

Hydrologirapport for ny Tromselvbru

Flomberegning. Vannlinjeberegning.
Isberegning. Vurdering av bru alternativ.



REV	DATO	KOMMENTAR	UTFØRT	KONTROLLERT
00	22.03.2022	Første utgave	Capucine Thomas-Lepine, Sindre Toftdahl	Emmanuel Jjunju

Prosjekt: E6 GRONG – TROMSELVA - HYDROLOGI
Prosjektnummer: 10228222
Kunde: Statens Vegvesen ved Harald Johnsen
Dato: 22.03.2022
Opprettet av: Capucine Thomas-Lepine, Sindre Toftdahl
Kontrollert av: Emmanuel Jjunju
Dokumentreferanse \\sweco.se\noloppdrag\trd\32513\10228222_e6
_grong_tromselva_hydrologi\000\06
dokumenter\03 rapporter og notater\hydrologi
e6 tromselva_oppdater.docx

Innholdsfortegnelse

1	Innledning	4
2	Flomberegning.....	4
3	Broalternativene	6
4	Vannlinjeberegning.....	6
5	Resultat	7
6	Erosjon	11
7	Isberegning.....	11
8	Konklusjon	12
9	Referanser.....	12
	Vedlegg 1: Kart, Bilder og eksisterende bru tegning	13
	Vedlegg 2: Kart - Alternativer til ny bru med modellert vannlinje ved ulike flommer	17
	Vedlegg 3: Tegninger – Alternativer til ny bru	19

1 Innledning

Swecos hydrologigruppe i Trondheim har fått oppdrag gjennom rammeavtale å bistå Statens Vegvesen (SVV) i tidlig prosjektfase for valg av bruløsning til å erstatte eksisterende E6-bru over Tromselva i Grong kommune. Sweco har ikke fått opplysning om tidligere flom eller is relatert problemer ved eksisterende bru. Følgende er vurdert i dette notatet, basert på gjeldende SVV håndbøkene:

- 200-årsflomverdi med klima og sikkerhet
- 200-årsflom vannstand med forskjellig bru alternativ
- Vannhastighet og erosjonssikring, overordnet vurdering
- Islast
- Middelflom og 10-årsflom vannføring og vannstand for miljøvurdering

I tillegg til hydrologisk rapport er det levert eget notat fra miljørådgiver (Sweco, 2022). Hydrolog har ikke vært på befaring, men har fått tilgang på kart og bilder som er vist i vedlegg 1. Kart og tegninger over alternativene vurdert i denne rapporten er vist i vedlegg 2 og 3.

2 Flomberegning

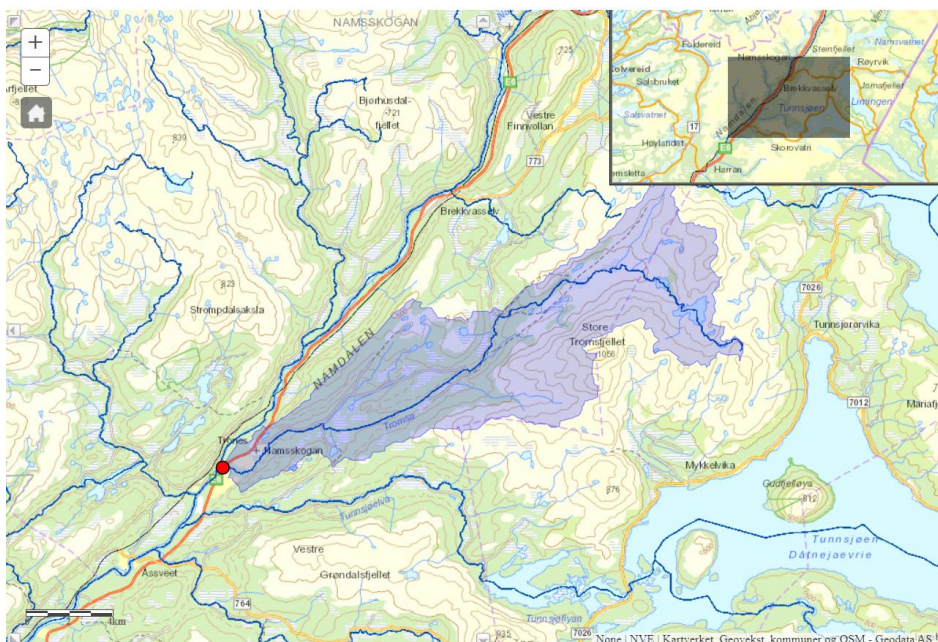
Nedbørsfeltet til Tromselva er 118 km² (se Figur 1). Flomverdien ble beregnet ved å skalere flomverdiene beregnet med FFA i 2013 og oppdatert i 2020 (Sweco, 2020) for det nærliggende vassdraget, Fjerdingselva. Beregningen vurderes konservativ fordi spesifikk avrenning for Fjerdingselva (59 l/s/km²) er høyere enn for Tromselva (40 l/s/km²). For å gjøre en kontroll av flomverdiene ble det gjort en flomfrekvensanalyse basert på målinger fra målestasjonene Embrethølen og Moen. De ulike nedbørsfeltene er presentert i Tabell 2. Siden verdien for avrenning i de ulike feltene er beregnet ved bruk av nedbøravløpsmodellering og interpolasjon, har denne en viss usikkerhet. Det er derfor beregnet og vurdert flomverdier med og uten skalering mot avrenning. Et snitt av de uskalerte verdiene fra Moen og Embrethølen samsvarte godt med skaleringen som er gjort mot Fjerdingselva, og den skalerte flomverdien fra Fjerdingselv ble derfor benyttet videre. Verdiene for de mindre flommene er tatt fra den siste flomfrekvensanalysen. Det var et ønske om å få dimensjonert flommer til bruk i miljøvurderingen. Flomverdiene er derfor oppgitt med og uten sikkerhetsfaktor (Tabell 3). Klima- og sikkerhetsfaktoren er hentet for Statens vegvesen sin håndbok for vannhåndtering (Statens vegvesen, 2020), og vist i Tabell 1.

Tabell 1. Klima- og sikkerhetsfaktorer benyttet i flomberegning.

	Benyttet verdi	Kommentar
Klimafaktor	1.3	Store felt i Trøndelag, fra (Statens vegvesen, 2020)
Sikkerhetsfaktor	1.1	Klasse V2 (ÅDT 1800), fra (Statens vegvesen, 2020)

Tabell 2. Felt benyttet i flomfrekvensanalysen.

Elv/Målestasjoner	Areal [km ²]	Spesifikk avrenning [l/s*km ²]	Sjøprosent [%]
Tromselva ved E6	118	40	0,12
Fjerdingselva	74	59	0,11
Moen	64	62	1,25
Embrethølen	493	41	3,24



Figur 1 Nedbørfelt Tromselva ved E6 kryssing.

Anleggsperiode

Byggeperiode må planlegges på årstid med laveste flomrisiko. Norsk Standard har angitt dimensjonerende returperiode på flommer for midlertidige konstruksjoner. Det må beregnes 5-årsflom for anleggsperiode kortere enn 3 måned. Er byggeperioden lengre enn 3 måneder og kortere enn 1 år må vi bruke 10-årsflom. Det forventes lengre byggetid enn 3 måneder for ny Tromselvbrua og 10-årsflom er derfor dimensjonerende. Beregnede flomverdier er oppgitt i Tabell 3.

Tabell 3. Beregnede flomverdier med og uten klima- og sikkerhetsfaktor.

Gjentaksintervall	Flomverdi (inkl. klima- og sikkerhetsfaktor)	Flomverdi (uten klima- og sikkerhetsfaktor)
Q ₂₀₀	200 m ³ /s	140 m ³ /s
Q ₁₀	148 m ³ /s	104 m ³ /s
Q ₅	136 m ³ /s	95 m ³ /s
Q ₂	113 m ³ /s	79 m ³ /s

3 Broalternativene

Sweco har beregnet vannstand med geometri som er vist i Tabell 4. Eksisterende bru er fjernet i alle scenarioer. Kart og tegninger av broalternativene er lagt ved i vedlegg 2 og 3.

Tabell 4 Alternative geometri for vannlinjeberegning

Alt.	Bru lengde	Fylling ut i elv oppstrøms	Pilar i elva	Ny bru ligger
0	40 m	Nei	Nei	Ny bru på samme sted som dagens bru
1a	40 m	Ja	Nei	Oppstrøms
1b	55 m	Ja	Nei	Oppstrøms
2a	38 m	Nei	Nei	Nedstrøms
2b	40 m	Nei	Nei	Nedstrøms

4 Vannlinjeberegning

Beregningsmetodikk

Den mest nøyaktige HEC-RAS 5.0.7. todimensjonale beregningsmetodikken kalt «full momentum» er brukt.

Inngangsdata: Geometri

Modellen starter ca. 2 km oppstrøms brua ved et elvestryk (overkritiske strømning). Området over øvre grensebetingelse påvirker ikke vannstand ovenfor brua. Det ligger en 10 m høy foss nedover brua, som gjør at nedstrøms forhold i Tromselva / ved samløpet med Namsen ikke påvirker hydraulikken ved brua. Det er profil på toppen av fossen som er bestemmende for vannstand ved brua.

Topografien i modellen er basert på laserdata som ikke viser elvebunn, men vannflate. Vannstand er bestemt av den naturlige terskelen på oversiden av fossen. Det er derfor vurdert akseptabelt å ikke ha informasjonen om elvedybde oppstrøms fossen. Det anbefales å kontrollere selv terskelhøyde på topp av fossen og elvebunn ved E6/brua for å verifisere beregnede vannstander.

Høyde i terreng i laserdata oppstrøms brua, som tilsvarer en nokså «normal» vannstand er lik 123,0 moh. i NN2000. Det er flere laserdatasett tilgjengelig på hoydedata.no (Nord-Trøndelag del2 2010, målt 01.01.10 og NDH Namsskogan 2pkt 2018, målt 28.07.2018) og de har samme vannhøyde, så det er lite sannsynlig at vannstand var særlig høy disse dagene.

