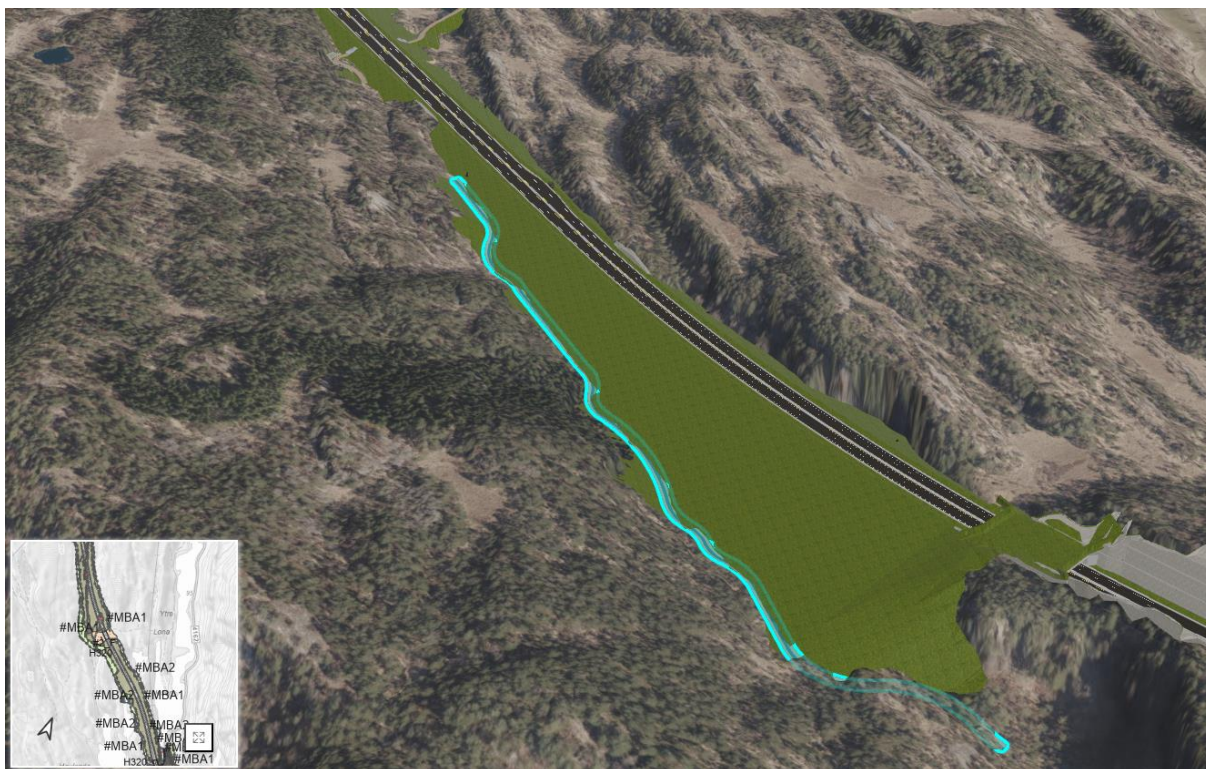
Figur 4-6: Omlegging av grøft sør for tunnelutløp på Frøytland for strekning med veiprofil ca. 16660–17150. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot nordvest.



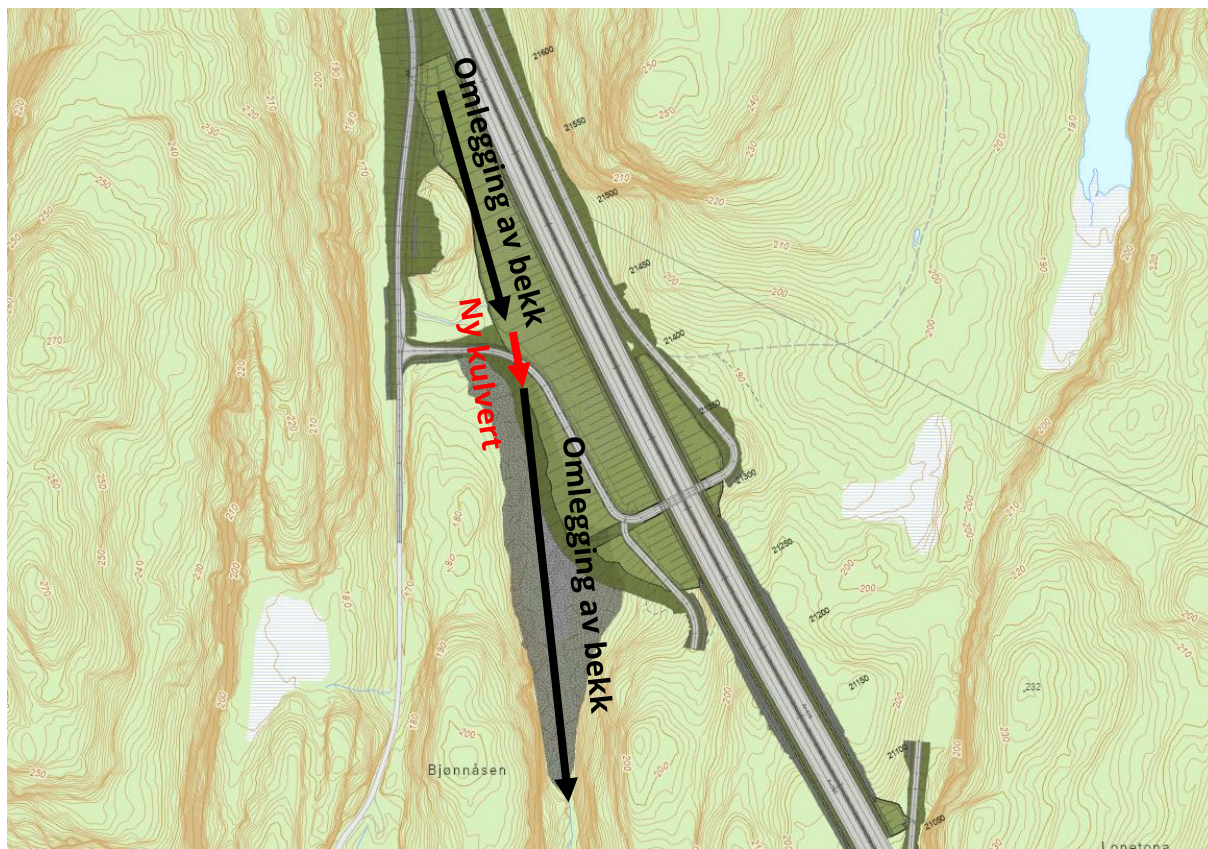
Figur 4-7: Omlegging av bekk til Høyland på Frøyland for strekning med veiprofil ca. 17150-12700. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot sørøst.



Figur 4-8: Omlegging av bekk langs masselager på Frøyland til Frøitlandsfossen for strekning med veiprofil ca. 17150-19750. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot vest.



Figur 4-9: Omlegging av bekk langs viltfylling for strekning med veiprofil ca. 19030-19720. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot nordøst.



Figur 4-10: Omlagging av bekk ved Bjønnåsen masselager med veiprofil ca. 21100-21600. Utklipp fra 2D-innsynsløsning med synsvinkel mot nord.

