

FAGRAPPOR FORPOSJEKT NY MJØSBRU ALTERNATIV 1 - NORD FOR E6 MOELV – ROTERUD

Nasjonal PlanID:
Ringsaker kommune: 2019060936
Gjøvik kommune: 05020437

Prosjekt nr.:	113201
Oppdragsgiver:	Nye Veier AS
Dokumentnummer:	NV34E6MR-KNS-RAP-0047

Revisjonsoversikt

Revisjon	Dato	Utarbeidet av	Kontrollert av	Godkjent av
01	16.12.2022	TOND/COWI AS	SWI/COWI AS	OLER/COWI AS ANO/COWI AS

Endringsoversikt

Revisjon	Endringsbeskrivelse

Forord

E6 på strekningen fra Moelv til Roterud er en del av hovedveiforbindelsen nord-sør i Norge, mellom Svinesund i sør og Kirkenes i nord. Nye Veier har ansvar for planlegging, bygging og drift av denne veistrekningen.



Oversiktskart som viser området det ble varslet oppstart for. Kilde: COWI AS

På vegne av Nye Veier har COWI AS utarbeidet fagrapport forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 – nord i forbindelse med detaljreguleringsplan for E6 Moelv – Roterud. Forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 – nord er utarbeidet etter krav fra/i henhold til plan- og bygningsloven og inngår som en del av grunnlaget for utarbeidelse av E6 Moelv – Roterud.

Kontaktinformasjon:

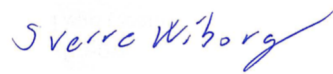
Prosjektleder plan, Nye Veier v/Harald Monsen 91811628 harald.monsen@nyeveier.no

Prosjekteringsleder ny Mjøsbru COWI AS Sverre Wiborg 92295969 swi@cowi.com

Fagkyndig for fagrapport forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 – nord COWI AS Torger
Nordgård 95905198 tond@cowi.com

Larvik 16.12.22

Dato/Sted



SVERRE WIBORG

Innhold

1	Sammendrag	6
2	Innledning	7
3	Datainnsamling	9
	3.1 Grunnforhold og geoteknikk	9
	3.2 Islast	9
	3.3 Korrosjon	9
	3.4 Anleggsgjennomføring	11
4	Kunnskapsgrunnlaget	13
	4.1 Anleggsteknikk.....	13
	4.2 Geoteknikk	13
	4.3 Eksisterende bru	13
5	Dagens situasjon	16
6	Tiltaket	17
	6.1 Veilinje	17
	6.2 Konstruksjon.....	19
	6.3 Kostnad.....	27
	6.4 Risiko.....	34
7	Bærekraft	37
	7.1 Beslutnings grunnlag	37
	7.2 Optimalisering av permanente konstruksjoner.....	37
	7.3 Optimalisering av anleggsgjennomføring.....	38
	7.4 Bestandighet og drift	39
	7.5 Videre arbeid	39
8	Referanseliste	40
9	Vedlegg	41

1 Sammendrag

I forbindelse med reguleringsplan for ny E6 på strekningen Moelv-Roterud, er det utført et forprosjekt for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord. Denne rapporten oppsummerer forprosjektet og presenterer estimat for mengder, kostnad og risiko for gjennomføring av prosjektet.

Ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er en kontinuerlig kassebru i spennarmert betong plassert ca. 50 meter sør for og parallell med eksisterende Mjøsbru. Lengden av ny bru er vurdert til 1465 meter fordelt på 23 akser. Dette tilsvarer brutype og spenninndeling som eksisterende Mjøsbru med spennlengder på typisk 69 meter. Brua har to kjørefelt i hver retning og en generell veibredde på 20 meter med breddeutvidelse på 2,8 meter siste del mot Moelv.

For aksene med fundamentering i Mjøsa er det valgt fundamentering på utstøpte Ø1220 og Ø1420 stålrørspeler. For aksene nærmest land er det fundamentering enten direkte på berg/masseutskifting til berg eller på stålkjernepeler til berg. For fastholdning av brua i lengderetning er det fastlager i fire av de midtre aksene. I de øvrige aksene er det glidelager. Det er landkar med fuge i begge bruender. Fundamenter og søyler er planlagt i betong. Byggemetode for overbygningen er vurdert til plasstøpt betong utført med MSS (moving scaffolding system).

For vurdering av geoteknikk [2] og anleggsgjennomføring [1] er det utarbeidet egne fagrappporter. For vurdering av brukonstruksjonen er det laget beregninger med globalanalyse av ny Mjøsbru presentert i beregningsrapport, Vedlegg A. I forhold til en detaljprosjekteringsfase er det i forprosjektet gjort forenklinger, men rapportene gir et godt grunnlag for vurdering av mengder, kostnader og risiko for gjennomføring av prosjektet.

Det er utført kostnadsestimat for gjennomføring av prosjektet samt vurdering av kostnadsrisiko. Ingen risikoer er kategorisert som høye, men noen risikoer er vurdert på middels nivå. Det gjelder spesielt usikkerhet knyttet til grunnforhold. Risiko knyttet til grunnforhold og peler kan reduseres noe med prøvepeling. I tillegg er det generell kostnadsrisiko knyttet til selve kostnadsestimatet da det er lite prisgrunnlag fra sammenlignbare prosjekter for tiltenkte arbeider.

Kostnad for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er i forprosjektet vurdert til 2,68 milliarder NOK, med tilhørende projektrisiko på ca. 20%, 500 millioner NOK.

Arbeidet i forprosjektet er utført med fokus på Nye veiers mål for:

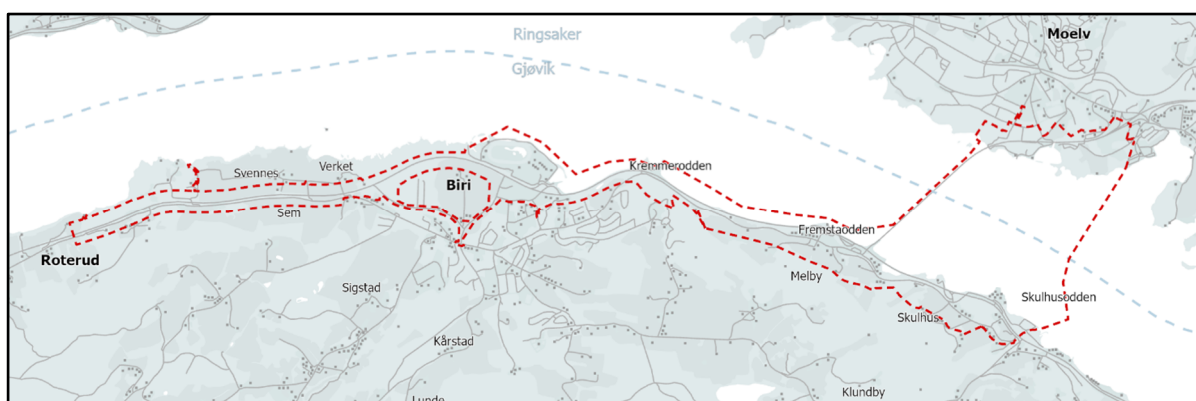
- Kostnader (Se Kap. 6)
- Bærekraft (Se Kap. 7)
- SHA (Se fagrappport for ny Mjøsbru – Anleggsgjennomføring NV34E6MR-KNS-RAP-0049)

Se også egen fagrappport for klimagassbudsjett og projektrisiko.

2 Innledning

Nye Veier AS ble opprettet av Stortinget i 2016 med mål om å oppnå en effektiv og helhetlig planlegging, utbygging, drift og vedlikehold av trafikksikre hovedveger. Stortinget har gitt Nye Veier mandat til å prioritere rekkefølgen på prosjektene ut ifra samfunnsøkonomisk lønnsomhet.

E6 på strekningen fra Moelv til Roterud er en del av hovedveiforbindelsen mellom Kirkenes til Svinesund. Nye Veier har denne veistrekningen i sin portefølje og har nå prioritert å starte opp planarbeidet.



Figur 2-1: Plangrense ved varsel om oppstart av E6 Moelv – Roterud. Kilde: COWI AS

E6 mellom Moelv og Roterud er i dag en tofelts vei. Det er i alt tre kryss på strekningen. Trafikkmengden er på ca. 12 000 - 15 000 kjøretøy/døgn. Kjøretiden fra Moelv til Roterud er i dag beregnet til 9 minutter og 18 sekunder.

Strekningen fra Moelv til Roterud er en del av kommunedelplanene for E6 Moelv – Biri og E6 Biri – Vingrom, vedtatt i 2013 og 2015.

Planområdet består blant annet av Moelv by på østsiden av Mjøsa og Biri tettsted langs Mjøsas vestsida. Friluftsområder, båthavn og småhusbebyggelse er karakteristiske trekk for Moelv. På strekningen mellom Moelv og Roterud preges området av jordbruksarealer, spredt småhusbebyggelse og infrastruktur. Ved Biri tettsted er eksisterende næringsbebyggelse, småhusbebyggelse og Biri travbane dominerende.

Planområdet omfatter både permanente og midlertidige arealer for en fremtidig E6. De permanente arealene består blant annet av areal for ny E6, men også tilgrensende tiltak på lokal- og sideveier. De midlertidige arealene i planområdet dekker behovene for rigg-

og anleggsområder, inkludert tilkomstveier til disse, massedeponier og mulig omlegging av trafikk i anleggsperioden.