Modellen er ikke kalibrert, da det ikke foreligger observasjon om vannlinje ved en kjent høy vannføring.

Beregningsmetodikken er vurdert akseptabel for formålet, som er å få en konservativ flomvannstand for å ikke låse veglinje for lav mht. elva, og vurdere effekt av forskjellige bru alternativene mot hverandre.

Forutsetning for beregning er oppsummert slik:

- Elvebunn (fjell nivå rett oppstrøms fossen) er lik 123,0 moh.
- Eksisterende bru med pilar er fjernet og ikke med i modellen
- Bredden på elven (lysåpning) ved eksisterende bru er 33 m.
- Ny bru er uten pilar. Brudekke er ikke tatt med i modellen fordi den er forutsatt over vannstand.

Inngangsdata: Vannføring

Vannføring beregnet i tidligere kapittel er lagt inn i modellen som øvre grensebetingelse.

5 Resultat

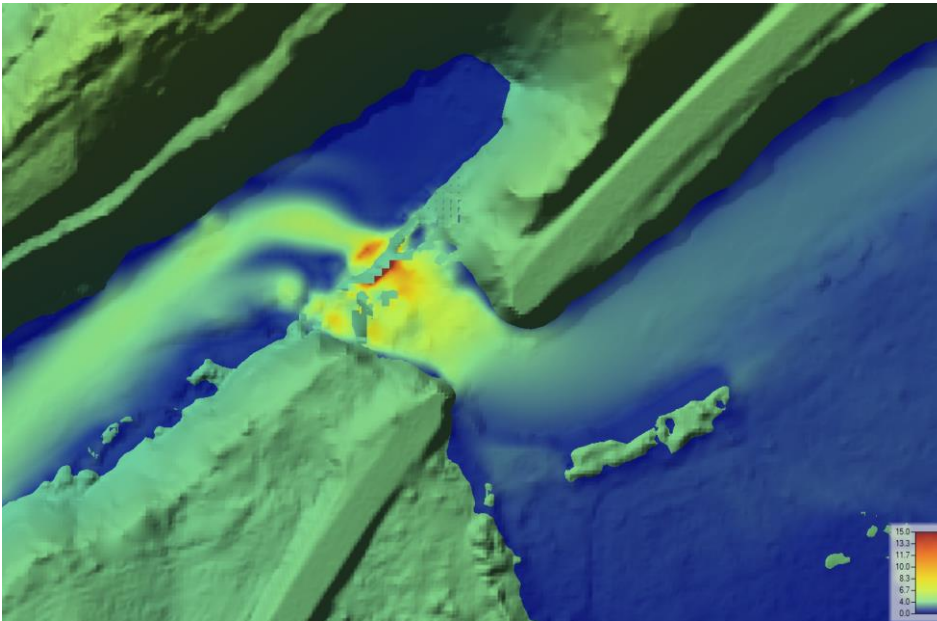
Beregnete vannstander og minstekrav for høyde på underkant bru for de ulike alternativene ved 200-års flom er beregnet i Tabell 5. Flomverdien med klima- og sikkerhetsfaktor er benyttet. Modellen der fyllingen på sørsiden ble fjernet var kun en test for å sjekke effekten av dette, og dette resultatet ble ikke brukt videre. Alternativ 2a og 2b har lavere vannstand enn 0 fordi elveløpet ligger lavere her. Alternativ 1a og 1b har samme vannstand som 0 fordi det elveløpet er flatt mellom disse alternativene, og den nye fyllingen oppstrøms påvirket ikke vannstanden.

Tabell 5 Beregnede vannstander ved Q_{200} inkl. klima- og sikkerhetsfaktor ved ny Tromselvbrua

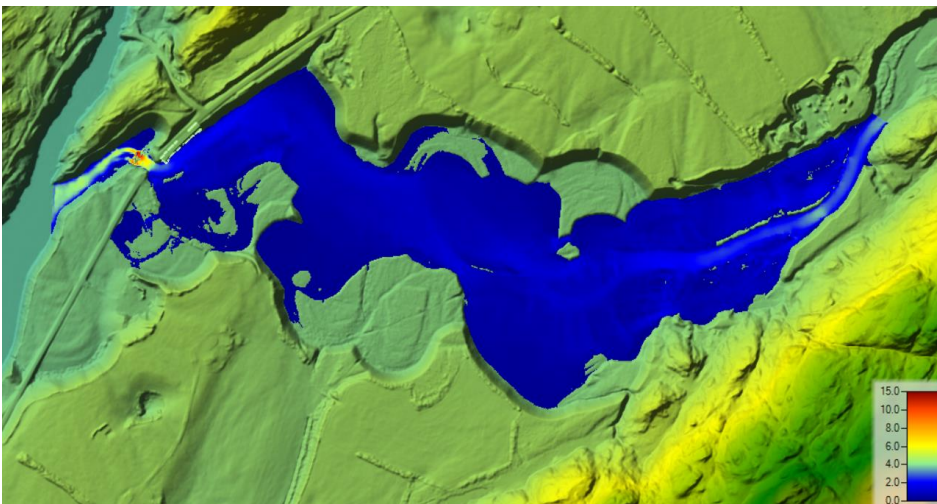
Broalternativ	Situasjon	Vannstand under ny bru ved Q_{200}	Min. krav UK
0	Ingen endringer fra dagens terreng	126,3 moh.	126,8 moh.
0	Test av effekten av å ta ned fyllingen på sørsiden	125,7 moh.	126,2 moh.
1a og 1b	Fylling inn mot elveløpet oppstrøms på nordsiden	126,3 moh.	126,8 moh.
2a og 2b	Nye landkar på nedstrøms side, men disse ligger på utsiden av eksisterende landkar	125,3 moh.	125,8 moh.

Beregningen for alternativ 2a her er gjort når lengden på brua var satt til 40 meter. Denne lengden ble i ettertid kortet inn til 38 meter, men ny bru skal fortsatt ikke gå inn i eksisterende elveløp, så det antas at denne justeringen ikke påvirker resultatet.

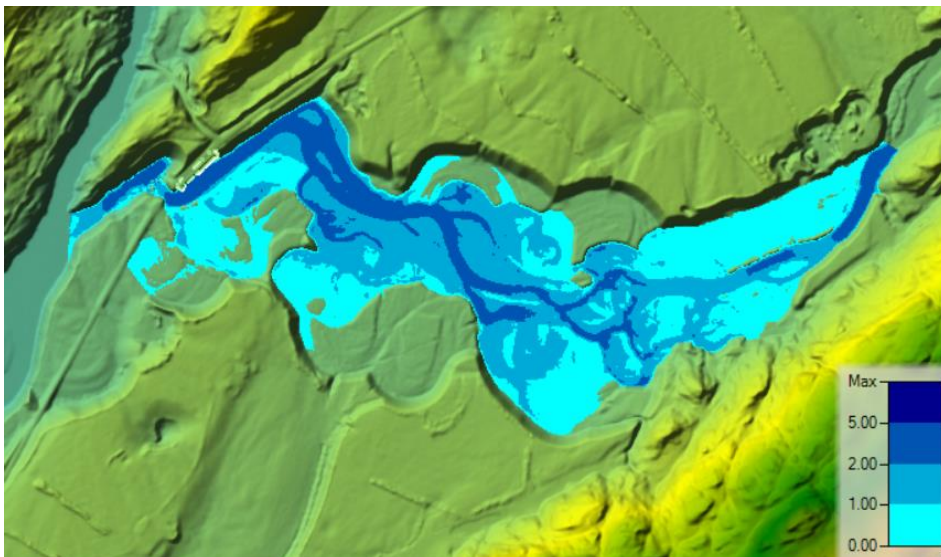
Vannhastighetene ved en 200-års flom er rundt 2-3 m/s oppstrøms, 4 m/s under og 6 nedstrøms dagens bru (Figur 2).



Figur 2. Vannhastigheter ved 200-årsflom i elveløp ved fjerning av dagens bru.



Figur 3. Vannhastighet på hele den simulerte strekningen ved 200-årsflom i Tromselva.



Figur 4. Vanndybde ved 200-årsflom i Tromselva

Hvis man går for et alternativ nedstrøms dagens bru (2a og 2b), vil det være naturlig å runde av fyllingen på nordsiden av dagens bru. Det ble derfor kjørt en modell der denne ble noe grovt rundet av. Effekten av dette viste seg å være relativt liten, med marginalt lavere vannhastighet i innersving. Men fyllingen vil bli slakere og sammen med redusert vannhastighet vil dette være gunstig med tanke på erosjon.

For å ta høyde for ulike varigheter på byggeperioden, er det dimensjonert 2, 5 og 10-års flommer. Disse er vist i Tabell 6, og er høyden under det respektive broalternativet.

Tabell 6. Beregnede vannstander ved ulike flommer under de forskjellige broalternativene (inkl. klima- og sikkerhetsfaktor).