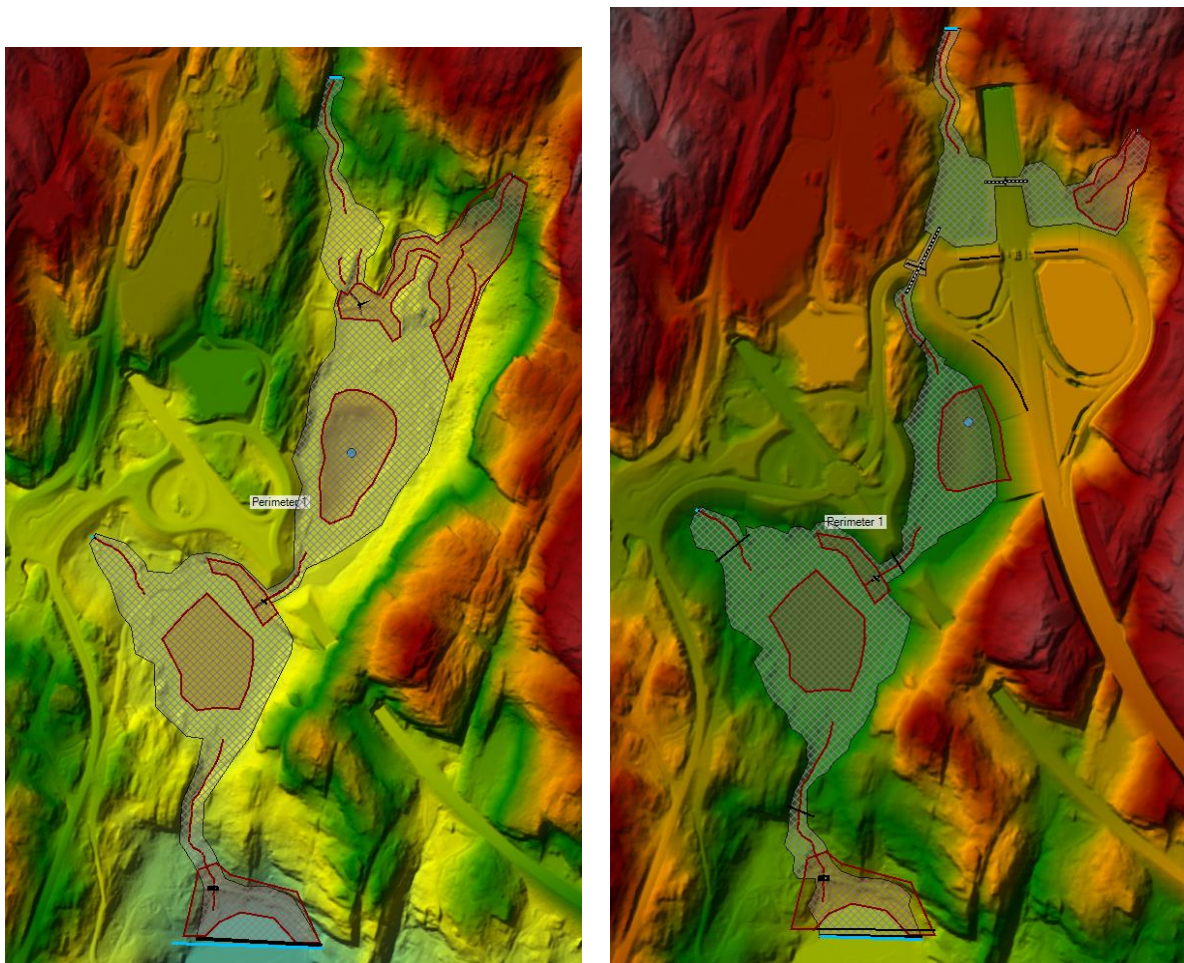
Tabell 4-4: Beregning av geometri for bekkeomlegginger og grøfter.

Vassdrag/stedsnavn		Indretjønn - bekk i vest	Indretjønn - bekk i øst	Bekk Frøitland nord	Grøft Frøitland sør	Bekk Frøitland til Høyland	Bekk Frøitland langs jordbruk (fram til kulvert)	Bekk Frøitland langs jordbruk (kulvert til Frøitlandsfos- sen)	Bekk langs viltfylling	Bekk ved Bjønnåsen masselager
Veinavn		E39	E39	E39	E39	E39	E39	E39	E39	E39
Profilnummer		12000	12000	16650-17150	16660-17150	17150-12700	17150-19750	17150-19750	19030-19720	21100-21600
Dimensjonerende flomverdi	m ³ /s	7,7	4,0	2,2	0,9	0,1	7,6	7,6	4,8	3,0
Mannings ruhets- koeffisient, n	s/m ^{1/3}	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04	0,04
Sidehelning (1:x)	-	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Bredde bunn	m	1,0	1,0	0,5	1,0	0,5	1,7	1,7	2,0	1,0
Vannstand	m	1,7	1,2	0,8	0,4	0,4	1,1	1,3	0,7	0,8
Høyde (inkl. 0,3 m sikkerhetsmargin)	m	2,0	1,5	1,1	0,7	0,7	1,4	1,6	1,0	1,1
Lengdefall	m/m	0,005	0,005	0,01	0,02	0,005	0,01	0,005	0,02	0,01
Lengde	m	410	560	560	530	75	775	35	690	450
Bredde topp	m	9,0	7,0	4,9	3,8	3,3	7,3	8,1	6,0	5,4
Vandekt areal	m ²	7,5	4,1	1,7	0,7	0,5	4,3	5,6	2,4	2,1
Hydraulisk radius	m	0,9	0,6	0,4	0,3	0,2	0,6	0,7	0,5	0,5
Beregnet kapasitet	m ³ /s	12,0	5,4	2,3	1,0	0,3	8,0	8,1	5,0	3,1
Vannhastighet	m/s	1,6	1,3	1,4	1,4	0,7	1,9	1,5	2,1	1,5

4.5 Indretjønn – utfylling av deler av Indretjønn

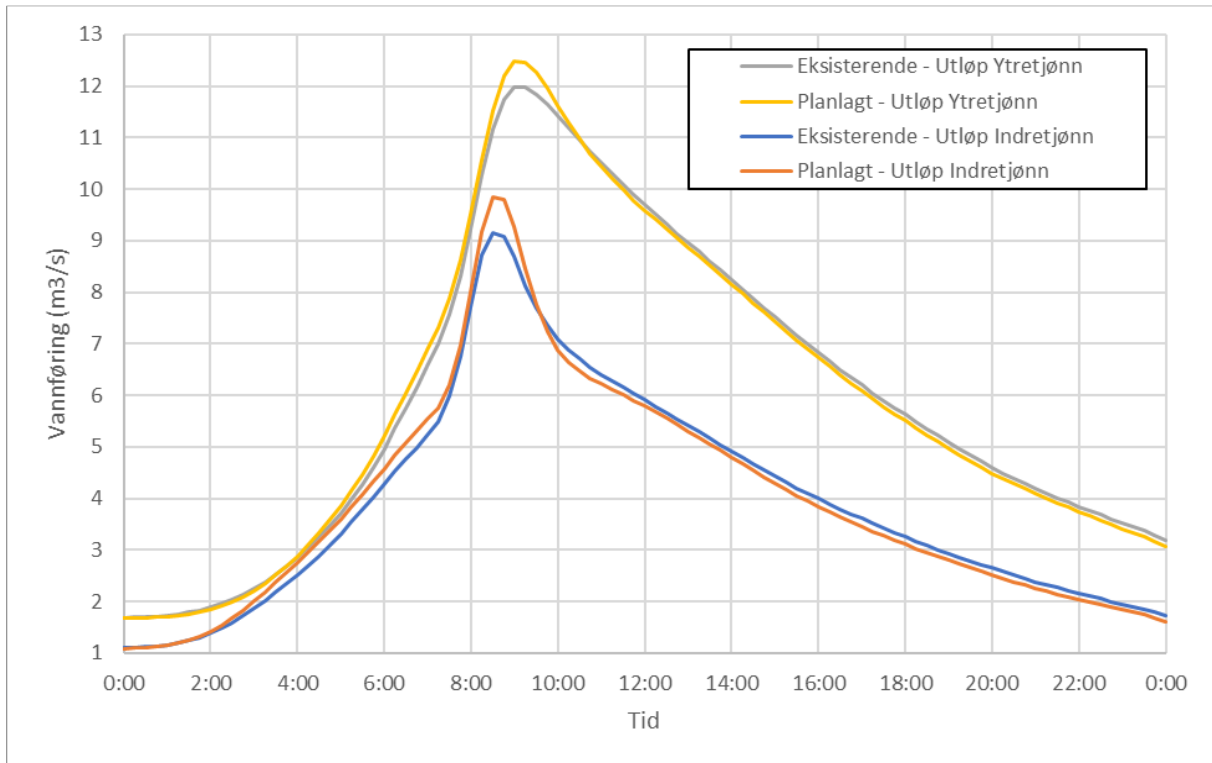
Det ble beregnet en hydraulisk modell for Indretjønn og Ytretjønn ned mot Oppoftsvann for eksisterende og planlagt situasjon for å vurdere konsekvenser av utfylling i deler av Indretjønn, da spesielt med tanke på redusert flomdempingsevne og økt flomfare nedstrøms innsjøene.

Beregnete hydrografer for bekk i øst og vest til Indretjønn og bekk til Ytretjønn fra hydrologisk rapport ble benyttet [1]. De hydrauliske modellene som ble beregnet i HEC-RAS er vist i Figur 4-11. Terrengmodell for planlagt situasjon benyttet en veimodell som var under arbeid, men selve utfyllingen i Indretjønn er representert, slik at den forventes å være gjeldende for endelig planlagte veianlegg og bekkeomlegginger. Det ble simulert en periode før flomforløpet med en vannføring tilsvarende vannføring i første tidssteg i flomforløpet for de tre bekkene/øvre grensebetingelsene. Formålet var å fylle opp innsjøene med vann før flomhendelsen, slik at flomvannet ikke ble kunstig dempet som følge av oppfylling av innsjøene.