Strekningen vil bli planlagt som nasjonal hovedvei, i tråd med Statens vegvesens håndbok N100.

3 Datainnsamling

Data og utredninger fra tidligere planarbeid er mottatt fra Nye Veier eller innhentet fra private foretak, mens offentlig tilgjengelig informasjon er hentet fra åpne kilder.

I dette kapitlet beskrives datainnsamling og bearbeiding av data utført av COWI, for denne fasen av prosjektet, forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 - nord.

3.1 Grunnforhold og geoteknikk

Per nå består det geotekniske grunnlaget i hovedsak av data fra tidligere undersøkelser. I tillegg til gjennomgang av eksisterende data er det utført supplerende grunnundersøkelser. For detaljer vises det til "Fagrapport geoteknikk – Ny Mjøsbru" [2].

3.2 Islast

Krefter fra islast er vurdert med basis i Multiconsults tekniske notat MR1-MUL-DE-MB-ST-DEN-K005 [6], men oppdatert iht. ny håndbok N400 (2022, [7]) og valgt brugeometri. Fra notatet er de største islastene vurdert å komme i lengderetning av Mjøsa, med isflak drevet av vind i retning nord mot sør. Følgende verdier med returperiode 100 år legges til grunn:

Istykkelse:	$t = 0,75\text{m}$
Effektiv knusestyrke:	$p = 490\text{kPa}$
Maksimal kraft fra et drivende isflak:	12MN

3.3 Korrosjon

Det er i prosjektet medregnet reduksjon av ståltykkelse for pelene på grunn av korrosjon. NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 [9] er lagt til grunn med enkelte tilføyelser, se Tabell 3-1 og Tabell 3-2 nedenfor.

Tabell NA.4.1 – Verdier for reduksjon av tykkelse [mm] på grunn av korrosjon for peler og spunt i jord med eller uten grunnvann ¹⁾⁴⁾

Dimensjonerende brukstid	5 år	25 år	50 år	75 år	100 år
Uberørt naturlig grunn (sand, silt, leire, skifer, ...)	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
Forurenset naturlig grunn og industriområder ²⁾	0,2	0,9	1,8	2,6	3,5
Aggressive naturlige grunnforhold (myr, sump, torv ...)	0,2	1,0	2,0	3,0	4,0
Ikke-komprimert og ikke-aggressiv fyllmasse (leire, skifer, sand, silt, ...) ²⁾³⁾	0,2	1,0	2,0	3,0	4,0
Ikke-komprimert og aggressiv fyllmasse (aske, slagg, ...)	0,3	1,5	3,0	4,5	6,0
1) Reduksjon av tykkelse er ensidig reduksjon på eksponert flate. 2) Under grunnvannstanden kan verdien reduseres med 25 %. 3) I komprimerte fyllmasser kan verdien reduseres med 50 %. 4) Økt korrosjon i forhold til de angitte verdiene skal vurderes dersom minst ett av følgende forhold er tilstede: – Lagdelt grunn – Organisk materiale i jorda – Sterkt forurenset grunn, avfallsdeponi – Vagabonderende strømmer					

Tabell 3-1 Korrosjon peler i jord - Tabell NA.4.1 Kilde: NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 [9]

Fra Tabell 3-1 er korrosjon for 100 år ved ikke-komprimert og ikke-aggressiv fyllmasse 4mm. Iht. Tabell NA.4.1 punkt 2) kan verdien for korrosjon reduseres med 25% under grunnvannstand. I forprosjektet benyttes konservativt 4mm korrosjon for pelene fra underkant gytje og videre ned.

Tabell NA.4.2 – Verdier for reduksjon av tykkelse [mm] på grunn av korrosjon for peler og spunt i ferskvann eller sjøvann ¹⁾

Dimensjonerende brukstid	5 år	25 år	50 år	75 år	100 år
Vanlig ferskvann (elver, skipskanaler, ...) i korrosjonsutsatt sone (vannlinje)	1,0	5,0	10,0	15,0	20,0
Svært forurenset ferskvann (kloakk, industrielt avløp, ...) i korrosjonsutsatt sone (vannlinje)	0,5	2,5	5,0	7,5	10,0
Sjøvann i temperert klima i korrosjonsutsatt sone (lavvann og i sone utsatt for sjøsprøyt) ²⁾	1,5	7,5	15,0	22,5	30,0
Sjøvann i temperert klima i permanent neddykket sone ²⁾	0,5	2,5	5,0	7,5	10,0
1) Reduksjon av tykkelse er ensidig reduksjon på eksponert flate. 2) Marint miljø krever spesiell vurdering av korrosjonsfaren. Den høyeste korrosjonshastigheten finnes ikke nødvendigvis i den mest påkjente delen og trenger derfor ikke være dimensjonerende.					

Tabell 3-2 Korrosjon peler i vann - Tabell NA.4.2 Kilde: NS-EN 1993-5:2007+NA:2010

Tabell NA.4.2 fra NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 [9] dekker ikke korrosjon i ferskvann under skvalpesone. Vurdering av korrosjon for pelene i Mjøsa er basert på Multiconsult sin rapport "Begrenset spesialinspeksjon under vann – Estimering av korrosjonshastighet på peler" [11]. Multiconsult har vurdert korrosjonshastigheten til 10mm ved brukstid 100 år. SINTEF tilfører ingen nye vurderinger av forhold i Mjøsa i rapporten "Korrosjon av stål i ferskvann" [8].

I forprosjektet for peler i fritt vann legges Multiconsults sin vurdering til grunn: 10 mm korrosjon med brukstid 100 år. Verdien benyttes i fri vannsøyle og ned til underkant gytjelag.

Oppsummering av vurdert korrosjon for peler med 100 års brukstid er vist i Tabell 3-3 nedenfor.

	Tykkelsesreduksjon
Utside mot fritt vann	10mm
Utside mot jord*	4mm
Innside, uten støp	4mm
Innside, med støp	0

Tabell 3-3 Oppsummering korrosjon på peler

*Uansett type jord, også gytje. Om grunnundersøkelser ikke viser organisk materiale under gytjelaget, kan korrosjonstykkelse her reduseres til 2mm.

3.4 Anleggsgjennomføring

For vurdering av anleggsgjennomføring har COWI hentet erfaringer fra gjennomføring av eksisterende bru og pågående bru-prosjekter. COWI har i forbindelse med forprosjektet også etablert dialog med flere internasjonale entreprenører for ytterligere vurderinger av planlagte arbeider.

COWI har gjennomført befaring for å vurdere mulige rigg-områder for tiltenkte arbeider. Det er lagt vekt på mulighet for anleggelse av kaianlegg samt plassbehov for montasje av peler og øvrige elementer/utstyr. Det er vurdert plassbehov for MSS (ny Mjøsbru Alternativ 1 - Nord) og plassbehov for lansering av stålkasse (ny Mjøsbru Alternativ 2 - Syd).

Fra norske prosjekter er det hentet erfaring fra Tangenvika jernbanebru (under bygging), i tillegg til Minnervika bru (under bygging) og eksisterende Mjøsbru m.fl.

Fra internasjonale prosjekter er det hentet erfaring fra flere prosjekter, bl.a.:

- Padma bridge (Bangladesh) for fundamentering med store peler (friksjonspeler) på dypt vann. Pelene på Padma bridge er 120 meter lange og det er utfordrende grunnforhold. Store åpne drevne peler gjennomført med metoder som ikke tilfredsstillt krav i norsk regelverk.
- Chiapas bridge (Mexico). Bru som fundamenteres på jacket/stålkonstruksjon. For å vurdere alternative muligheter for fundamentering på dypt vann.
- Governor Mario M. Cuomo Bridge (USA). 5km lang bru med fundamentering i dårlige grunnforhold på friksjonspeler/mange peler i hver akse.

I forbindelse med forprosjektet har COWI etablert dialog/samarbeid med flere entreprenører. Trevi har blant annet bistått med vurderinger for gjennomføring av pelegrupper i byggefasen. IQIP har bistått med vurdering av hammerstørrelse og forslag til utstyr for håndtering av ramming av peler fra flåte. I tillegg har det vært dialog med entreprenøren NRS angående MSS (moving scaffolding system).

4 Kunnskapsgrunnlaget

4.1 Anleggsteknikk

Anleggsgjennomføring og riggområder er vurdert i separat rapport, se rapport "Forprosjekt ny Mjøsbru anleggsteknikk" [1].

For ny Mjøsbru alternativ nord er det for overbygningen vurdert byggemetode utført med MSS (moving scaffolding system). Det er antatt at brua bygges fra vest mot øst med riggområdet for MSS like sør for eksisterende bru, bygging fra øst mot vest kan også være aktuelt. Med tilnærmet like grunnforhold for fundamentering kan det hentes mye erfaring fra byggingen av eksisterende Mjøsbru for underbygningen. Arbeidet med ramming/boring av peler og etablering av midlertidig senkekaske er likevel omfattende, se detaljer for vurderinger i forprosjektrapport for anleggsteknikk [1].

4.2 Geoteknikk

Geotekniske vurderinger er behandlet i separat rapport, se "Fagrapport geoteknikk – Ny Mjøsbru" [2].