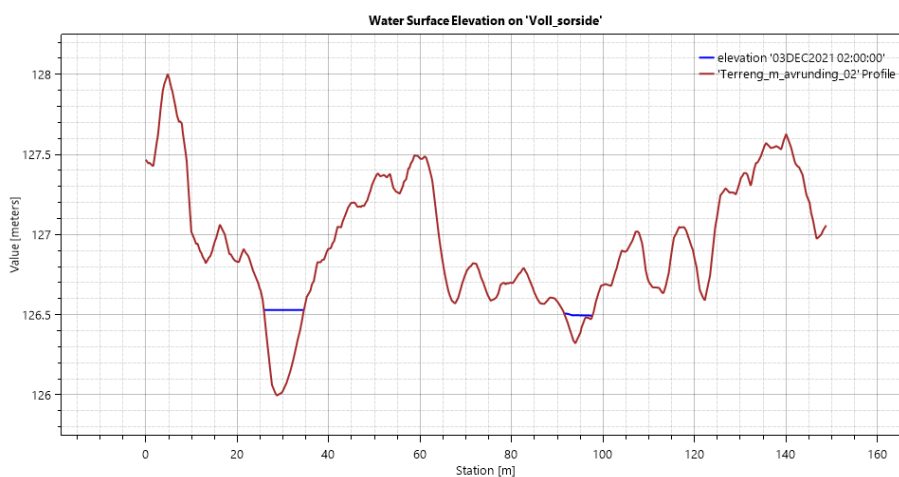
Broalternativ	Q ₂	Q ₅	Q ₁₀
0	125,5 moh.	125,7 moh.	125,9 moh.
1a og 1b	125,5 moh.	125,8 moh.	125,9 moh.
2a og 2b	124,5 moh.	124,7 moh.	124,8 moh.

Vann mot veifylling

På sørsiden av brua vil det ved en 200-års flom kunne legge seg vann inn mot veifyllingen (Figur 5). Hvis man vil sikre seg mot dette kan det være nødvendig å utvide vollen mellom de to jordene. Profilet i Figur 6 er ganske ujevn og dette kan komme av unøyaktigheter i terrengmodellen. En løsning vil være å kontrollere høydene langs vollen og eventuelt fyller på med masser for å forsikre seg om at vollen er høyere enn vannlinjen, som ligger på ca. 126,6 moh., på hele strekningen. Dette vil ikke påvirke vannlinjen under brua.



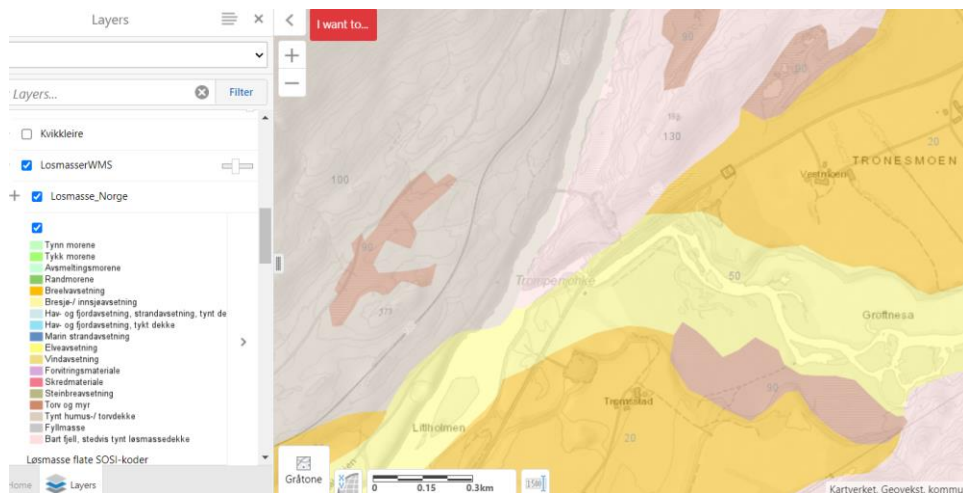
Figur 5. Oversvømt område sør for brua ved 200-års flom. Rød linje er profil vist i Figur 6 (målt fra venstre til høyre).



Figur 6. Profil med terreng og vannlinje (200-års flom) for profilen vist i Figur 5 (målt fra venstre til høyre).

6 Erosjon

Løsmassekart (REF FIG) viser breavsetning i området og bart fjell som skaper de 2 siste 90 grader sving. Erosjon må dimensjoneres med NVE veileder basert på beregnede vannhastighet. Det er ikke gjort i denne rapporten. Det må også ta hensyn til is ved dimensjonering av erosjonssikring. Terrenget nedstrøms dagens bru er en del brattere enn terrenget oppstrøms. Dette gjør at erosjonssikringen ved et alternativ nedstrøms vil bli noe større.



7 Isberegning

Alle broalternativene er dimensjonert uten pilarer i elva. Dette er svært gunstig med tanke på fare for opphopning av is. Hvis man går bort fra det vil det bli nødvendig å beregne islast på disse.

Det er flat partiet oppstrøms bru. Det er tenkt at det primært er statisk last fra isdekke som vil belaste bru. Eventuelt isflak vil ikke ankomme med så høy hastighet fordi det er flat i elva. 300 m oppstrøms brua er det en 90 graders sving, og det forventes at det ikke kommer isbelastning forbi denne svingen.

Broalternativ 0, 2a og 2b har landkar som ligger utenfor vannlinjen til 200-års flommen. Det er derfor ikke nødvendig å beregne iskrefter for disse alternativene. Men det må merkes at det er ønskelig at elveløpet ikke innsnevres mer enn dagens løp. Da dette vil øke sannsynligheten for opphopning av is.

Det er noe usikkerhet knyttet til utformingen av landkarene på alternativ 1 a og b. Islast er derfor beregnet for disse med metodikken fra N400 (Statens vegvesen, 2022). Dimensjonerende istykkelse er beregnet til 1.2 meter. Fra veileder kan dynamisk last fra drivende is beregnes. På grunn av svingen oppstrøms er det lite trolig at is vil komme drivende som et stort flak. Det er derimot usikkerhet rundt hvilke temperaturer man kan forvente at isen bryter opp og drifter ved. Derfor benyttes høyeste verdi for isens knusestyrke; 1 500 kPa. Dette gir en knusekraft på en konstruksjon avhengig av bredde som vist i Tabell 7. På grunn av usikkerhet i bredden på området som vil påvirkes på grunn av noe usikkerhet i utforming av fyllinger. Det er også gjort beregninger med lavere knusestyrke, hvis man finner det fornuftig å benytte dette.

Oppstuing av is for åpninger større enn 30 m (dagens åpning er 33 m) vil flater over normalvannstand beregnes med et trykk på 10 kPa. Last fra termisk ekspansjon er ikke beregnet siden landkarene ligger betydelig høyere enn normalvannstand.

Tabell 7. Beregnede islast fra drivende is ved ulike knusekrefter på is og bredder på konstruksjonen som blir truffet av is.

Bredde	1m	2m	4m
Knusekraft is: 1500 kPa	4 500 kN	6 850 kN	10 900 kN
Knusekraft is: 700 kPa	2 100 kN	3 200 kN	5 100 kN

8 Konklusjon

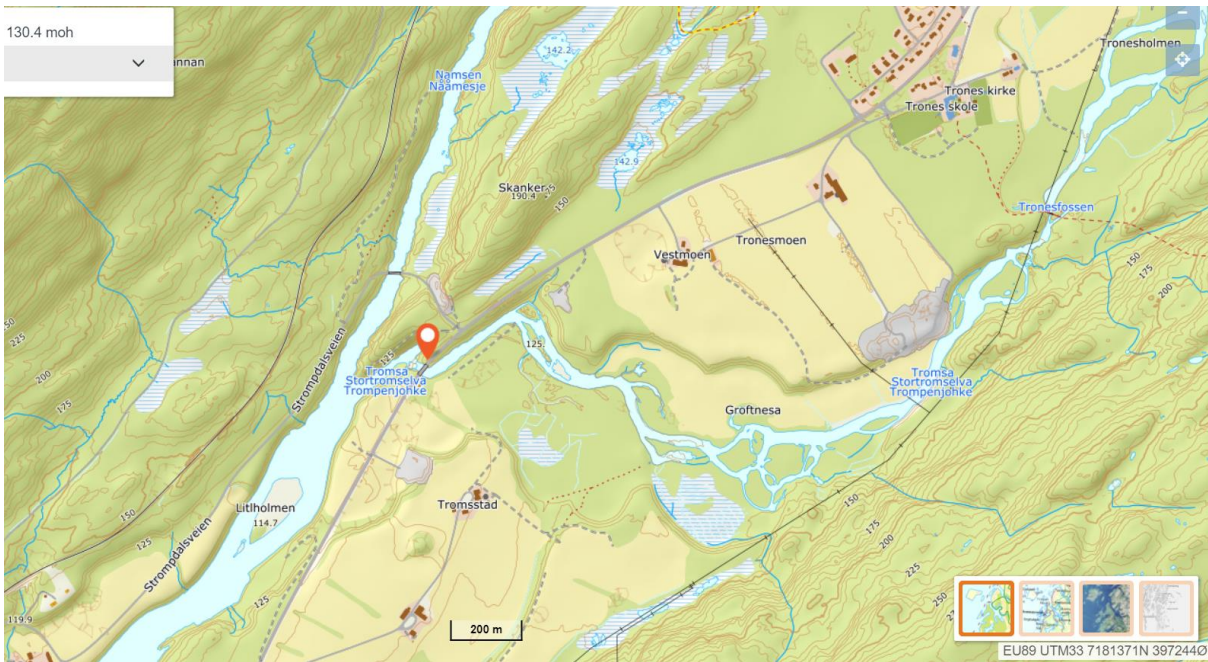
Alle alternativene for nye bruer som er beskrevet her vil ligge over en 200-års flom, hvis de bygges 0,5 meter over flomnivå som beregnet i denne rapporten. Dette er høyder som kan tilpasses alle broalternativene. En ny bru på samme sted eller nedstrøms dagens bru anses som mest gunstige da disse ikke påvirker dagens elveløp nevneverdig. Det vil være mulig med en bru oppstrøms, men det krever flere tilpasninger. Alle alternativene er uten pilar i elva, som gjør at man slipper iskrefter, og reduserer kraftig risikoen for at det bygger seg opp en ispropp under brua.