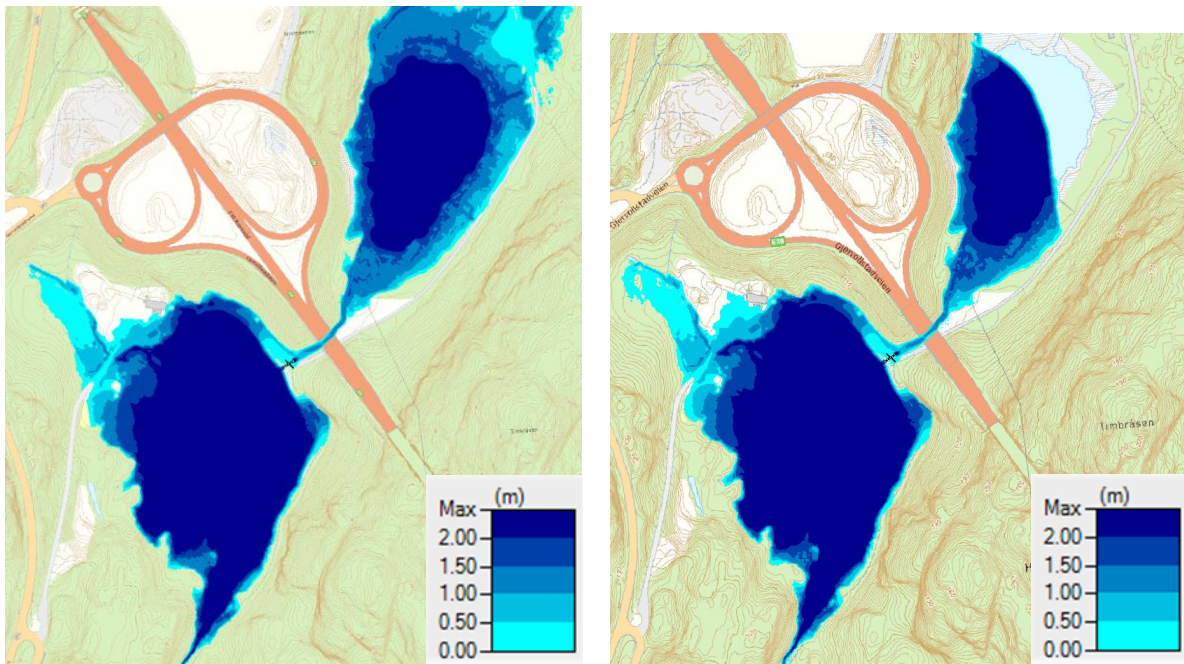
Figur 4-11: Modelloppsett for hydrauliske beregninger ved Indretjønn og Ytretjønn. Til venstre: eksisterende situasjon. Til høyre: planlagt situasjon.

Det er beregnet en økt avløpsflom fra Indretjønn (mot Ytretjønn) fra 9,1 til 9,8 m³/s, tilsvarende en økning på 0,7 m³/s eller 7,6 %. Avløpsflommen fra Ytretjønn ned mot Oppoftsvann er beregnet økt fra 12,0 til 12,5 m³/s, tilsvarende en økning på 0,5 m³/s eller 4,1 %.

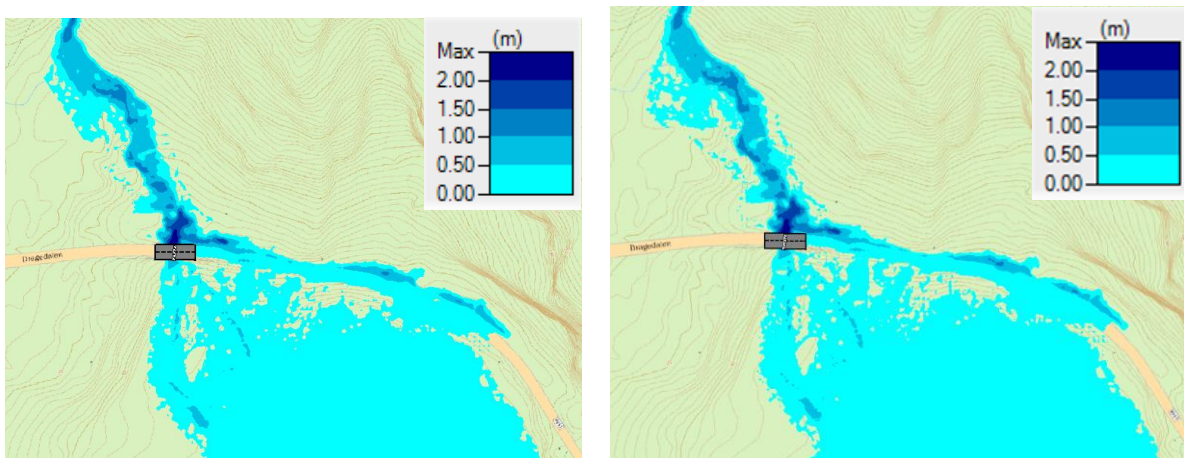


Figur 4-12: Beregnet avløpsflom fra Indretjønn til Ytretjønn (blå og oransje linjer) og fra Ytretjønn til Oppoftsvann (grå og gule linjer).

Det ble beregnet flomsener for eksisterende og planlagt situasjon, se Figur 4-13 og Figur 4-14. Det er ingen eller liten konsekvens for Ytretjønn, hvor deler av industriområde/betongfabrikk ligger utsatt i begge situasjoner. Det er beregnet oversvømmelse over bru under fv. 4091 Dragedalen for dimensjonerende flom for eksisterende situasjon. Det er minimale endringer for planlagt situasjon. Det planlegges ingen direkte avbøtende tiltak for den økte vannføringen, men som følge av at det etableres sammenkobling av fv. 4091 og eksisterende E39 vil det bli ny omkjøringsmuligheter som vil bedre fremkommeligheten langs veien



Figur 4-13: Flomsonekart for Indretjønn og Ytretjønn med vannstander i meter. Til venstre: eksisterende situasjon. Til høyre: planlagt situasjon.



Figur 4-14: Flomsonekart for utløp fra Ytretjønn ned mot Oppoftsvann med vannstander i meter. Til venstre: eksisterende situasjon. Til høyre: planlagt situasjon.

Det er ikke forventet at en økning i flomtopp for avløpsflom fra Ytretjønn vil ha merkbar effekt for Oppoftsvann, da innsjøen har et stort overflateareal og Indretjønn/Ytretjønn utgjør en liten del av nedbørfeltet til vannet. Det er ikke dermed ikke gjort noen videre vurderinger for Oppoftsvann.

4.6 Øyesletta – flomutfordringer

Planlagt veianlegg på Øyesletta ligger i et område som er utsatt for flom og stormflo (samt kombinasjon av de to naturfarene), se kap. 4.3.2. Området ligger i utløpet av Kleivsbekken før den renner ut i Fedafjorden. Eksisterende kulvert/bru under veien Øyesletta har en geometri/åpning som er for liten og medfører at vann renner over veien og flomvann stuves opp oppstrøms veien.

Oppstuvningen som følge av for lav kapasitet i eksisterende kulvert/bru under Øyesletta vil være en forutsetning for planlegging av ny kulvert/bru for nytt veianlegg på Øyesletta, og medføre en overdimensjonering av kulverten sammenlignet med en situasjon hvor det ikke var noen begrensninger nedstrøms.