I aksene 8 til 17 er brua planlagt med rammede stålrørspeler. Det er forventet høyt bidrag fra spissbæreevne relativt til friksjon, og lukkede Ø1420 peler er vurdert som mest aktuelt for denne delen av brua. Det er utført rambarhetsanalyse for vurdering av hammerstørrelse, godstykkelse og bæreevne. For rammede Ø1420 peler for Mjøsbru alternativ nord er det vurdert IHC S-750 eller en MENCK MHU800S hammer med en godstykkelse på 25.4 mm og bæreevne på 13MN. Spissbærende lag er vurdert ca. 47m under sjøbunn og med konservativ lengde av pel 5 meter ned i bærende lag. Total lengde av pel i løsmasser ca. 52 meter.

For peler til morene/berg i akse 5 til 7, 12 og 13 samt 18 til 21 vurderes generelt kapasiteten av pelen som dimensjonerende og ikke bæreevnen. For borede peler til berg er det vurdert godstykkelse på 12mm for Ø1220 peler og innboringslengde 1-2 meter inn i berg.

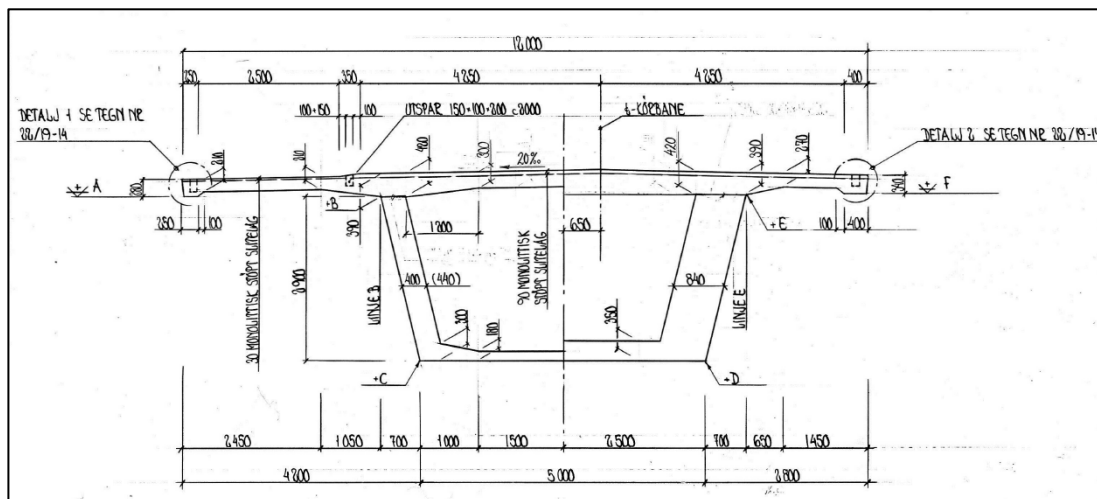
For fundamentering av aksene nærmere land er det vurdert fundamentering direkte på berg/masseutskiftning til berg eller med stålkjernepeler (Ø150) til berg.

4.3 Eksisterende bru

Dagens Mjøsbru sto ferdig i 1985, og består av en betongkasse med totallengde 1420 m og spennlengder på 69 m.

Typisk tverrsnitt av bruas overbygning er vist i Figur 4-1. Bruas totalbredde er 12 m bestående av 2 kjørefelt og 1 g/s felt på sørside av bru. Betongkassen er ca. 3,4 m høy og ca. 5 m bred. Brua ble bygd med MSS. Brua er delt i 5 bevegesdeler med bruk av

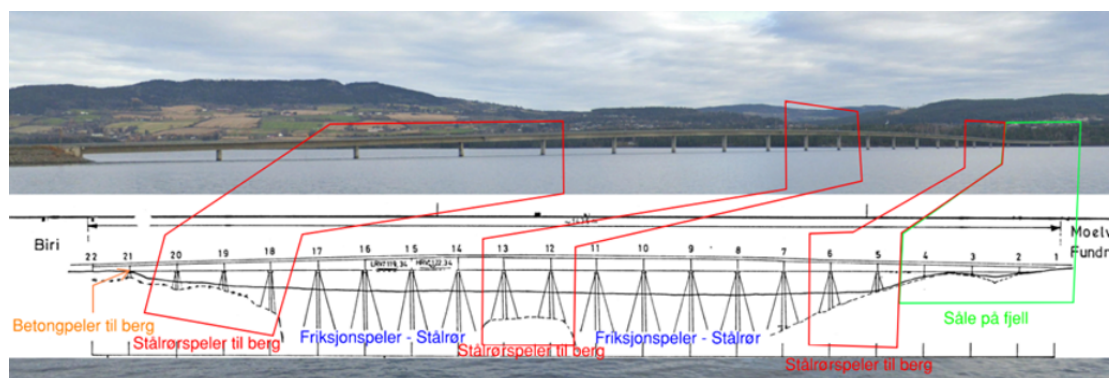
totalt 6 fuger. Denne løsning er uheldig og skaper utfordringer grunnet store krypdeformasjoner ved fuger [4].



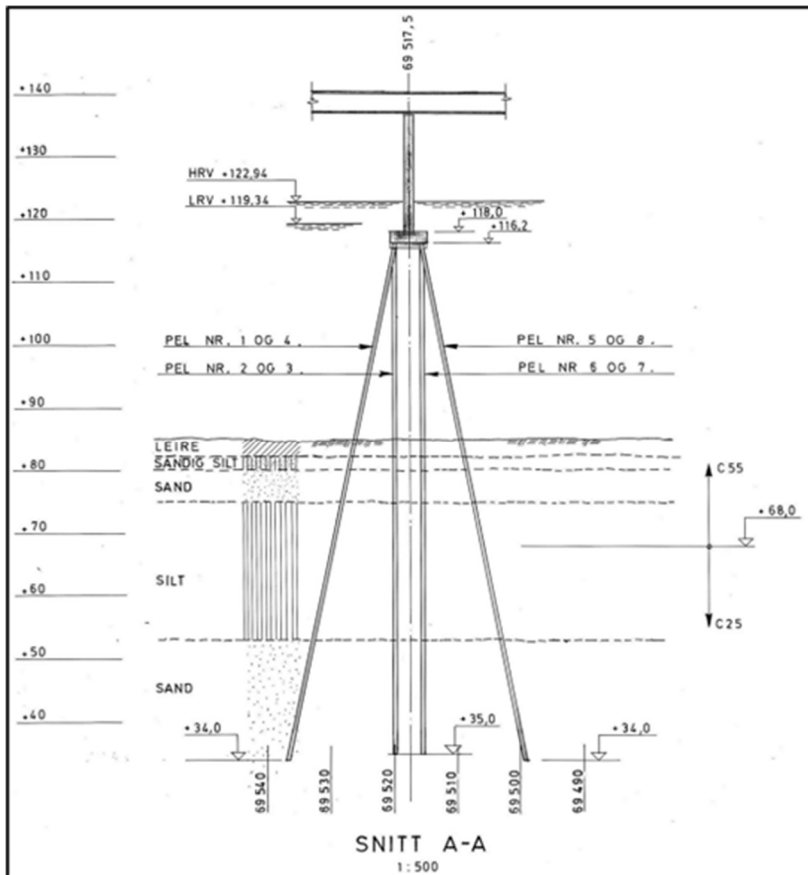
Figur 4-1 Typisk tverrsnitt for overbygning av eksisterende Mjøsbru Kilde: Brutus - Statens vegvesen brudatabase

Eksisterende bru er i hovedsak fundamentert på spissbærende stålrørspeler Ø812 til berg eller på friksjonspeler (lukkede stålrørspeler) til faste sandmasser i 30-50 m dybde, se Figur 4-2 og Figur 4-3. Friksjonspeler (Ø812) for dagens Mjøsbru, rammet til sandlag under ovenfornevnte siltlag, har bæreevne (bruddgrensetilstand) på ca. 4500-4700 kN i henhold til brutegninger fra Brutus.

Det er i rapportserie E98-Bb [5] fra Statens Vegvesen rapportert om setning av friksjonspeler i byggefasen på mellom 4 og 16 mm. Det bemerkes at det er registrert samme setning av peler rammet til berg. Etter ferdigstilling av brua har det ikke blitt observert ytterligere setninger.



Figur 4-2 Oversikt over fundamentering av eksisterende Mjøsbru.



Figur 4-3 Fundamentering av eksisterende Mjøsbru – Ø812 utstøpte stålrørspeler. Kilde: Brutus - Statens vegvesen brudatabase

5 Dagens situasjon

Dagens Mjøsbru ble åpnet i 1985 og har to kjørefelt samt gangbane. Ny E6 for strekningen Moelv-Roterud er planlagt med fire kjørefelt og hastighet 100km/t. Med endring fra to til fire kjørefelt for ny E6 må det enten bygges ny bru eller eksisterende bru må bygges om.

Iht. rapport 8423-01 «Mjøsbrua - Føring av 4-felts veg over Mjøsa, mulighetsstudie» [10] (utarbeidet av Aas-Jacobsen/SVV Region Øst) egner dagens bru seg dårlig for ombygging og utvidelse til fire felt. Ny bru ble vurdert som anbefalt løsning.

I forbindelse med COWI sitt arbeid med reguleringsplan for E6 Moelv-Roterud er det utarbeidet forprosjekt for to alternative traseer/bruer, ny Mjøsbru alternativ 1 – nord og ny Mjøsbru alternativ 2 - syd.