9 Referanser

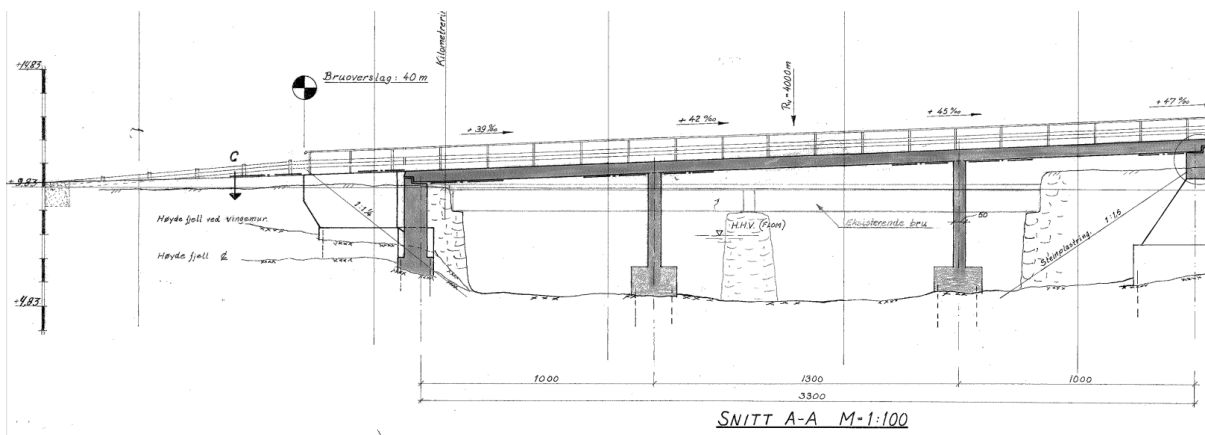
- NVE. (2015). *Anbefale metoder for flomberegninger i små uregulerte felt*. NVE.
 Statens vegvesen. (2020). *Håndbok V240 - Vannhåndtering*.
 Statens vegvesen. (2022). *Håndbok N400 - Bruprosjektering*.
 Sweco. (2020). *E6 Fjerdingelva bru - Flom- og isproblematikk*.
 Sweco. (2022). *Miljørapport Tromselva bru*.

Vedlegg 1: Kart, Bilder og eksisterende bru tegning

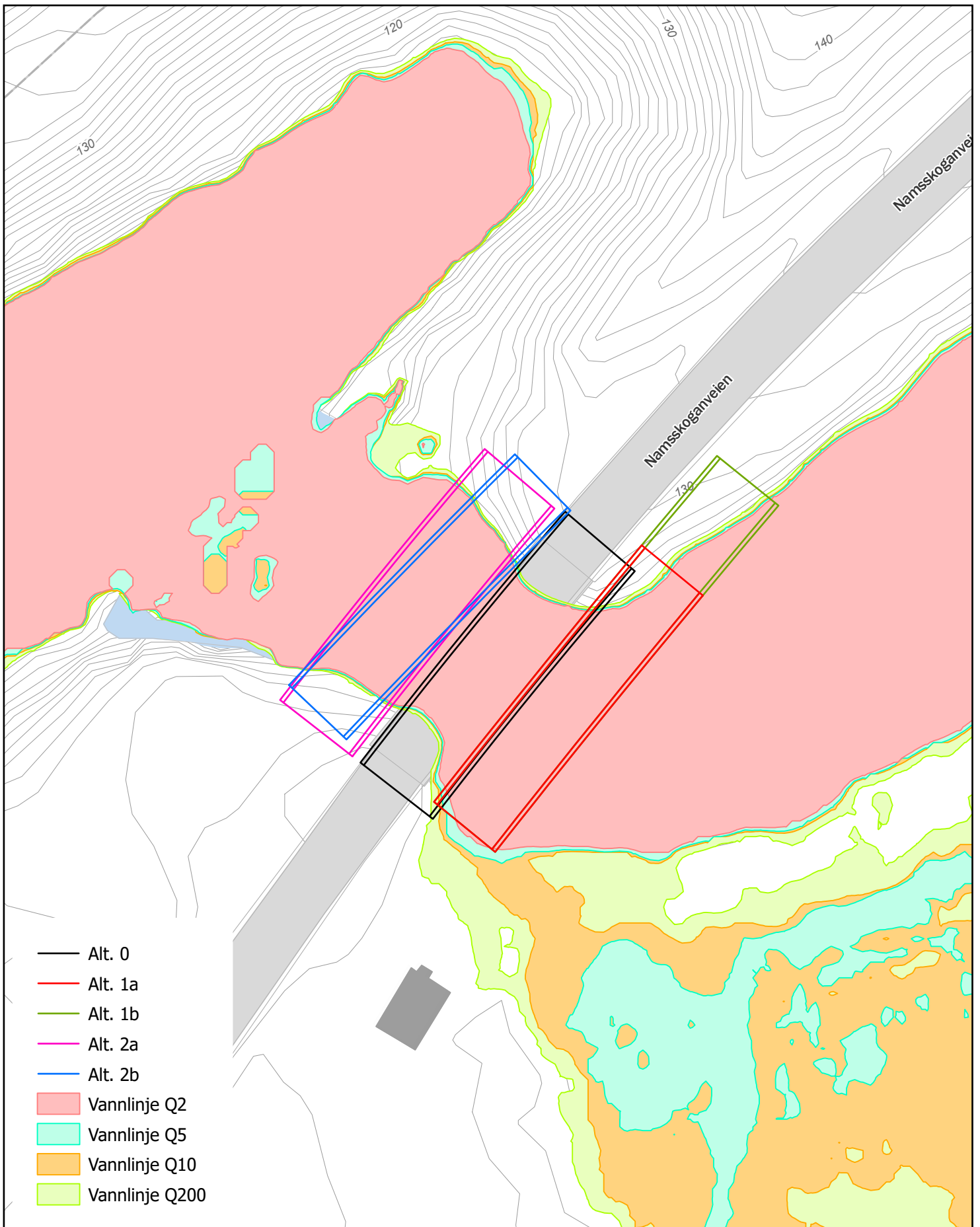






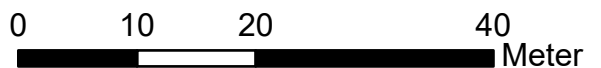


Vedlegg 2: Kart - Alternativer til ny bru med modellert vannlinje ved ulike flommer

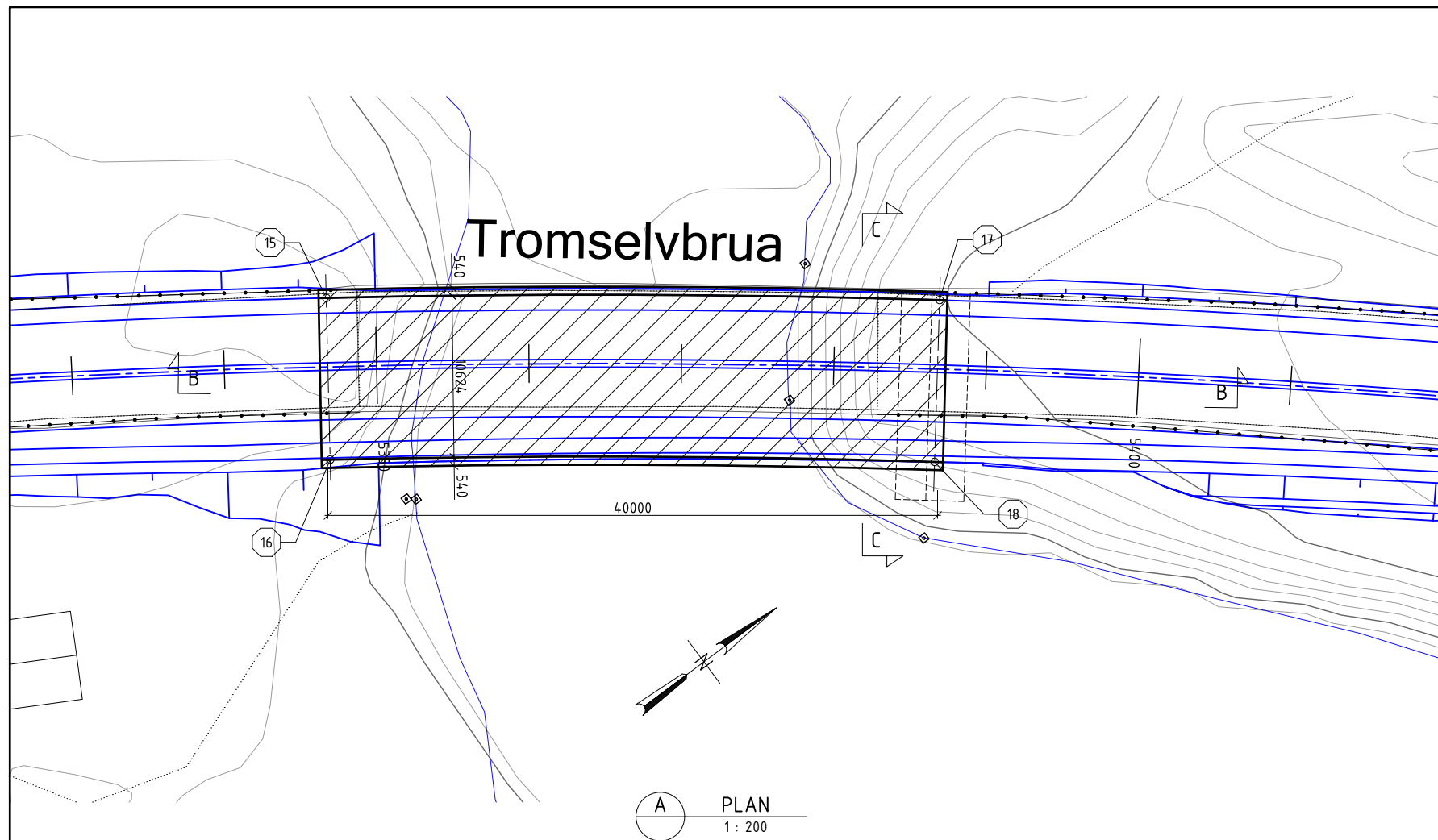


- Alt. 0
- Alt. 1a
- Alt. 1b
- Alt. 2a
- Alt. 2b
- Vannlinje Q2
- Vannlinje Q5
- Vannlinje Q10
- Vannlinje Q200