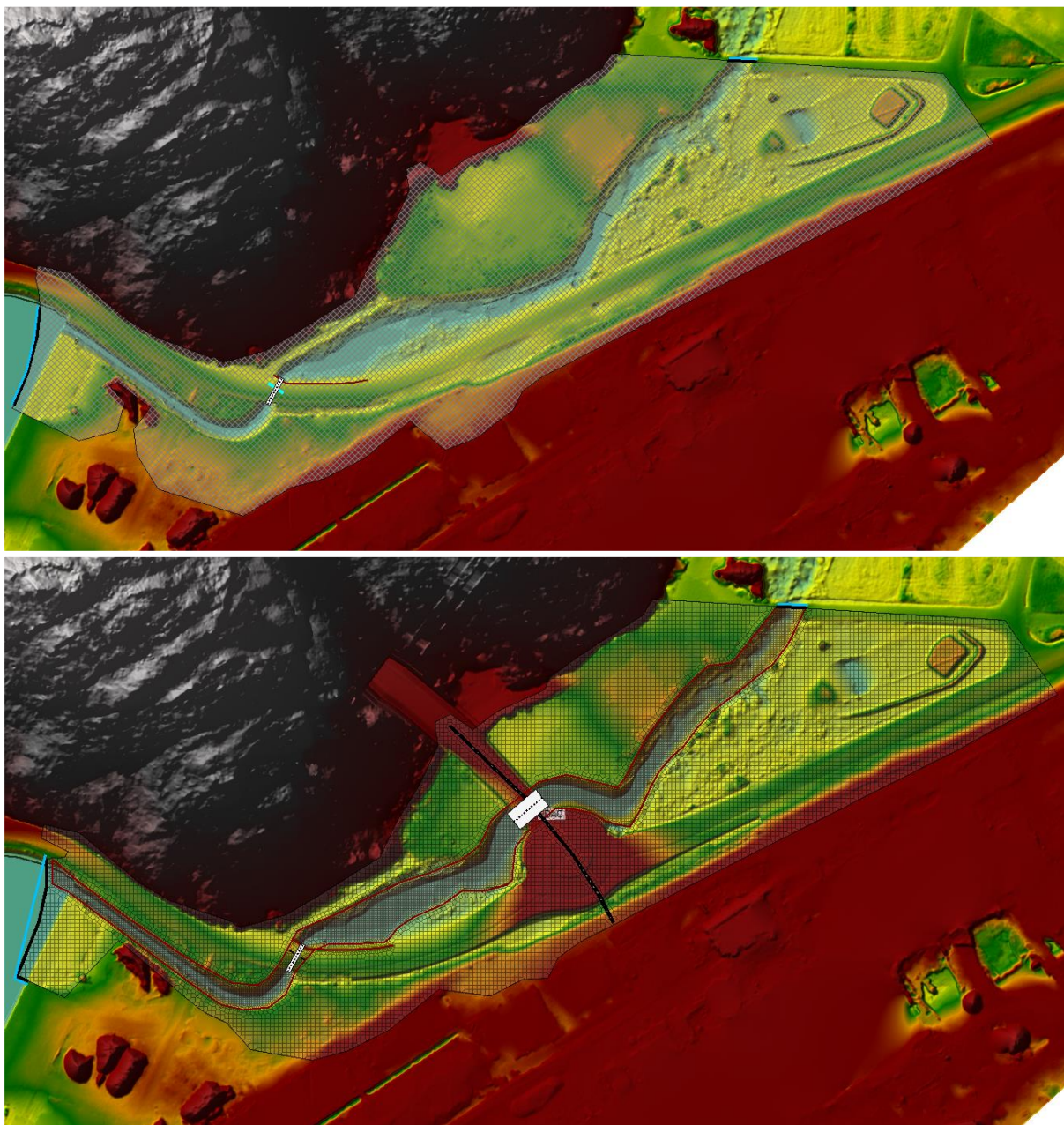
Det er planlagt at bekken legges om langs veianlegget og krysser i en 10 m bred kulvert/bru, se Figur 4-15. Omlegging av bekken og nødvendig geometri er basert på dagens bekkeløp, og er ikke beregnet særskilt slik som andre bekkeomlegginger (se kap. 4.4). Bekkebunnen er ca. 6 m bred og har sideskråninger med helning på 1:2. For strekningen er det målt minimale forskjeller i bekkedunn, og lengdefallet vil være i området 0–5 promille.



Figur 4-15: Omlegging av Kleivsbekken og ny kulvert/bru under vei fra tunnelutløp. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot nordøst.

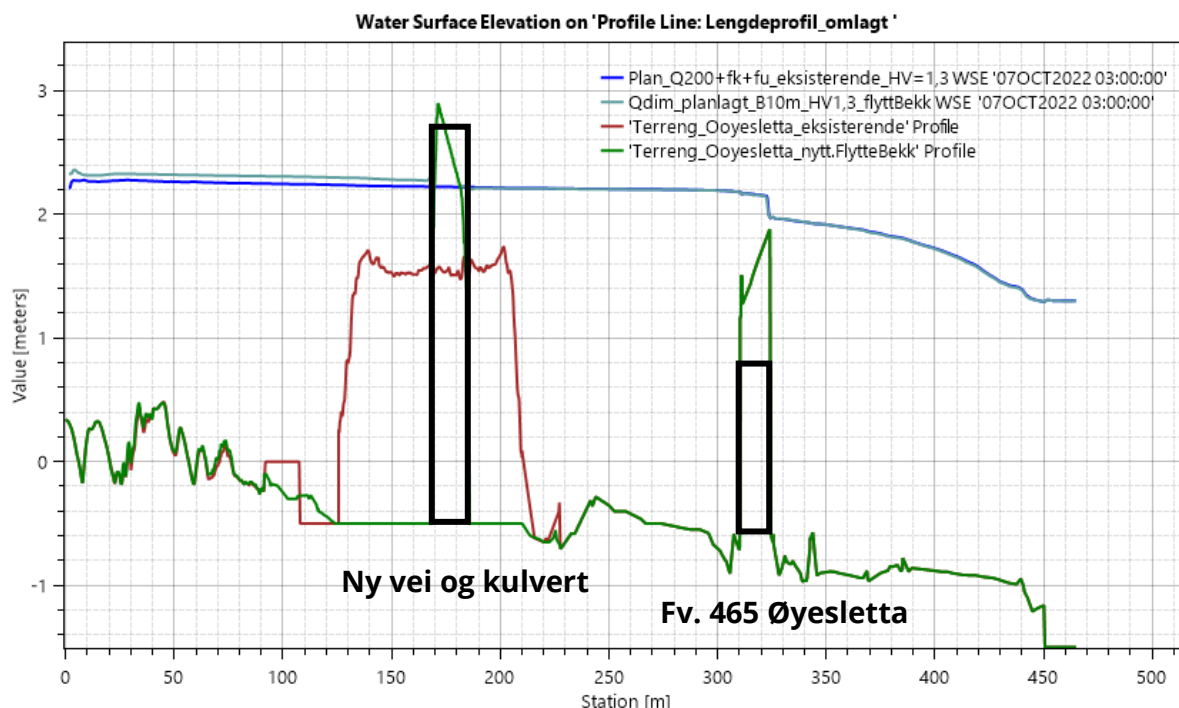
For å beregne flomsone og nødvendig geometri av ny kulvert/bru er det beregnet hydrauliske forhold i en HEC-RAS-modell. Terrengmodell og modellgeometri benyttet for eksisterende og planlagt situasjon er vist i Figur 4-16. Stormflonivåer i Fedafjorden er hentet fra Kartverkets tjeneste Se havnivå, se tidevannsnivåer i vedlegg i kap. 8.2.1.

Verdier for 1- og 200-årsstormflo med klimapåslag er henholdsvis 1,3 og 1,8 moh.
Flomverdier beregnet i hydrologisk rapport [1] og er for 1- og 200-årsflom med klima- og usikkerhetspåslag lik henholdsvis 8,1 og 18,2 m³/s.



Figur 4-16: Terreng og geometri benyttet i HEC-RAS-modellen for eksisterende (øverst) og planlagt situasjon (nederst).

Det er beregnet en økt vannstand oppstrøms nytt veianlegg på 5–6 cm. Se beregnede vannlinjer for eksisterende og planlagt situasjon i Figur 4-17.



Figur 4-17: Beregnet vannlinje i Kleivsbekken for eksisterende (blå linje) og planlagt situasjon (lysegrønn linje).

Det er gjort beregninger av ulike bredder for kulvert/bru under nytt veianlegg for Kleivsbekken for å vurdere økning i vannstand oppstrøms, se Tabell 4-5. Det er anbefalt å legge til grunn en kulvert/bru som er bredere enn elveløpet til Kleivsbekken for å redusere konsekvensene av økt vannstand oppstrøms. Det vurderes at en vannstandsøkning lavere enn 10 cm vil ligge innenfor usikkerhetene til beregningene, og følgelig er det anbefalt en bredde på 10 m for ny kulvert/bru under Kleivsbekken. Ved å øke bredden utover 10 m vil det være minimal effekt.

Tabell 4-5: Beregning av økt vannstand oppstrøms nytt veianlegg for ulike kulvert-/brubredder. Verdier rundet opp til nærmeste cm.