6 Tiltaket

6.1 Veilinje

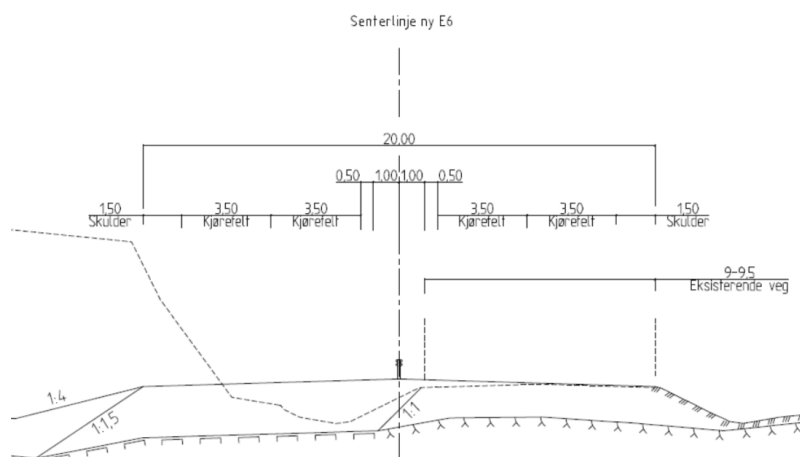
For ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er veilinjen for kryssing over Mjøsa plassert ca. 50 meter sør for eksisterende bru. Fartsgrensen på den nye strekningen vil være 100 km/t med reduksjon til 80km/t ved krysset mellom E6 og rv. 4.



Figur 6-1 Illustrasjonen viser veilinje for ny Mjøsbru lagt parallelt med eksisterende bru. Kilde: COWI AS

Veilinja som ligger grunn for forprosjekt for brua, avviker noe fra veilinja som er vist på veitegninger i reguleringsplanen. Dette har imidlertid ingen vesentlig konsekvens for forprosjektet, hverken teknisk eller økonomisk.

Typisk veiprofil og veibredde for strekningen E6 Moelv - Roterud er 20 meter som vist i Figur 6-2 nedenfor. Som profilet viser legges det opp til gjenbruk for deler av eksisterende trasé.



Figur 6-2 Typisk veiprofil for ny E6 Moelv - Roterud

På strekningen er det generelt fire kjørefelt med to felt i hver retning. Kjørefelt på 3,5 meter, midtrabatt på 2 meter, indre skulder på 0,5m og ytre skulder på 1,5 meter. Veibredde av kjørebane på ny bru inkludert veiskuldre og midtrabatt er generelt 20 meter, men med breddeutvidelse på grunn av krav til sikt mot Moelv med økning til 22,8 meter bredde. Det er generelt 3% takfall på bru, men med overgang til ensidig fall på 7,2% mot Moelv.

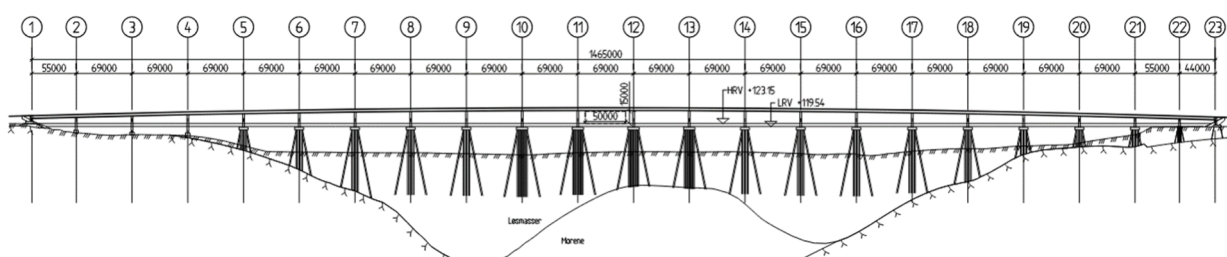
Plassering av eksisterende bru er valgt med utgangspunkt i en rygg med maksimal dybde 40-50 m som går tvers over Mjøsa. Ny brutrasé er valgt i nærheten av eksisterende bru for å utnytte den reduserte dybden til sjøbunnen på denne ryggen. Dybde til sjøbunn øker med økende avstand fra eksisterende bru, og det er derfor viktig at ny bru kommer nær eksisterende bru slik at brua plasseres på den undersjøiske ryggen omtalt over. Samtidig må det opprettholdes en minimumsavstand mellom peler for eksisterende og ny bru. Med utgangspunkt i dette er ny bru plassert i avstand ca. 50 m fra eksisterende bru, målt kant i kant. Avstand mellom pelespiss for ny- og eksisterende bru er ca. 25 m. Dette er tilstrekkelig til å dekke rammetoleranser for peler for begge bruene (5 % helningsavvik) og avstand mellom pelespiss på 6d.

Veilinjens for krysningen over Mjøsa ligger fra ca. 1 til 3 meter høyere sammenlignet med eksisterende vei/bru, med minst høydeforskjell på midten av Mjøsa. Gjennomseiling er planlagt med frihøyde 15m.

6.2 Konstruksjon

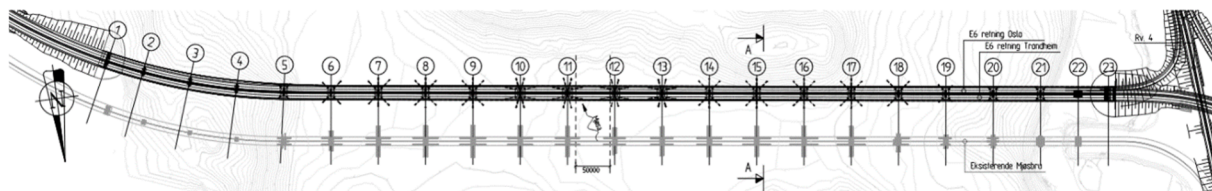
Ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er en kontinuerlig kassebru i spennarmert betong med tilsvarende spenninndeling og brutype som eksisterende Mjøsbru. Eksisterende Mjøsbru har totalt 22 fundamentakser. Foreslått løsning for ny Mjøsbru alternativ 1 har ett spenn mer mot vest med totalt 23 fundamentakser.

Som vist i Figur 6-3 er lengden av ny bru Mjøsbru alternativ 1 vurdert til 1465 meter og spennlengder i hovedsak 69 meter med unntak av endespenn.



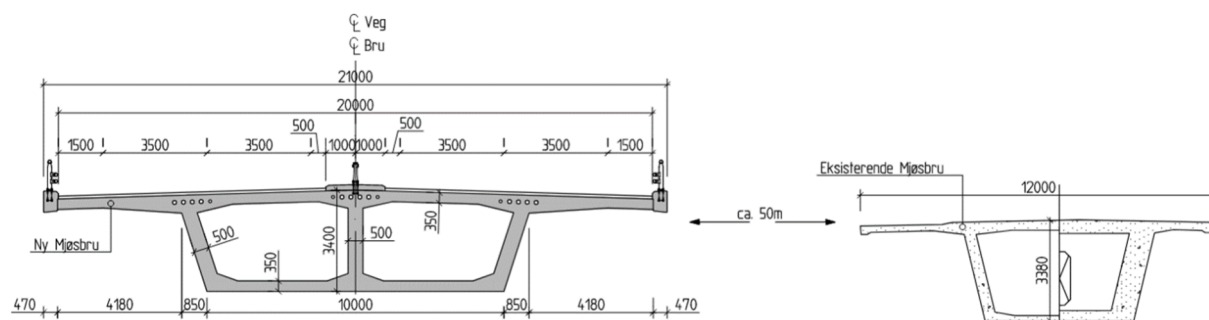
Figur 6-3 Oppriss av ny Mjøsbru alternativ 1 – nord Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-01 / COWI AS

Ny Mjøsbru alternativ 1 er plassert like sør for og parallell med eksisterende Mjøsbru, se plantegning vist på Figur 6-4 nedenfor.