Utarbeidet av: Sindre Toftdahl
Kontrollert av: Emmanuel Jjunju
Prosjekt nr. : 10228222
Dato: 02/03/2022



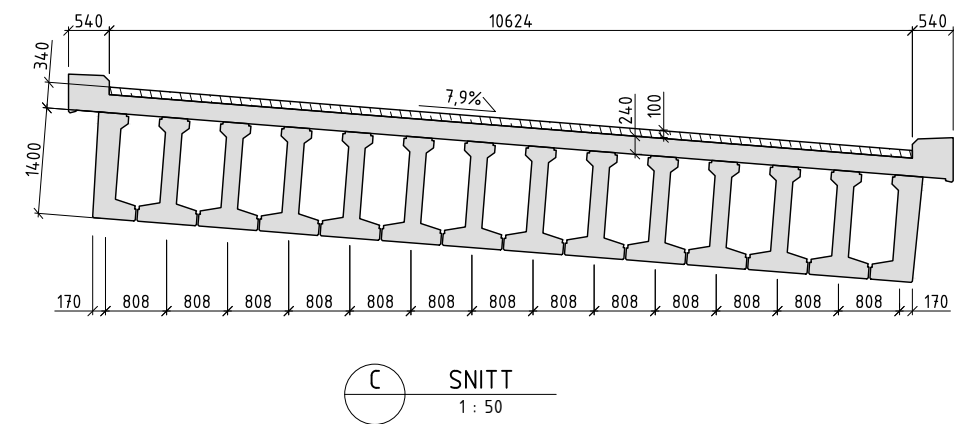
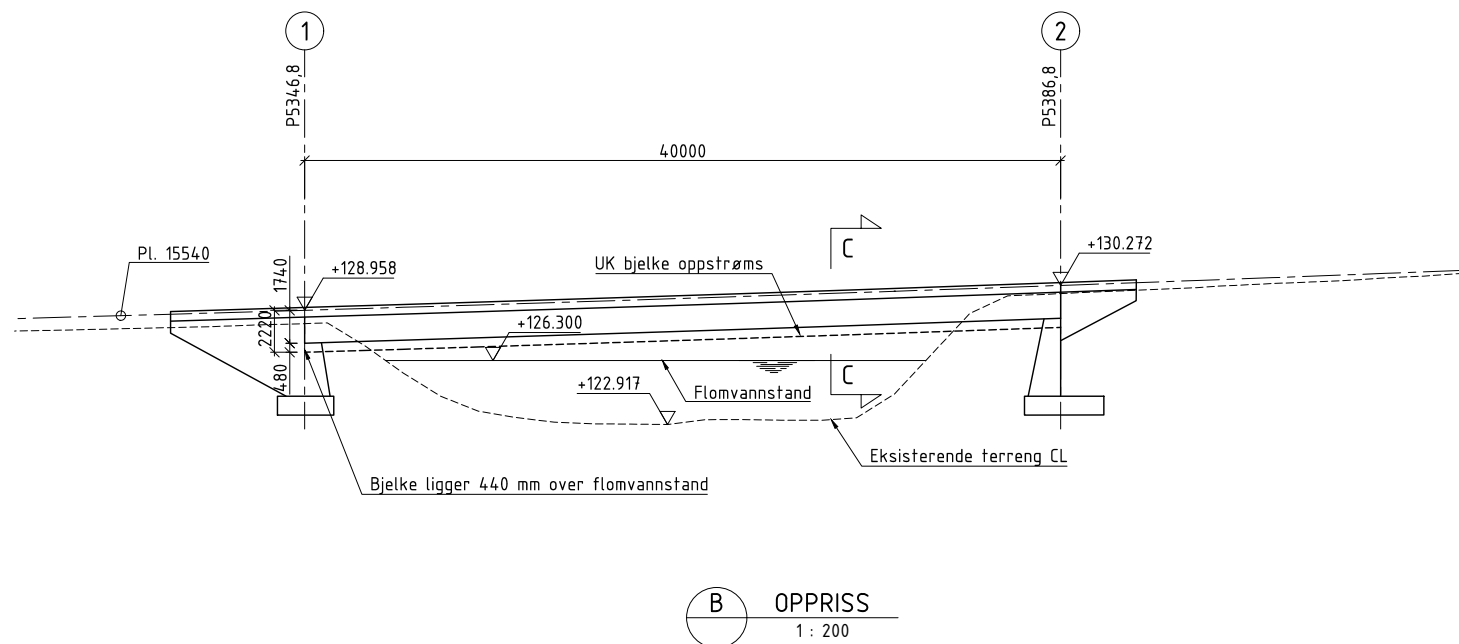
Vedlegg 3: Tegninger – Alternativer til ny bru



HOLD

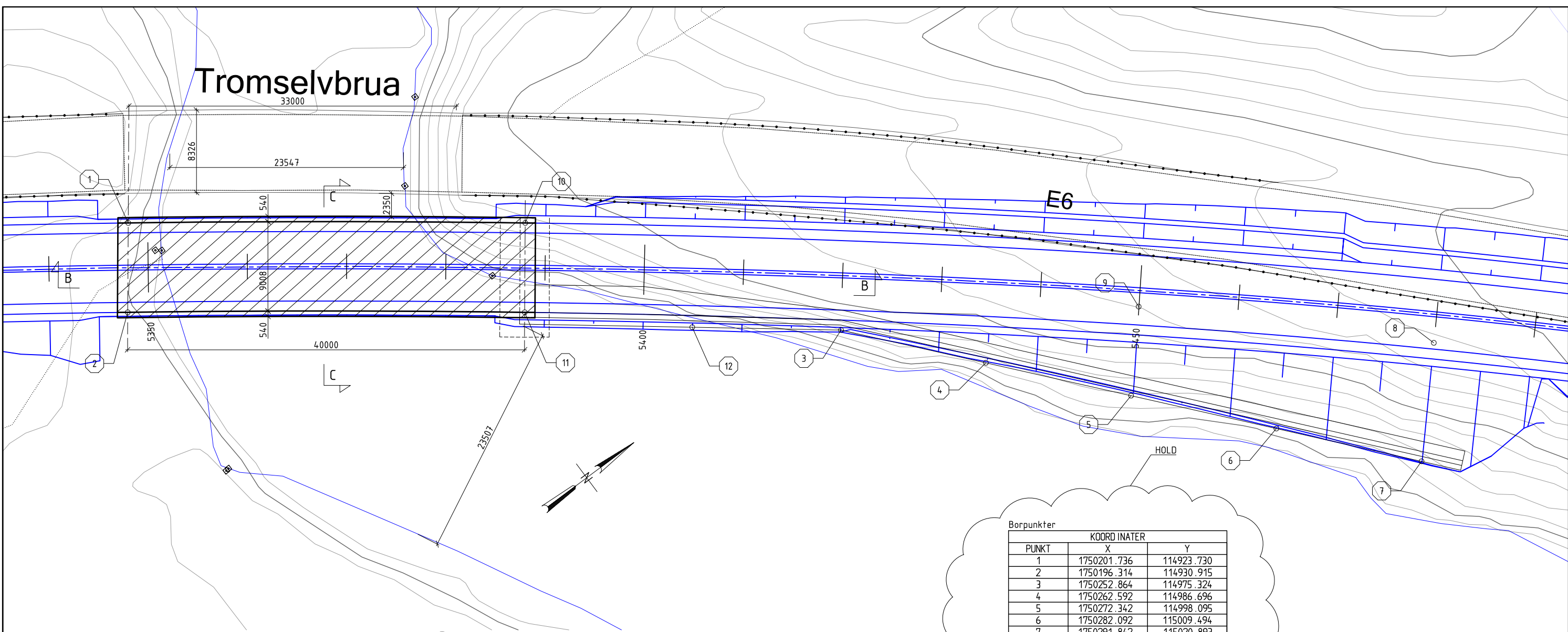
Borpunkter

PUNKT	KOORDINATER	
	X	Y
15	1750205.954	114913.857
16	1750199.815	114922.517
17	1750238.128	114938.030
18	1750231.520	114946.337