Bredde på kulvert/bru	Økt vannstand fra eksisterende situasjon
m	cm
6	14
8	10
10	5
12	4

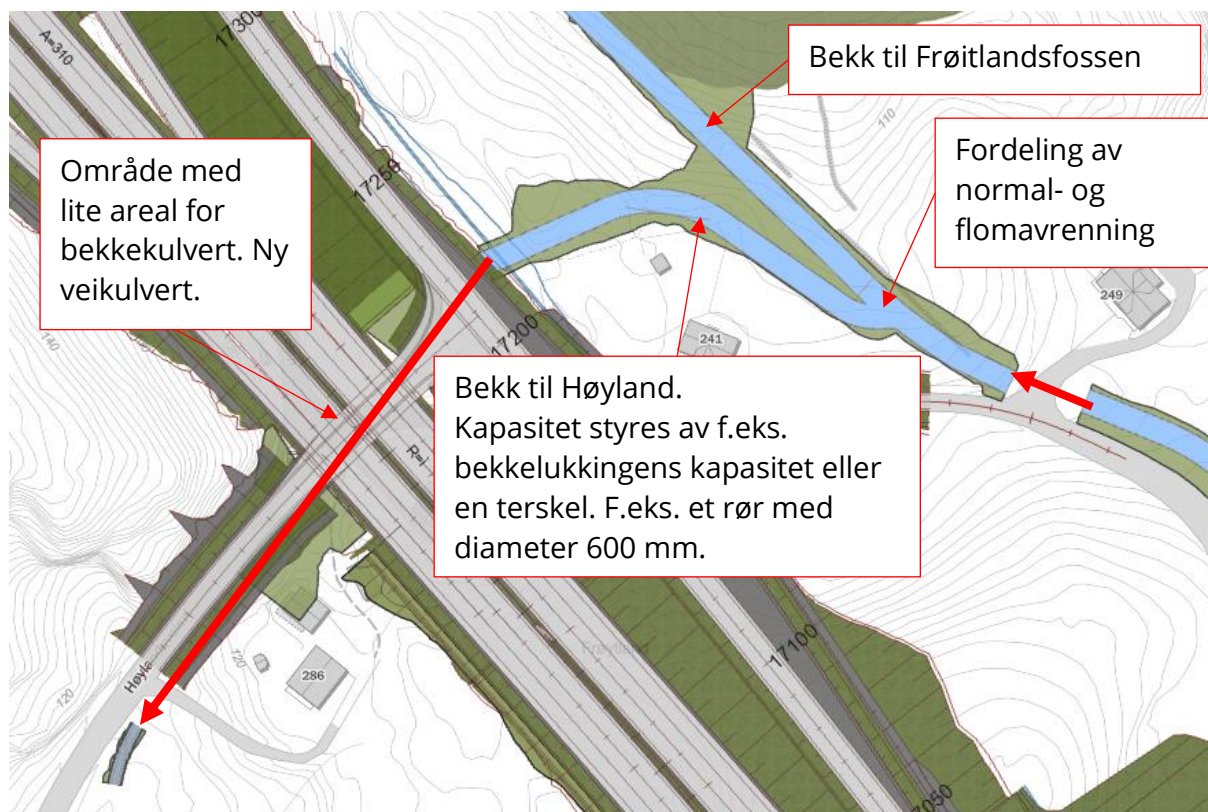
4.7 Frøytland – avledning av vannføringer over normalavrenning til annet vassdrag

Det vil etableres en bekk på nordsiden av veianlegget ved tunnelutløpet ved Frøytland, se Figur 4-5, for å hindre bekken å renne ned i byggegrop for veianlegget, som vil ligge lavere enn dagens terreng. Bekken vil gå rundt veianlegget og ledes til ny veikulvert. Videre må bekken lukkes under veianlegget til sørsiden av E39 for å ledes tilbake til eksisterende bekkeløp.

Langs jordbruket/masselageret på Frøytland vil det også etableres en ny bekk for å erstatte dagens bekk og sikre trygg vannhåndtering mellom nytt veianlegg og masselager/jordbruk, se Figur 4-8.

Bekkene har i dag ulike nedbørfelt og ledes til forskjellige resipienter (bekk i Høyland og Frøitlandsfossen), men har samløp i Fedaelva nedstrøms Høylandsbotnen og Høyland.

Det er lite areal/plass til bekkelukking og et større kulvertrør ved siden av veikulverten. For å redusere større inngrep med sprengning for å etablere bekkelukking med kapasitet til dimensjonerende flom, er det foreslått å etablere en bekkelukking som har kapasitet til normal-høy avrenning og lede flomvannet inn på bekken som går til Frøitlandsfossen, se Figur 4-18.



Figur 4-18: Bekk som deles for normalavrenning (til Høyland) og flomavrenning (til Frøitlandsfossen).

Verdi fra avrenningskart 1961–1990 fra NVE tilsier at bekken har en middelavrenning på ca. 13 l/s. Beregnet middelflom og dimensjonerende flomverdi er henholdsvis 0,6 og 3,7 m³/s. Det er store forskjeller mellom normal- og flomsituasjoner. For å oppnå en fordeling av vannføring mellom bekkene til Høyland og Frøitlandsfossen kan det benyttes en løsning med f.eks. et rør med begrenset kapasitet eller en terskel. Et rør med diameter 600 mm vil for eksempel ha en kapasitet i størrelsesorden 100–200 l/s, og vil kunne lede store deler av vannmengdene i bekken til Høyland, men ved flom vil en større del ledes mot Frøitlandsfossen.

Fordeler med avledningen av flomvann vil være mindre inngrep med bekkelukking, mindre inngrep ved utløpet av bekkelukkingen pga. mindre omfang med erosjonssikring, redusere flomtopp nedstrøms ved bebyggelse på Høyland og at normale avrenninger beholdes i bekken til Høyland.

Ulemper vil være endring av avrenningsforhold for bekk til Høyland, som blant annet vil medføre reduserte flomtoper som kan gi mindre naturlig variasjon i erosjonsprosesser og massetransport. Det kan også påvirke vegetasjonen at mindre arealer blir oversvømt ved flom. Det vil bli økt avrenning til Frøitlandsfossen, men siden Fedaelva har et mye større nedbørfelt, vil økt flomverdi (ca. 3,5 m³/s) være mye lavere enn hva som er dimensjonerende flom i Fedaelva ved Frøitlandsfossen (338 m³/s). Flomhendelsene vil heller ikke forekomme samtidig da feltene har veldig ulike hydrologisk respons. Det betyr at Frøitlandsfossen vil ha god kapasitet ved flom i sidebekken.

4.8 Frøytland – endring i flomvannstand oppstrøms Frøitlandsfossen som følge av nytt veianlegg

Nytt veianlegg på Frøytland må koble seg sammen med eksisterende Frøytlandsveien i nordøst. Som følge av store høydeforskjeller mellom eksisterende vei og planlagt veianlegg vil det være behov for å heve deler av Frøytlandsveien. Det medfører at ny vei vil delvis virke som en flomvoll som hindrer fri strømning inn mot Frøytland, se Figur 4-19.