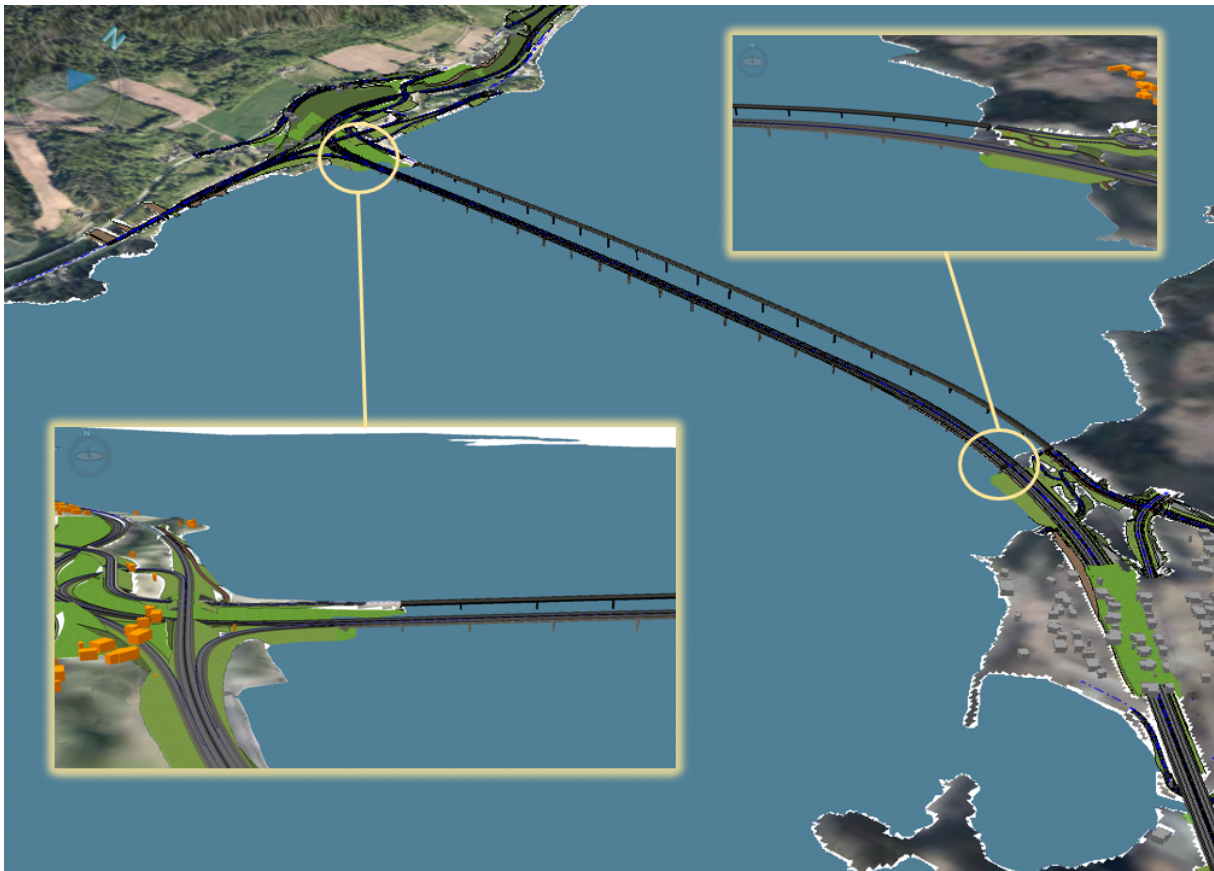
Figur 6-4 Plan av ny Mjøsbru alternativ 1 – nord Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-01 / COWI AS

Fra Figur 6-5 er avstand mellom ny og gammel bru ca. 50 meter.



Figur 6-5 Snitt av ny Mjøsbru alternativ 1 - nord Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-01 / COWI AS

Illustrasjon av ny bru Mjøsbru alternativ 1 - nord er vist i Figur 6-6 nedenfor.



Figur 6-6 Forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 - nord (sett mot nordvest) Kilde: Novapoint 2022 / COWI AS

I forbindelse med forprosjektet er det laget en globalanalyse/FEM modell av ny Mjøsbru med resultater og detaljer presentert i beregningsvedlegg, se Vedlegg A. Beregningene er benyttet som utgangspunkt for å vurdere løsning og geometri for brukonstruksjonen. Vurderinger fra beregningene er videre benyttet som grunnlag for vurdering av mengder og kostnader i forprosjektet. Det er gjort forenklinger i beregningene for forprosjektet og det må forventes noen endringer med justering av dimensjoner/løsninger i en detaljprosjekteringsfase etter hvert som materialet blir mer gjennomarbeidet.

Valgte løsninger i forprosjektet for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er oppsummert i følgende kapitler:

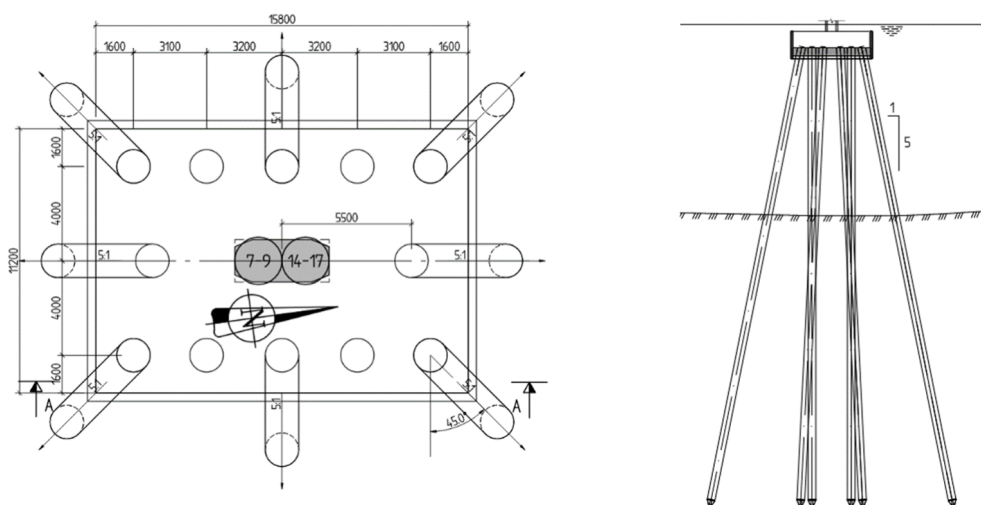
- Kapittel 6.2.1 Underbygning
- Kapittel 6.2.2 Overbygning
- Kapittel 6.2.3 Lager og fuger
- Kapittel 6.2.4 Rekkverk og belegning

I tillegg er forutsetninger og øvrige vurderte løsninger for traseen beskrevet i Kapittel 6.2.5. For detaljer se Vedlegg A og B.

6.2.1 Underbygning

På grunn av varierende grunnforhold og dybder til berg er det lagt opp til ulike fundamenteringsløsninger i de ulike aksene.

For fundamentering i løsmasser i Mjøsa er det antatt rammede Ø1420 stålrørspeler. Dette gjelder for akse 7 til 17. Vurderingen tilsier behov for 12 peler i hver akse med unntak av fastholdningsaksene som er vurdert med 14 peler pga større krefter (akse 10 til 13). Se Figur 6-7 for geometri av pelegruppe med 12 peler i løsmasser (fra tegning K200-11 i Vedlegg B).



Figur 6-7 Geometri av pelegruppe i løsmasser Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-11 / COWI AS

Godstykkelsen for de rammede Ø1420 pelene er fra geoteknisk rapport [2] vurdert til 25,4 mm og pelene støpes ut og armeres i hele lengden, for detaljer se Vedlegg A og B.

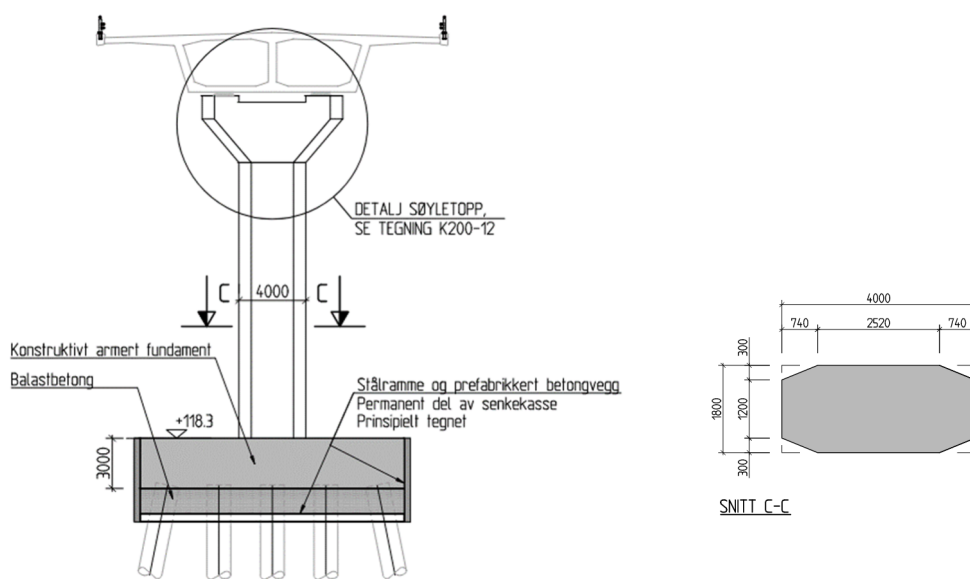
UK fundament ligger på kote +115.3m. Fri lengde av pel i vann vil generelt være ca. 30 meter. Som beskrevet i Kapittel 4.2 er nødvendig lengde av peler i løsmasser estimert å være 52 meter. Generelt vil pelene i løsmasser følgelig ha total lengde på +/- 82 meter. For akse 12 og 13 antas det noe kortere peler da disse etableres på en morenerygg (mulig berg) med god bæreevne. Akse 7 antas rammet til berg.

Fundamenteringsmetode med borede stålrørspeler til berg er antatt for aksene 5, 6, 18, 19, 20 og 21. I disse aksene antas generelt 10 stk. utstøpte stålrørspeler Ø1220 med godstykkelse 12 mm. Som for aksene i løsmasser støpes pelene ut og armeres i hele lengden. For detaljer se Vedlegg A og B.

For etablering av pelehoder og søyler som er neddykket i vann benyttes senkekasser i stål eller betong. Betong i nederste del av senkekassen utføres som undervannstøp.