Tromselvbrua
Alternativ 3: 40 m prefabrikkert brubjelke i dagens trasé

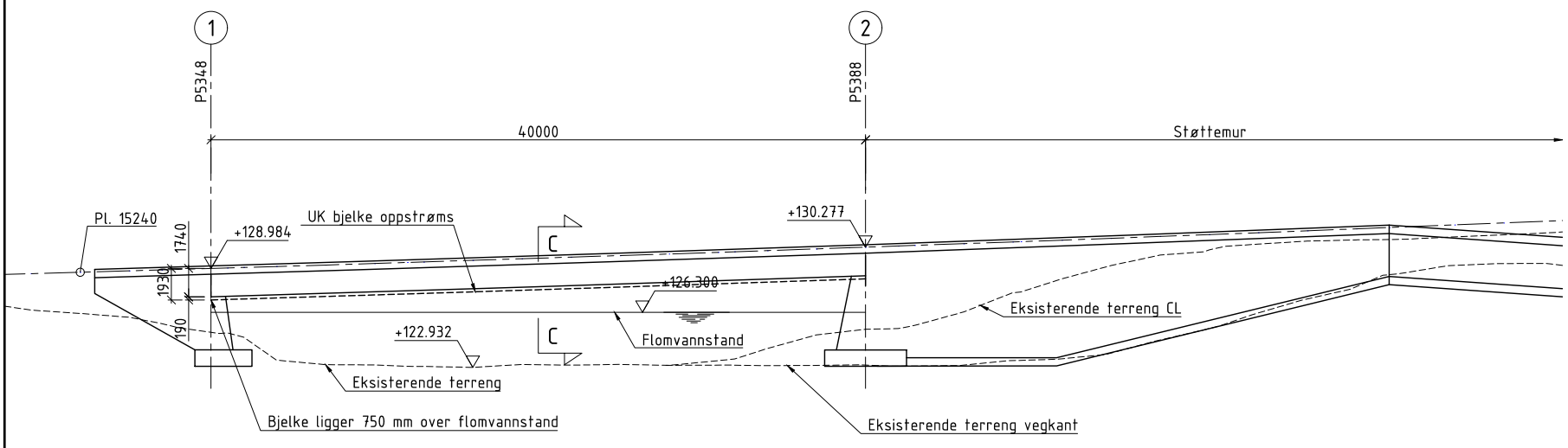
Tromselvbrua



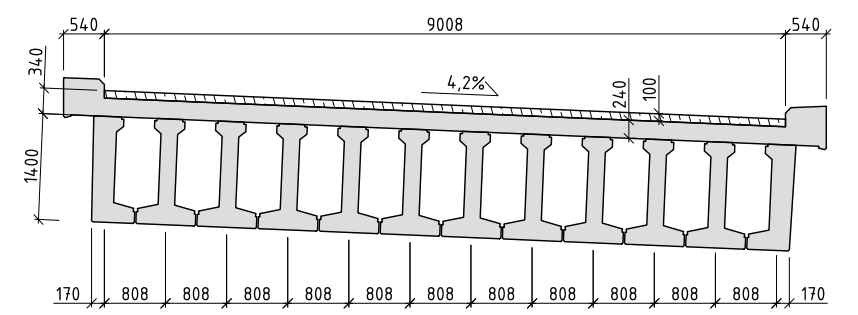
A PLAN
1 : 200

Borpunkter

PUNKT	KOORDINATER	
	X	Y
1	1750201.736	114923.730
2	1750196.314	114930.915
3	1750252.864	114975.324
4	1750262.592	114986.696
5	1750272.342	114998.095
6	1750282.092	115009.494
7	1750291.842	115020.893
8	1750299.973	115012.068
9	1750278.313	114991.362
10	1750233.799	114947.648
11	1750228.378	114954.832
12	1750241.010	114966.128



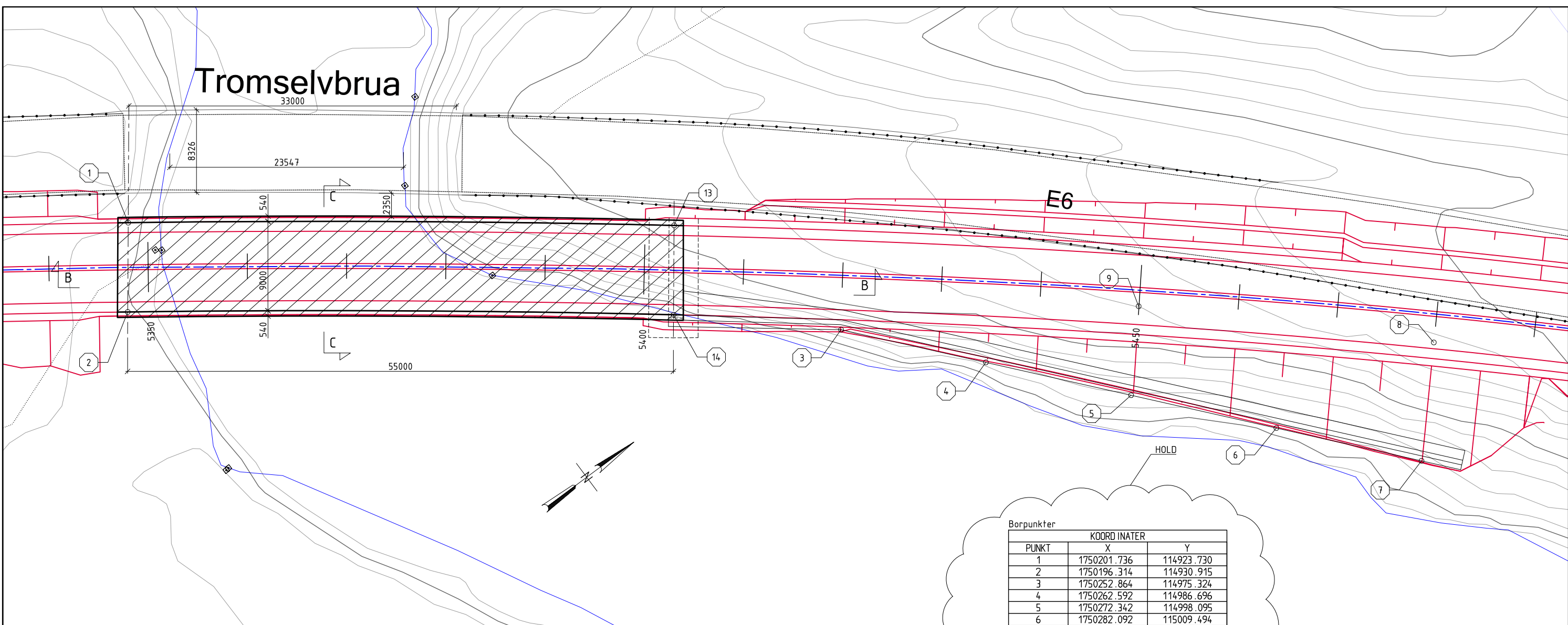
B OPRISS
1 : 200



C SNITT
1 : 50

Tromselvbrua
Alternativ 1: 40 m prefabrikkert brubjelke i søndre trasé

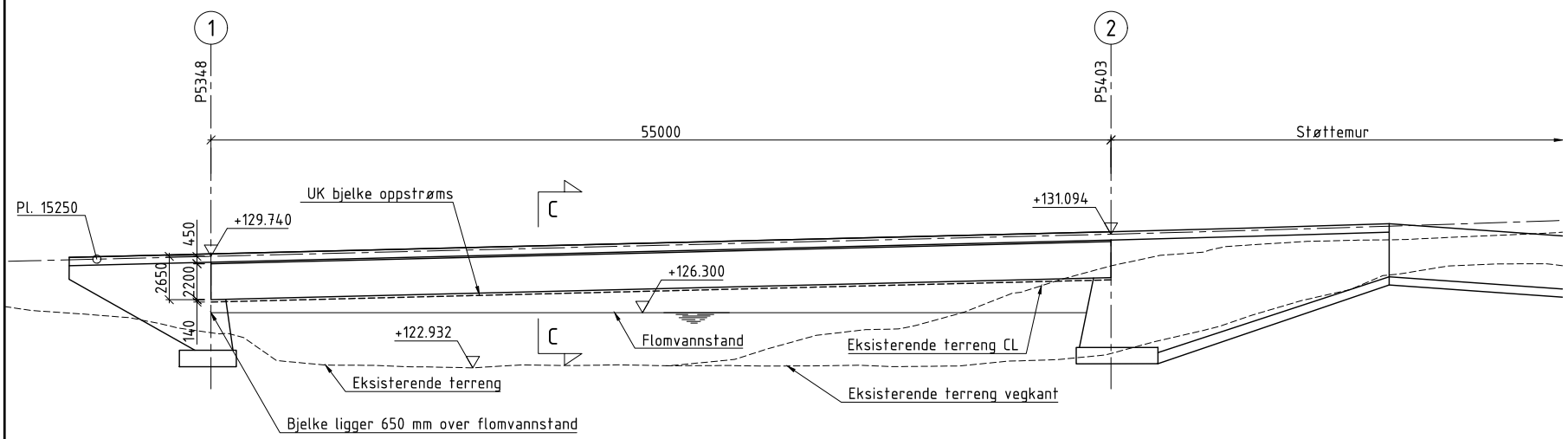
Tromselvbrua



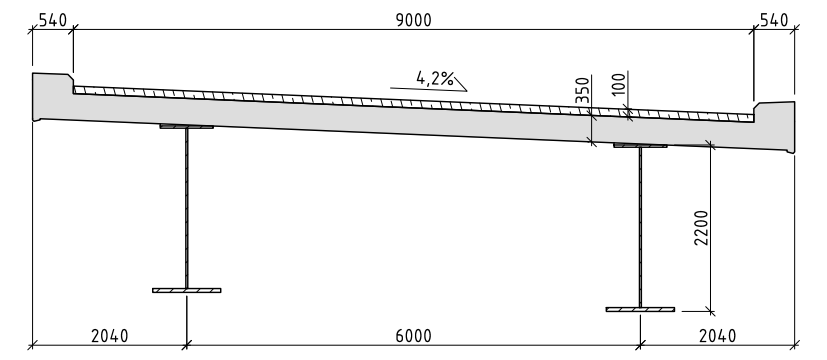
A PLAN
1 : 200

Borpunkter

PUNKT	KOORDINATER	
	X	Y
1	1750201.736	114923.730
2	1750196.314	114930.915
3	1750252.864	114975.324
4	1750262.592	114986.696
5	1750272.342	114998.095
6	1750282.092	115009.494
7	1750291.842	115020.893
8	1750299.973	115012.068
9	1750278.313	114991.362
13	1750245.658	114956.837
14	1750240.235	114964.023