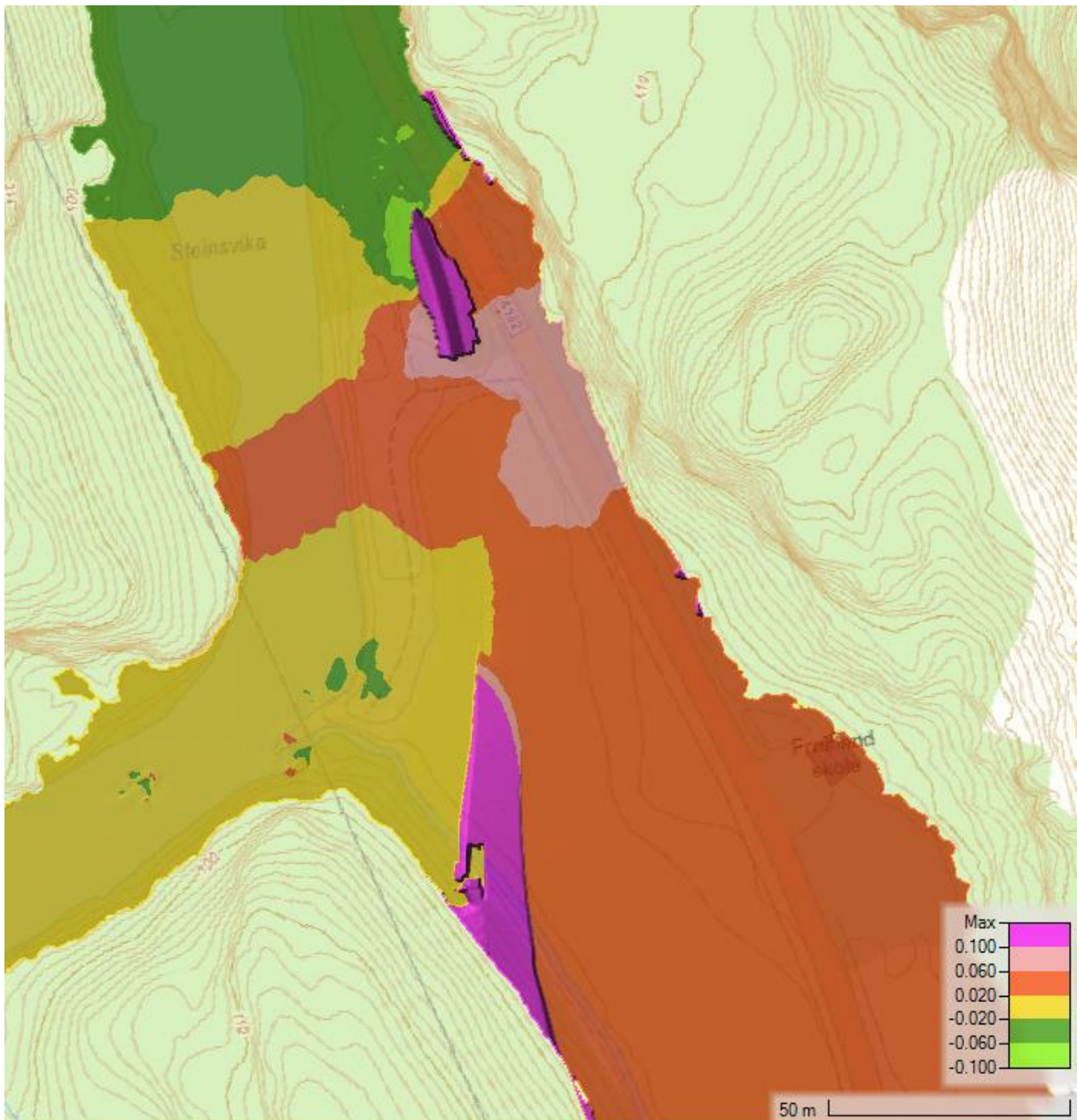


Figur 4-19: Frøytlandsveien heves for å henge sammen med nytt veianlegg. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot sør.

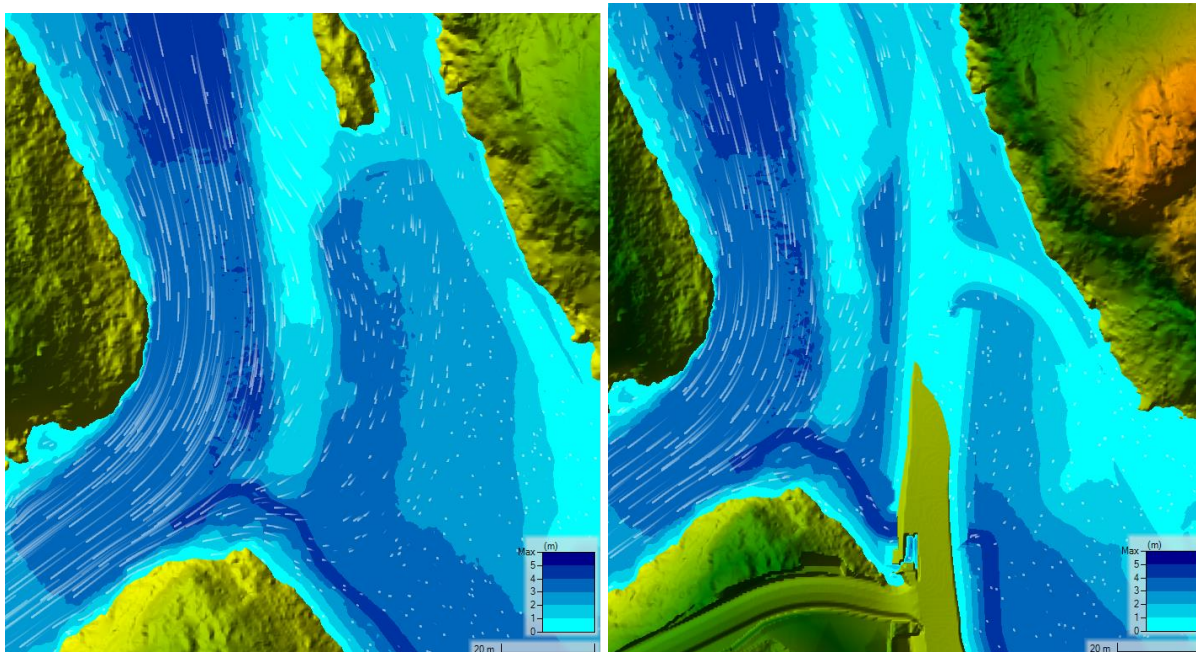
Det er gjort nye hydrauliske beregninger i HEC-RAS for å vurdere konsekvenser som følge av nytt veianlegg. Beregningene viser at vannstanden øker for planlagt situasjon sammenlignet med eksisterende situasjon, se Figur 4-20. På jordbruksarealene øker vannstanden 5 cm (fra 98,48 til 98,53 moh.). Rett ovenfor Frøytlandsfossen er vannstanden uendret. Oppstrøms i innsjøen Lonen vil vannstanden reduseres i underkant av 2 cm (fra 99,44 til 99,43 moh.).

Nytt veianlegg vil medføre en forverring for flomsituasjonen for jordbruksområdet på Frøytland er problemstillingen videre diskutert i kap. 4.9.

Det gjøres oppmerksom på at beregningene er statiske (konstant vannføring) og kan være noe konservative for et vassdrag hvor dempingseffekten er stor. Økt vannstand kan som følge av beregningsmetodikk være noe overdrevet beregnet.



Figur 4-20: Beregnet differanse i vannstand (i meter) mellom planlagt og eksisterende situasjon.

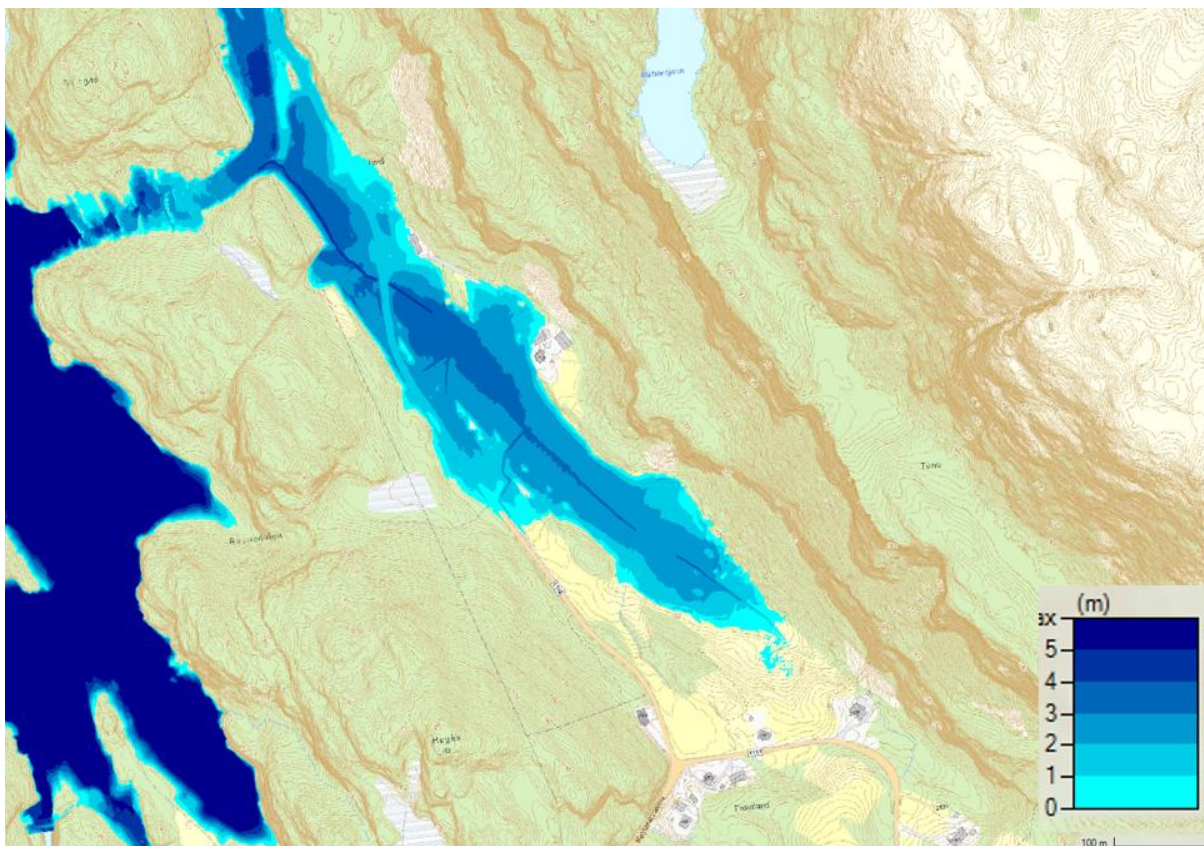


Figur 4-21: Beregnede vanddybder i elva (i meter) for dagens situasjon (til venstre) og planlagt situasjon (til høyre).