Etter at denne støpen har herdet, lenses kassa for vann før øvrige deler av pelehodet og søyle armeres og støpes tørt. For detaljer se forprosjektrapport for anleggsteknikk [1].

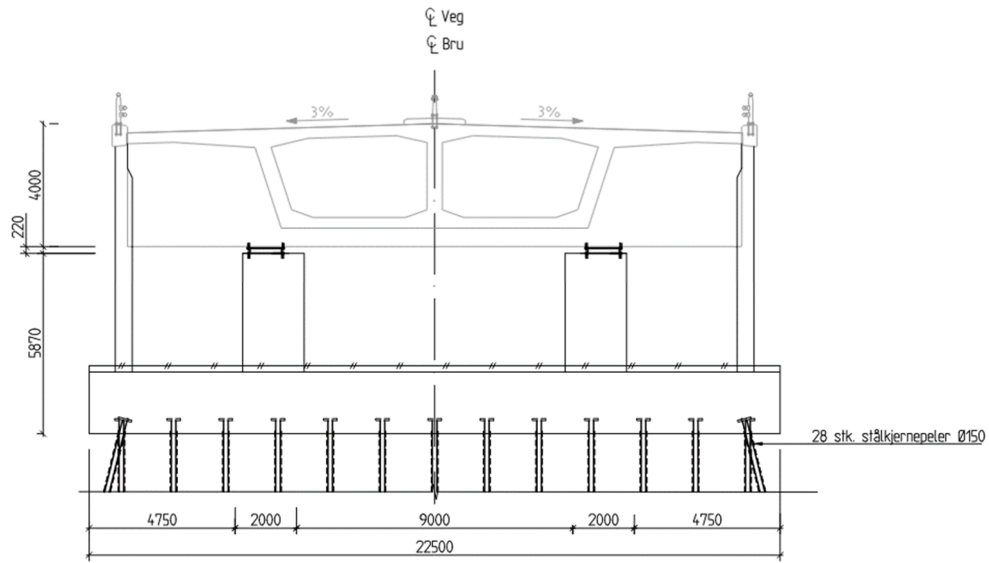
Søylene har skivegeometri og er faset av på hjørnene for å redusere påvirkning fra islast, se Figur 6-8. Søylene er vurdert med generell dimensjon på 4000mmx1800mm. For aksene med fastholdning er det vurdert med dimensjon 5000mmx2200mm. Søylene i varierer i høyde fra ca. 10-24 meter.



Figur 6-8 Søylegeometri og senkekasse. Kilde: Vedlegg B, tegning K200-06 / COWI AS

Fundamentering direkte på berg vil være aktuelt for aksene 2, 3 og 4. Fundamentene i disse aksene vil ligge neddykket under vann og fundamentene planlegges etablert med stålpunt til berg. Underkant fundament i disse aksene antas å ligge ca. 10 til 15 meter under høyeste regulerte vannstand, HRV (123.15 m.o.h). For akse 22 er det vurdert fundamentering på borede stålkjernepeler til berg. For detaljer se Vedlegg A og B.

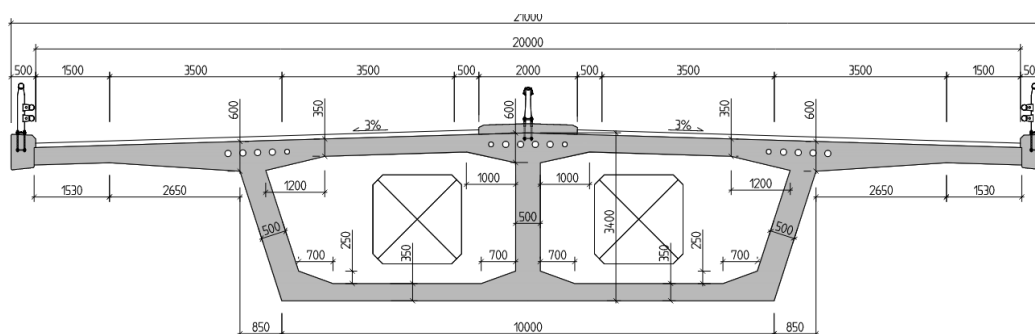
Landkaret i akse 1 antas fundamentert på masseutskiftning over berg. Landkaret etableres med to søyler, bakvegg og tilhørende vinger i tillegg til lagre og fuge. Landkar i akse 23 antas etablert med stålkjernepeler til berg. Landkaret etableres med to søyler, bakvegg og tilhørende vinger i tillegg lagre og fuge. Se oppriss av landkar i akse 23 i Figur 6-9 nedenfor.



Figur 6-9 Landkar akse 23, Oppriss Kilde: Vedlegg B, K200-03 / COWI AS

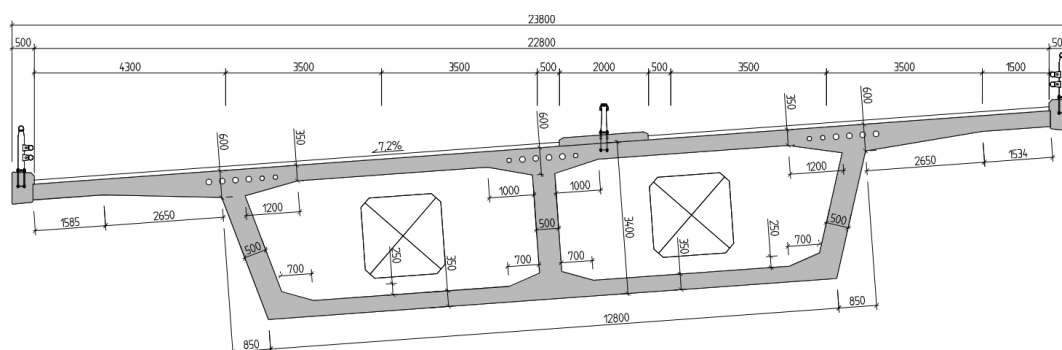
6.2.2 Overbygning

Med spennlengder som eksisterende Mjøsbru egner kassebru i betong seg godt også for den nye brua. Den nye brua vil bli en større tvilling til den eksisterende Mjøsbrua med spennlengde på 69 meter og totalbredde på 21 meter (bredde på 23,8 meter mot Moelv). Vurdert tverrsnitt i forprosjektet er som vist i Figur 6-10. I forprosjektet er kassehøyden for overbygningen til ny bru vurdert til 3,4 meter, ca. det samme som eksisterende bru, se Figur 6-5.



Figur 6-10 Typisk snitt overbygning ny Mjøsbru alternativ 1 Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-20 / COWI AS

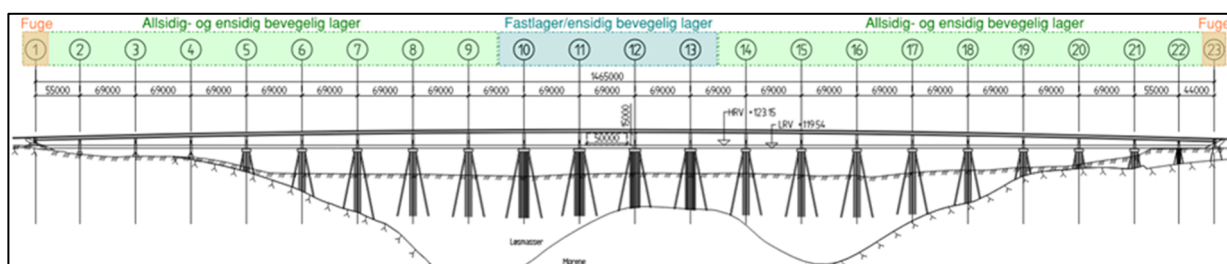
Breddeutvidelse på bru er nødvendig mot Moelv i øst hvor det er krav til stoppsikt i sving. I forprosjektet er dette løst med å utvide celletverrsnittet for betongkassen (symmetrisk utvidelse av cellene, eksentrisk plassering av senterlinje vei), se Figur 6-11.



Figur 6-11 Typisk snitt m/breddeutvidelse Kilde: Fra Vedlegg B, tegning K200-20 / COWI AS

6.2.3 Lager og fuger

I forprosjektet for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er det valgt fuger i begge bruender ved landkar i akse 1 og 23. For fastholdning av brua i lengderetning er det fastlager i akse 10 til akse 13. I øvrige akser er det planlagt glidelager, se Figur 6-12. I tverretning fastholdes brua i alle akser med bruk av ensidig bevegelig lagre.



Figur 6-12 Valgt statisk system Kilde: Fra Vedlegg A, Kapittel 5 / COWI AS

For detaljer angående lager og fuger se beregninger i Vedlegg A og tegninger i Vedlegg B.

Underveis i prosjektet har det blitt vurdert flere ulike statiske systemer med tanke på fastholdning og bevegelse i bruas lengderetning. Eksisterende bru er delt i flere bevegelsesdeler med bruk av fuger. Dette er ikke en ønskelig løsning på grunn av utfordringer med bestandighet av fuger og risiko for skader på brua om funksjonalitet av fuger ikke opprettholdes. Det er dermed valgt at overbygning skal være kontinuerlig i hele bruas lengde. Mest aktuelle alternativ er da enten velge å holde brua fast ved en ende og bruke glidelagre i alle andre akser, eller å holde brua fast i midten med fri bevegelse mot begge ender.