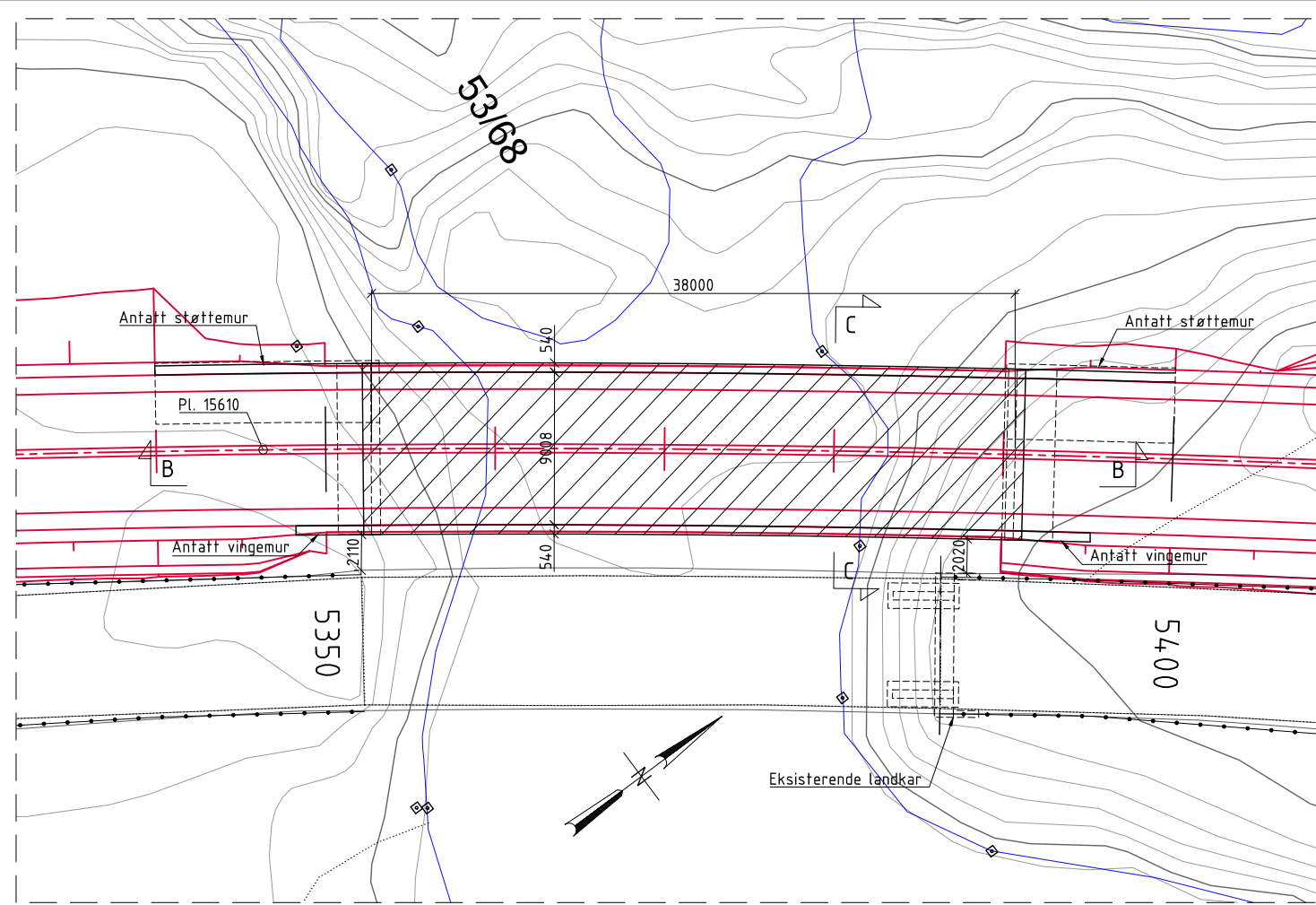


B OPPRISS
1 : 200

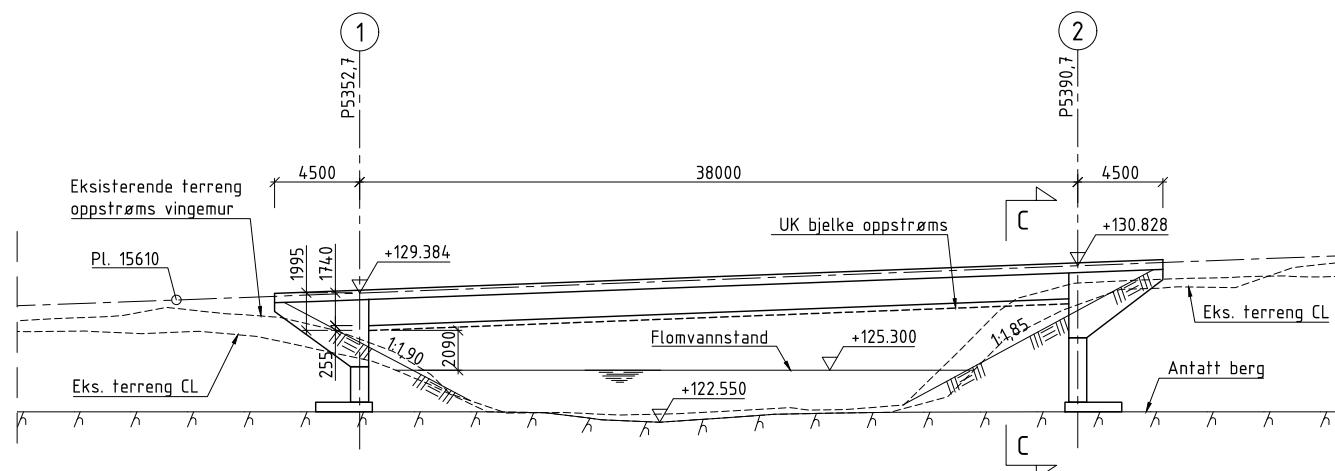


C SNITT
1 : 50

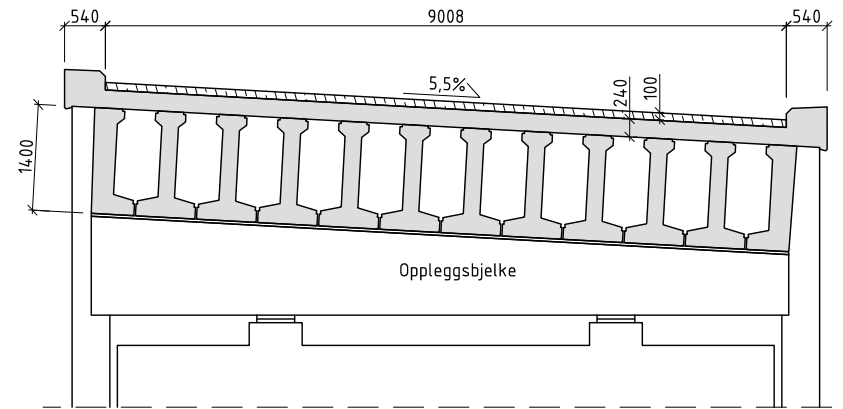
Tromselvbrua
Alternativ 2: 55 m samvirkebru i søndre trasé