4.9 Frøytland – masselager på jordbruksareal ved Frøytlandsfossen

Området er utsatt for flom fra det tilstøtende vassdraget/Fedaelva. Ved beregning av flomsone fra Lonen til Høylandsbotnen for dagens situasjon for dimensjonerende flom, vises det at vannet vil renne inn på landbruksarealene sørover oppstrøms Frøytlandsfossen og fylle opp lavområdene helt opp mot bebyggelsen på Frøytland, se Figur 4-22. Årsaken til at vann renner sørover skyldes at flomverket, som er etablert oppstrøms Frøytlandsfossen, og veibanen til Frøytlandsveien ligger for lavt sammenlignet med beregnet vannstand.

Det er beregnet at vannspeilet ved flommen vil ligge på ca. 98,5 moh., som vil si at det er ca. 2–4 m vannstand på jordbruksarealene. Over dagens Frøytlandsvei, hvor den krysser jordbruksarealene ligger vannstanden ca. 1,6 m over veibanen.

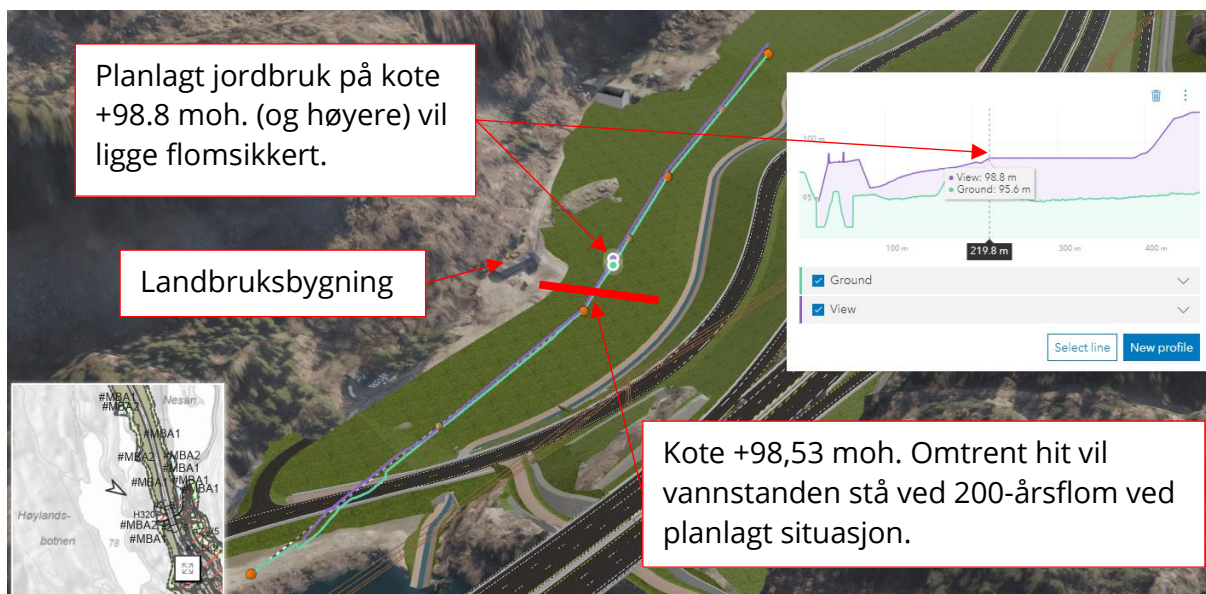


Figur 4-22: Beregnet flomsone og vannstand (i meter) for dagens situasjon ved dimensjonerende flom for jordbruksarealene sør for Frøitlandsfossen.

Det planlegges et massedeponi på jordbruksarealene sør for Frøitlandsfossen, se Figur 4-23. Massedeponiet vil blant annet bestå av tunnelmasser fra tunnelene fra Frøytland til Fedafjorden og Øyesletta. Matjord skal tilbakeføres på toppen av massedeponiet, slik at arealet kan benyttes til jordbruksareal etter oppfylling.

Planlagt massedeponi vil ligge med en stigning sørover, fra ca. +95,5 ved ny Frøytlandsvei til +98,8 ved landbruksbygning/eksisterende Frøytlandsvei. Terrenget vil ligge på +98,8 et stykke sørøst før det stiger igjen opp mot bebyggelsen på Frøytland, hvor maksimal høyde er ca. +109.

Som følge av at beregnede vannstanden ved 200-årsflom er ca. +99,53, så vil det kun være de nedre delene av jordbruket som fortsatt vil ligge under vann. Vannstanden vil dekke arealer opp mot landbruksbygningen ved Frøytlandsveien, se Figur 4-23.



Figur 4-23: Planlagt oppfylling av masselager/jordbruk på Frøytland og hvor langt flomvannet ved 200-årsflom vil strekke seg opp mot Frøytland. Utklipp fra 3D-innsynsløsning med synsvinkel mot sørøst.

Heving av terrenget på Frøytland vil gi redusert flomsone for Fedaelva. Det vil være ca. 80 % reduksjon av vanddekt areal (fra ca. 74 ha til 16 ha). Beregning er gjort uten masselageret, så det er ikke så enkelt å si hvor stor volumendringen blir.

Det reduserte volumet antas å bli noe mindre enn redusert flomareal som følge av at massene vil fylles med delvis porøse masser (sprengt stein og andre fyllmasser) som kan fylles med vann. De tilstøtende innsjøene Lonen og Høylandsbotnen har store arealer som gir Fedaelva betydelig flomdemping.

Dempningseffekten av flom som følge av at vann renner inn på jordbruksarealene på Frøytland antas å være av liten betydning for vassdraget totalt sett. Lokalt i vassdraget, ved Frøytlandsfossen, som vil bli påvirket av redusert flomsoneareal, forventes det ingen problemer knyttet til en potensiell økning i vannføring da elva har god kapasitet.

Det er ikke vurdert/beregnet flomsone og vannstander ved andre flomhendelser enn for dimensjonerende 200-årsflom.

5 Usikkerheter

Det er generelt knyttet en del usikkerheter til de hydrauliske beregningene. Programvaren HEC-RAS og HY-8 og formelverket Mannings formel innebefatter en rekke antakelser og forenklinger som i varierende grad representere virkeligheten.

Grunnlag- og inngangsdata i beregningene øker usikkerheten. Manningsverdier er valgt for store flater (AR5-data), som kan gjøre at vannstand i enkelte områder blir over-/underdimensjonert som følge av lite nøyaktighet i ruhetene. Høyder er stort sett hentet fra terrengmodeller fra Kartverket (kun enkelte områder hvor det er gjort nye innmålinger) og vil være en stor kilde til usikkerhet. Terrengmodellene fra Kartverket har generelt dårlig dekning av målepunkter og nøyaktighet i vassdrag som følge av vegetasjon og vannspeil. Usikkerheten knyttet til det hydrologiske inngangsdata er beskrevet i den hydrologiske rapporten [1].

Det er generelt benyttet konservative verdier og beregningsmetoder for å redusere usikkerhetene og sørge for at løsningene har tilstrekkelig kapasitet. Flomsonekartene for eksisterende situasjon er forventet å overestimere vanddekt areal spesielt som følge av unøyaktigheter i terrengmodell.

6 Oppsummering

Det er i denne fasen gjort innledende hydrauliske beregninger og vurderinger for E39 Lyngdal vest-Kvinesdal i Kvinesdal kommune for veistrekning med profilnummer 7300-24000. Det overordnede målet har vært god og sikker håndtering av overvann ved å følge krav og anbefalinger i gjeldende veinormaler og veiledere.

Totalt 19 kulverter ($D < 2,5$ m) og 6 bokskulverter definert som bruer ($D > 2,5$ m) er dimensjonert for 200-årsflom inkl. klima- og usikkerhetspåslag. Det er gjort beregninger for 9 grøfte- og bekkegeometrier, og kartlagt 10 flomsone (eksisterende situasjon) for bekkekryssninger dekket av aktsomhetsområder for flom.