A PLAN
1 : 200



B OPPRISS
1 : 200

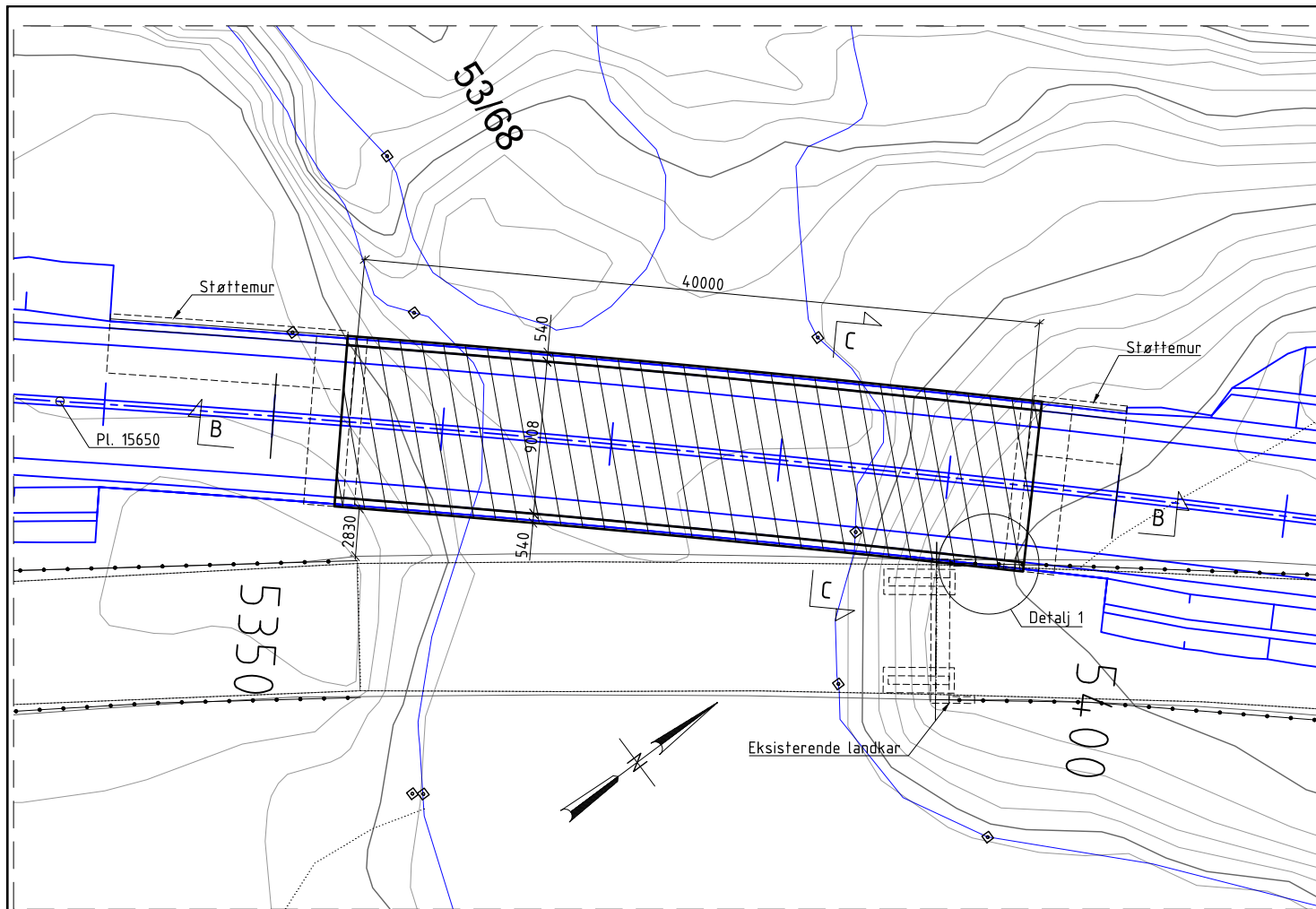


C SNITT
1 : 50

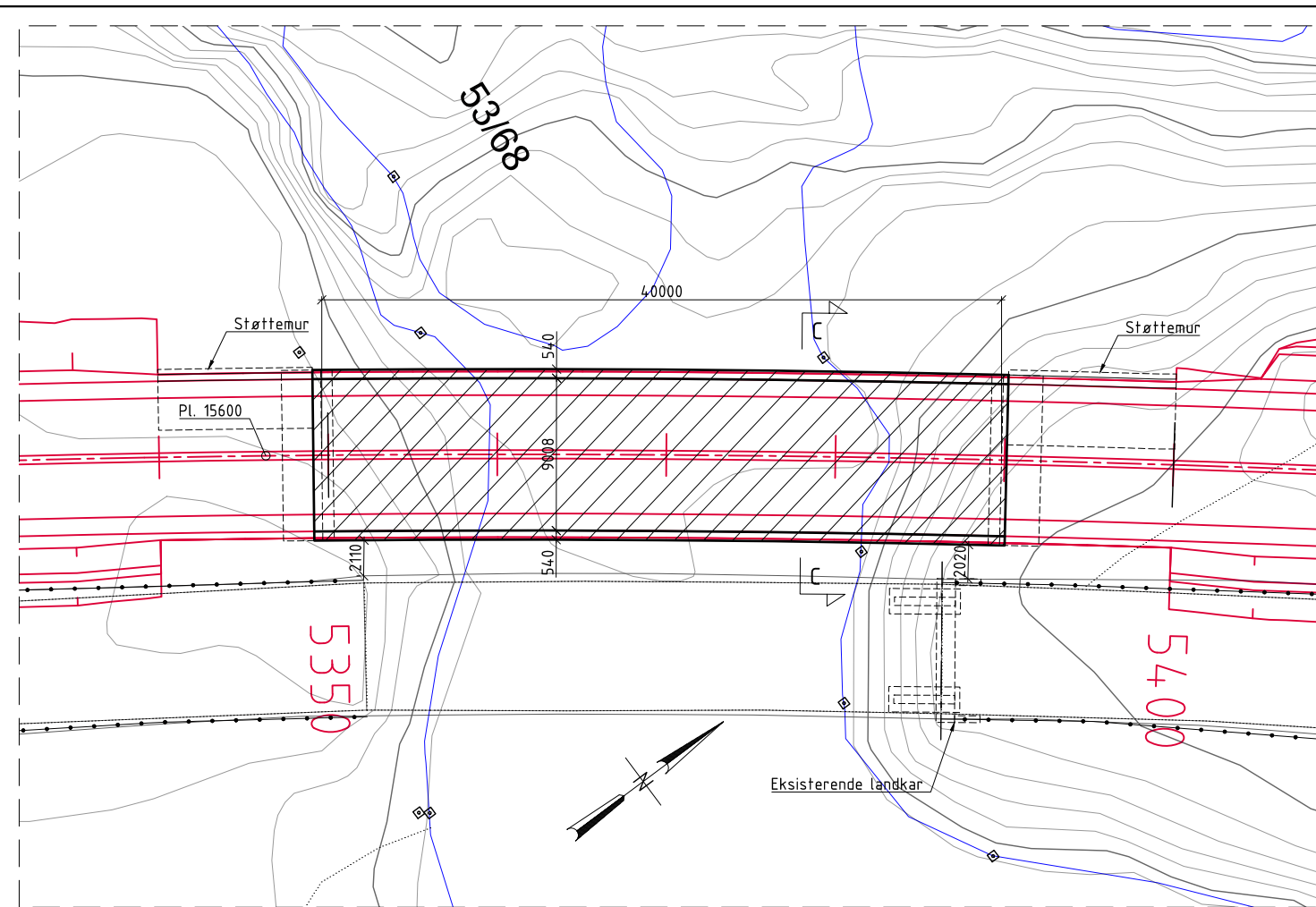
BEMERKNINGER:

1. Tegningen viser skisse for ny Tromselv bru i alternativ veglinje på nestrøms side av eksisterende bru.
2. Begge landkar fundamenteres direkte på berg.
3. Skissen er basert på veglinje 15610 mottatt 14.02.2022.
4. Prefabrikerte betongelement bjelker type NTB 788-400x1400 + KTB 564-400x1400.

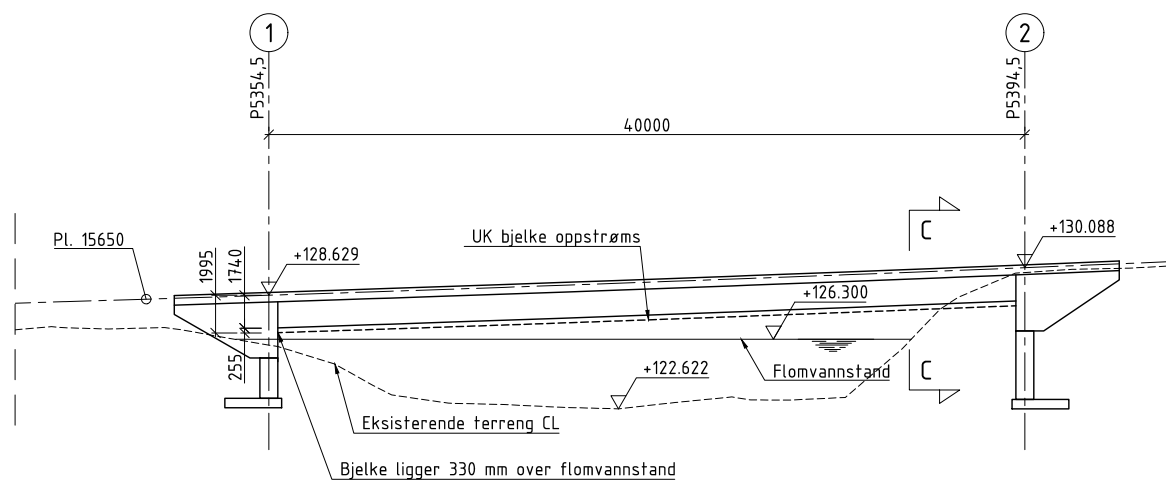
0	Skisse	HSO	ASV	JAR	04-03-2022
Revisjon	Revisjonen gjelder	Uarb	Kontr	Godkjent	Rev. dato
		Tegningsdato 04-03-2022 Bestiller Harald Inge Johnsen Produsert for Region midt Produsert av Aas-Jakobsen			
E6 Fjerdings - Trones 50-0239 Tromselv bru Oversikt Tromselv bru nedstrøms eks. bru 38 m Skisseprosjekt		Prosjekt: - Prosjektfaser: - Arkivreferanse: - Målestokk (A3) Som vist Byggeværker: - Koordinatsystem EUREF89NTM10/NN2000			
Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av	Konsulentarkiv	Tegningsnr. / revisjonsbokstav	
HSO	ASV	JAR	12488	K01	0



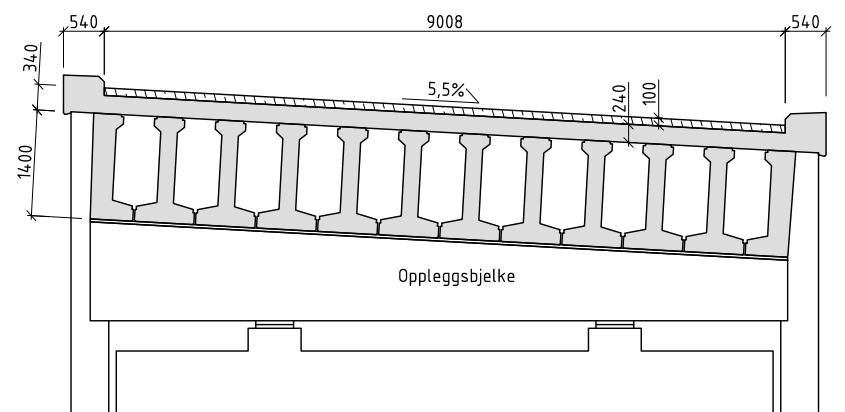
A PLAN
1 : 200 PL. 15650



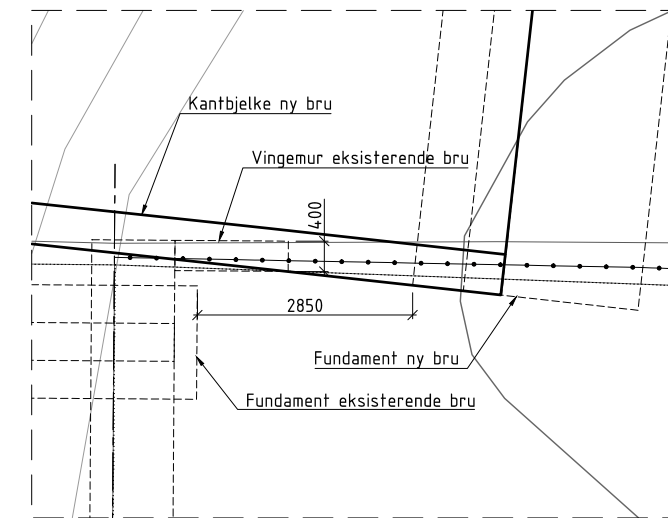
D PLAN
1 : 200 PL. 15600



B OPPRISS
1 : 200



C SNITT
1 : 50



1 DETALJ
1 : 50

Tromselvbrua
 Alternativ 4: 40 m prefabrikkert brubjelke i nordre trasé
 Aas-Jakobsen HSO 03.02.2022