I detaljprosjekteringen og anleggsfasen må det gjøres nærmere vurderinger av endelige løsninger. Vurderingene vil blant annet innebære:

- Vurdering av løsninger for erosjonssikring:
 - o Det er ikke beregnet nødvendig størrelse eller omfang på erosjonssikring for de ulike tiltakene, da behov og omfang vil avhenge av endelig løsning for tiltakene
 - o Generelt vil det være kulvertutløp i bratte veiskråninger som vil kreve sikring ned mot eksisterende bekke-/elveløp og flere store kulverter/bruer med høye vannhastigheter i utløp hvor det er aktuelt å benytte energidreperbasseng for å redusere konsekvensene videre nedstrøms i vassdragene
 - o For endelige tiltak må det vurderes behov og omfang for spesielt erosjonssikring rundt inn- og utløp av stikkrenner/kulverter/bruer og for omlagte bekker og nye grøfter
- I mange av vassdragene er det fiske- og ålevandring. Det må sørges for at nye løsninger ikke forringer kvaliteten av vassdrag for akvatiske organismer. Utvalgte kulverter/bruer må, i tillegg til vandring for fisk og ål, tilrettelegges for småviltpassasje. For nærmere beskrivelser av vassdragene henvises det til «Vurdering av tiltak i berørte vassdrag (vannotat)» [2].
- Beregning av dimensjoner for stikkrenner/kulverter/bru har vært gjort for hovedveiene og tydelig definerte vassdrag/vannveier. For mindre vannveier/små nedbørfelt kan det være noe avvik mellom/mangelfulle beregninger for endelig veianlegg. Det må gjøres kontroll av vannhåndtering for mindre vannveier/små nedbørfelt.

- Midlertidige tiltak i anleggsfase: Det kan være behov for krysninger og/eller tiltak i vassdrag som ikke har blitt belyst her som man ser er nødvendig for gjennomføringen av prosjektet. Tiltakenes omfang i areal og tid må vurderes opp mot risikoen for flom for å finne trygge og fornuftige løsninger i anleggsfasen.

Det henvises til SW veileder V240 for anbefaling av dimensjonerende gjentaksintervall for midlertidig anlegg i anleggsfasen [6].

7 Referanser og litteratur

- [1] Sweco Norge AS, «NV42E39LK-VAA-RAP-0003 Hydrologisk rapport Kvinesdal kommune,» 2023.
- [2] Sweco Norge AS, «NV42E39LK-YML-RAP-0012 Vurdering av tiltak i berørte vassdrag (vannotat),» 2023.
- [3] SWV, «Vegnormal N200 Vegbygging,» Statens vegvesen, 2021.
- [4] SWV, «Vegnormal N400 Bruprosjektering,» Statens vegvesen, 2022.
- [5] Direktoratet for byggkvalitet, «Byggteknisk forskrift (TEK17),» 2022. [Internett].
- [6] SWV, «Håndbok V240 Vannhåndtering,» Statens vegvesen, 2022.

8 Vedlegg

8.1 Bilder og tegninger

8.1.1 Kleivsbekken på Øye



Figur 8-1: Innløp av eksisterende kulvert/bru under fv. 465 Øyesletta.



Figur 8-2: Utløp av eksisterende kulvert/bru under fv. 465 Øyesletta.



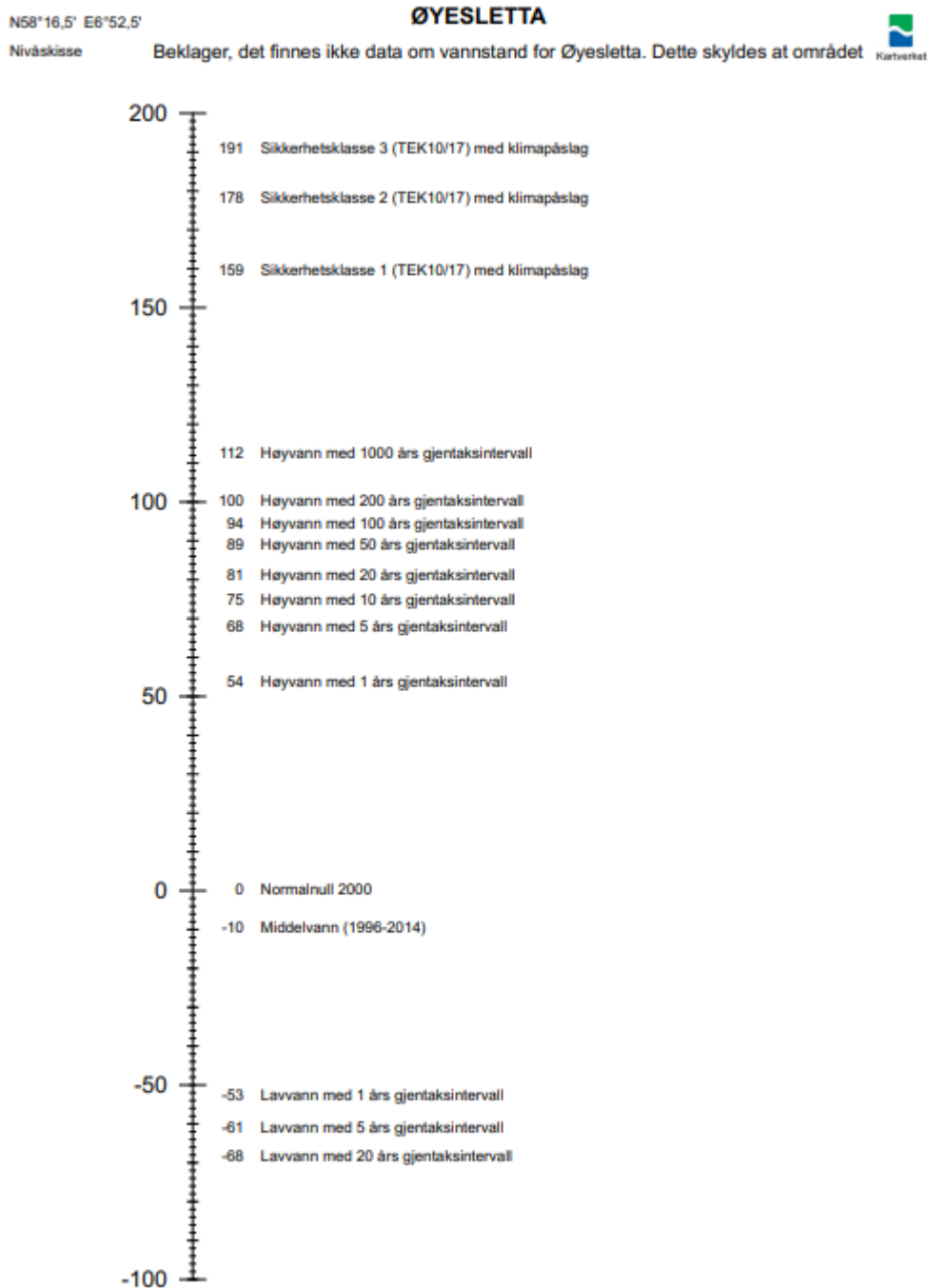
Figur 8-3: Kleivsbekken mellom kulvert/bru under fv. 465 og bru til kaianlegg. NB! Bilde er tatt med vidvinkel og fremstiller ikke formen/svingen på bekken godt.



Figur 8-4: Bru til kaianlegg over Kleivsbekken på Øyesletta. Sett fra oppstrøms side.

8.2 Tidevann

8.2.1 Øyesletta – Fedafjorden



Høyder er i cm over Normalnull 2000 som er nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000. Datagrunnlag sist endret: 17. august 2021. Lastet ned: 6. mars 2023.

1



Sikkerhetsklasser i TEK10/17 med klimapåslag

Direktoratet for samfunnssikkerhet og beredskap har i 2016 anbefalt at for planleggingsformål som faller inn under Sikkerhetsklasse 1, 2 og 3 i TEK10 (og TEK17), skal man bruke returnivå for stormflo med henholdsvis 20-, 200- og 1000-års returnivå og legge til et klimapåslag. Klimapåslaget er anbefalt å være tallene fra RCP8.5 fra rapporten fra FNs klimapanel (2013) for årene 2081-2100 og framskrivningenes 95-persentil.

Høy-/lavvann med gjentakintervall

Statistiske beregninger av hvor hyppig et ekstremt høy-/lavvann av en viss størrelse vil opptre. I gjennomsnitt når høy-/lavvannet dette nivået en gang i løpet av gjentakintervallet. Eksempel: et ekstremt høyvann med 50 års gjentakintervall vil i gjennomsnitt opptre en gang per 50 år. Gjentakintervall kalles også returperiode.

Normalnull 2000

Nullnivå i det norske offisielle høydesystemet NN2000

Middelvann (1996-2014)

Gjennomsnittlig høyde av sjøens overflate på et sted over en periode på 19 år. Middelvann beregnes som gjennomsnittet av vannstandsobservasjoner foretatt med faste tidsintervall - fortrinnsvis over en periode på 19 år. Dagens middelvann er beregnet over perioden 1996-2014.