Alternativ med kun fastholding i enden (i akse 1) gir veldig stor konsentrasjon av horisontal kraft i denne akse (estimert som 30 MN), noe som er utfordrende å håndtere. Total bevegelse i akse 23 er da estimert til ca. 1,3 m, noe som forutsetter stor bevegelsesfuge og glidelagre med store bevegelsesmuligheter. Den konsentrerte horisontalkraften i lengderetningen vil i tillegg gi utfordringer i bruas tverretning grunnet horisontalkurvatur mellom akse 1 og 6.

Med tanke på utfordringene diskutert over, er det vurdert optimalt å fastholde brua på midten. I forprosjektet er det valgt å fastholde brua i fire av de midtre aksene (akse 10 til 13), disse aksene får da større krefter og har dermed også flere peler. Med fastholdning i midten utnyttes også det gode morenelaget som det fundamenteres til i akse 12 og 13. Flere akser med fastlagre vil redusere horisontale krefter i hvert lager fra ytre krefter (bremsekrefter, vind og friksjonskrefter fra akser med glidelagre), mens indre krefter (tvangskrefter fra temperatur, forspenning med tilhørende langtidseffekter) gir økte krefter i lagre som ligger i ytterste akser fra bevegelsessenteret. For å begrense

fastholdningskreftene er det vurdert optimalt med fastholdning i de fire midtre aksene. I en detaljprosjekteringsfase kan det vurderes å fastholde i flere/færre akser. F.eks kan det vurderes å kun fastholde i akse 12 og 13 hvor det er antatt gode fundamenteringsforhold med peler til morene.

6.2.4 Rekkverk og belegning

Ytterrekkverk er valgt i styrkeklasse H2 iht. håndbok N101. Midtrekkverk er tilsvarende i styrkeklasse H2.

Belegning er belegningsklasse A3-4, med bindlag og slitelag Ab16 pmb, hvert lag med tykkelse 40mm. Membran er Topeka 4S med tykkelse 12mm. Samlet belegningstykkelse 92mm.

6.2.5 Forutsetninger og øvrige vurderte løsninger

I forbindelse med tidligere faser i prosjektet er det også utført innledende kostnadsvurderinger av samvirkebru i Alternativ 1, men dette er funnet dyrere enn betongalternativet og derfor ikke vurdert videre. Det kan imidlertid vurderes å åpne opp for samvirkebru i en totalentreprise, i tilfellet tilbydere likevel skulle vurdere at dette gir lavere kostnader. Dette vil da være med forutsetning av valgt søylepassering blir akseptabel ift. eksisterende bru samt at veilinja tilpasses slik at overbygningen kan lanseres.

Forprosjektet er utarbeidet basert på krav i gjeldende regelverk. Herunder gjeldende vegnormaler/håndbøker fra Statens vegvesen og Eurokoder, for detaljer se Vedlegg A og B.

Dimensjonerende brukstid er 100 år. Elementer og utstyr som har dimensjonerende brukstid mindre enn 100 år skal kunne skiftes ut. I tilfellet med kassebru i betong kan det være aktuelt å bytte ut rekkverk samt fuger og lagre i løpet av levetiden. Det legges til rette for utskifting av lager med jekkeflater på søyler samt oppstikkende boltegrupper for rekkverk.

6.3 Kostnad

Mengder og kostnader for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord er vurdert med utgangspunkt i resultater fra forenklet beregningsmodell av brukonstruksjonen utført i forbindelse med forprosjektet, se Vedlegg A. Enhetspriser er basert på erfaring fra tidligere prosjekter. En sammenligning med prisnivå på Tangenvika jernbanebru er utført. Mengdeberegningen og kostnadene inkluderer ikke tilstøtende konstruksjoner samt kryss og ramper, kun ny bru inkludert landkar.

Når tillegg for prosjektering er inkludert utgjør entreprisesum med kostnadsnivå 4. kvartal 2021 følgende:

	Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro	Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
A.1	Riggareal, Biri bruk			RS	50 000 000
A.2	Grunnundersøkelser			RS	50 000 000
A	Forberedende arbeider				100 000 000
B.1	Overbygning, Betong	15 500	26 920 m ³		417 260 000
B.4	MSS for betongbjelke			RS	70 000 000
B	Overbygning				487 260 000
C.1	Søylar	15 500	3 334 m ³		51 677 000
C.2	Landkar	15 500	1 507 m ³		23 358 500
C.3	Pelehoder, Betong	10 000	9 852 m ³		98 520 000
C.4	Pelehoder, Ballastbetong	8 000	4 711 m ³		37 688 000
C.5.1	Senkekasser	7 000 000	17 stk		119 000 000
C.5.2	Spunkasse	3 500 000	3 stk		10 500 000
C	Underbygning				340 743 500
D.1	Peler stål Ø1420/Ø1220, Leveranse	21 000	10 529 tonn		221 109 000
D.2	Peler, Spesiell rigg			RS	60 000 000
D.3.1	Peler, Ramming Ø1420	48 000	10 923 m		524 304 000
D.4	Peler, Boring Ø1220	48 000	2 225 m		106 800 000
D.7	Utstøping peler	8 000	18 583 m ³		148 664 000
D.9	Stålkjernepeler Ø219/OD150	7 000	1 191 m		8 337 000
D	Peler				1 069 214 000
E.1	Lager og fuger			RS	10 400 000
E.2	Rekkverk	18 000	1 485 m		26 730 000
E.3	Belegning	14 000	1 465 m		20 510 000
E.4	Annet utstyr			RS	5 000 000
E	Utstyr				62 640 000
	SUM				2 059 857 500
	Generell rigg, risiko, admin. og fortjeneste	24 %			494 365 800
	Prosjektering	6 %			123 591 450
	Sum entreprise Q4 2021				2 677 814 750
	Kostnad pr. m eks. mva.				1 827 860

Alle priser er eks. mva. men inkludert påslag for administrasjon, ledelse, risiko og fortjeneste. Ytterligere beskrivelse av hva som er inkludert i de enkelte postene følger:

	Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro	Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
A.1	Riggareal, Biri bruk			RS	50 000 000
A.2	Grunnundersøkelser			RS	50 000 000
A	Forberedende arbeider				100 000 000

A.1 Riggareal, Biri bruk

Posten omfatter:

Leie av areal ca. 15 000 m²
Klargjøring av areal, tilkjøring, avretting og komprimering av masser
Topplag
Oppgradering vei og avkjøring
Tilretteling for sveising og fløting av ferdige peler
Etablere molo for tilkomst til lektere, inkl sikring av fylling.

A.2 Grunnundersøkelser

Posten omfatter:

Nødvendige, kompletterende grunnundersøkelser for peling og fundamentering
i Mjøsa inkludert landkar

Post A.2 er vurdert med utgangspunkt at kompletterende grunnundersøkelser og prøvepeling utføres som planlagt.

	Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro	Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
B.1	Overbygning, Betong	15500	26920	m ³	417 260 000
B.4	MSS for betongbjelke			RS	70 000 000
B	Overbygning				487 260 000

B.1 Overbygning, Betong

Posten omfatter:

Støping og montasje av betongdekke inkludert
Betong B45
Armering 180 kg/m³ betong
Spennarmering 5,2 mMN/m³
Forskaling 0,25 m²/m³
Avretting og herdetiltak

B.4 MSS for betongbjelke

Posten omfatter:

Anskaffelse og bruk av MSS inkludert tilrigging og nedrigging på stedet
Forskaling av underside bru og innvendig celler inngår i kostnad for MSS

Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro		Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
C.1	Søyler	15500	3334 m ³		51 677 000
C.2	Landkar	15500	1507 m ³		23 358 500
C.3	Pelehoder, Betong	10000	9852 m ³		98 520 000
C.4	Pelehoder, Ballastbetong	8000	4711 m ³		37 688 000
C.5.1	Senkekasser	7000000	17 stk		119 000 000
C.5.2	Spunkasse	3500000	3 stk		10 500 000
C	Underbygning				340 743 500

C.1 Søyler

Posten omfatter:

Støping og alle øvrige arbeidet for produksjon av søyler
Betong B45
Armering 210 kg/m³ betong
Forskaling 1,5 m²/m³
Avretting og herdetiltak

C.2 Landkar

Posten omfatter:

Støping og alle øvrige arbeidet for produksjon av landkar
Betong B45
Armering 160 kg/m³ betong
Forskaling 1,5 m²/m³
Samt graving, sprengning, tilbakefylling, avretting og herdetiltak
Stålkjernerpeleer Moelv, se D.9

C.3 Pelehoder, Betong

Posten omfatter:

Støping og øvrige betongarbeider for pelehoder
Betong B45
Armering 140 kg/m³ betong
samt avretting og herdetiltak

C.4 Pelehoder, Ballastbetong

Posten omfatter:

Støping og øvrige arbeider for ballastbetong for pelehoder
Betong B35
Minimumsarmering

C.5.1 Senkekasse

Posten omfatter:

Produksjon og montasje av senkekasser for pelehoder
I prosessen inngår også innfestning og tilpasning til peler og nødvendig riving etter at produksjon av pelehodet er ferdigstilt
Omfatter også forskaling av ballastbetong og pelehoder

C.5.2 Spunkasse

Posten omfatter:

Produksjon og montasje av spunkasse for fundamentering på berg
Omfatter også forskaling for fundament og tilpasning mot berg

NB. Det er begrenset kostnadsgrunnlag for bygging av senkekasser i fritt vann i denne størrelsen. Dette medfører noe forhøyet usikkerhet i kostnad for post C.5.1.

Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro		Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
D.1	Peler stål Ø1420/Ø1220, Leveranse	21000	10529	tonn	221 109 000
D.2	Peler, Spesiell rigg			RS	60 000 000
D.3.1	Peler, Ramming Ø1420	48000	10923	m	524 304 000
D.4	Peler, Boring Ø1220	48000	2225	m	106 800 000
D.7	Utstøping peler	8000	18583	m ³	148 664 000
D.9	Stålkjernepeler Ø219/OD150	7000	1191	m	8 337 000
D	Peler				1 069 214 000

D.1 Peler stål Ø1420/Ø1220, Leveranse

Posten omfatter:
Leveranse av stål for peler Ø1420 og Ø1220 inkludert pelespisser
Stålkvalitet S355
Omfatter også transport og sammenstilling på land

D.2 Peler, Spesiell rigg

Posten omfatter:
Rigg for monasje av peler for både ramming, utstøping og boring av peler
Omfatter tilrigging og nedrigging og transport til Mjøsa av utsyr
for arbeider beskrevet i D.3 og D.4
Posten omfatter også nødvendig mannskap for arbeidet

D.3.1 Peler, Ramming Ø1420

Posten omfatter:
Kostnader for monasje av rammede peler Ø1420 og Ø1220
Omfatter kostnader for flåter, båter, kraner, hammere og annet nødvendig
utstyr for ramming av peler samt nødvendig mannskap

D.4 Peler, Boring Ø1220

Posten omfatter:
Kostnader for monasje av borede peler Ø1220
Omfatter kostnader for flåter, båter, kraner og annet nødvendig
utstyr for boring av peler samt nødvendig mannskap

D.7 Utstøping peler

Posten omfatter:
Utstøping av peler inkludert pumping, transport både på land og på Mjøsa
Innkluiderer også nødvendig bemanning for arbeidet samt flåter, båter etc.
Armering 125 kg/m³ betong

D.9 Stålkjernepeler Ø219/OD150

Posten omfatter:
Omfatter leveranse og monasje av stålkjernepeler Ø219/OD150
Stålkvalitet S355

NB. Det er begrenset kostnadsgrunnlag for underbygning av denne typen. Dette medfører noe forhøyet usikkerhet i kostnad. Spesielt gjelder det D.2, D.3 og D.4

	Kostnad Alternativ 1 Nord - Betongbro	Kost./enh.	Mengde	Enh.	Kostnad
E.1	Lager og fuger			RS	10 400 000
E.2	Rekkverk	18000	1485 m		26 730 000
E.3	Belegning	14000	1465 m		20 510 000
E.4	Annet utstyr			RS	5 000 000
E	Utstyr				62 640 000

E.1 Lager og fuger

Posten omfatter:

Leveranse og montasje av totalt 46 POT lager
hvorav 23 ensidig bevegelig, 19 allsidig bevegelig og 4 fastholdt
Leveranse og montasje av 2 fuger med bevegelseslengde ca. 800 mm

E.2 Rekkverk

Posten omfatter:

Leveranse og montasje av kjørestyrke rekkverk på begge sider av brua samt midtrekkverk
Brurekkverk med rør: Styrkeklasse H2
Midtrekkverk: Styrkeklasse H2

E.3 Belegning

Posten omfatter:

Leveranse og legging av asfalt på bru.
Membran: 12 mm (Topeca 4S)
Bindlag: 40 mm (Ab16)
Slitelag: 40 mm (Ab16)

E.4 Annet utstyr

Posten omfatter:

Leveranse og montasje av øvrig utstyr inkludert el, belysning, skilt,
trapper og luker

6.4 Risiko

6.4.1 Gjennomføring

Det vurderes ikke å være vesentlig risiko knyttet til gjennomføring av ny Mjøsbru alternativ 1 - nord. Både overbygning med betongkasse utført med MSS og rammede peler Ø1420 som støpes ut er velprøvde løsninger. I flere av aksene vil pelene bli rett i overkant av 80 meter, dette kan by på utfordringer knyttet til utstøping, men vurderes likevel som en akseptabel risiko. Det kreves omfattende bruk av tungt utstyr, men dette vurderes å være innenfor erfaringsområdet til store entreprenører i det internasjonale markedet.

6.4.2 Framdrift

Framdriftsrisiko er først og fremst knyttet til ramming av peler. Ramming av peler for et fundament med 14 stk Ø1420 peler vurderes til typisk 400-500 timer. Under forutsetning av at det arbeides 6 dager i uken av 12 timer utgjør dette total 6-7 uker pr. fundament. For fundament med 10 peler som bores til berg kan det forutsettes 5-6 uker pr. fundament.

Et effektivt arbeidsår med peling må reduseres for perioder med is, helligdager og dager med for mye vind/bølger. Legger man 36 uker til grunn, framgår at man typisk kan montere peler for 6 akser i løpet av ett år. Denne framdriften forutsetter at utstøping av pelene utføres med egen flåte/kran.

Brua i nord har totalt 17 akser som skal peles i vann. Av de 17 aksene er det 6 som er grunnere og som antas utført med boring til berg fra egen flåte med eget utstyr.

Konklusjonen er at peling trolig kan gjennomføres i løpet av to år forutsatt at støping utføres fra egen flåte, samt at det arbeides med to peleriggler minst en sesong. En ytterligere reduksjon av sesong enten på grunn av klima (is/vind) eller på grunn av vern av fisk kan medføre betydelig forsinkelse. Alternativt kan enda en pelerigg med tilhørende kran og flåte skaffes.

Det vurderes følgelig at det er risiko for at byggetid blir lengre enn ønsket på grunn av kombinasjon klima og miljøkrav. Videre er det sannsynlig at entreprenører vil legge inn økonomisk påslag om øvre ramme for byggetiden settes for kort i forhold til arbeidet som skal utføres og begrensninger i tilgjengelig arbeidsperiode.

Avvik i forhold til forventede grunnforhold kan medføre ytterligere økning av tiden som kreves pr. fundament.

6.4.3 Kostnader

Planer er utviklet til typisk nivå for reguleringsplan/forprosjekt. I henhold til Statens vegvesen håndbok R764 [3], bør da estimat ha usikkerhet +/- 10 til 20%. Denne usikkerheten vurderes å være realistisk også for Ny Mjøsbru, alternativ 1.

Samlet usikkerhet til estimatet er en sum av usikkerhet knyttet til ulike årsaker. Overordnet kan usikkerhet deles i fire deler, marked, rammebetingelser, modenhet og grunnforhold.

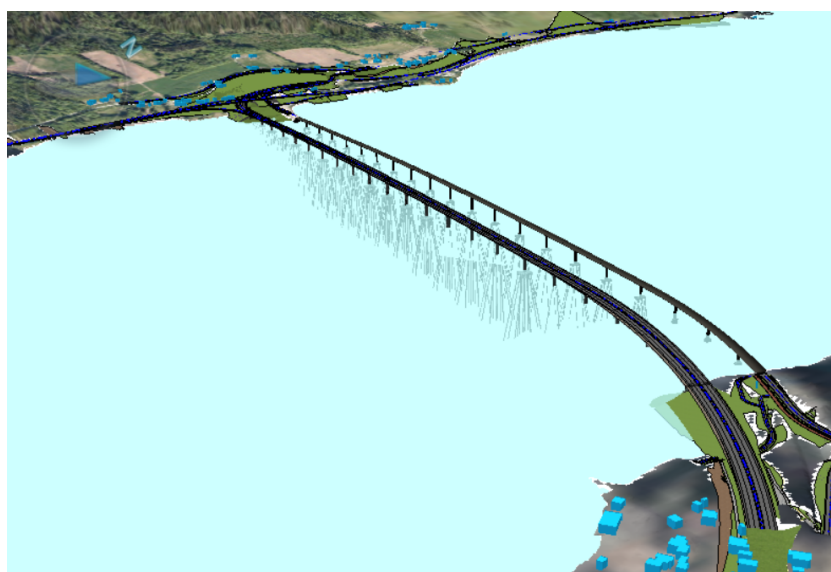
Noe av usikkerheten knytter seg til forhold som i liten grad lar seg redusere med innsats i prosjektet. Dette gjelder først og fremst markedsrelaterte forhold, men også andre forhold som for eksempel Statsforvalterens beslutninger vedrørende støy.

For Ny Mjøsbru er det begrenset med sammenlignbare prosjekt som grunnlag for vurdering av pris. Dette skyldes at arbeidet skal utføres i en svært dyp innsjø, der det er over 10 mil fra brusted til nærmeste havn. Dette skaper utfordringer knyttet til logistikk og tilgjengelighet til tungt utstyr som for eksempel flåter og slepebåter. Samlet gir dette en noe større usikkerhet ved kostnadsestimering enn normalt for store bruer.

I tillegg til overnevnte forhold, knytter det seg risiko til begrensede grunnundersøkelser i brulinja.

Vi har utført en kartlegging av spesiell risiko knyttet til Mjøsbru. Kartlegging har fokus på forhold som kan påvirkes ved planlegging og grunnundersøkelser. De registrerte forhold danner grunnlag både for vurdering av restrisiko samt en oversikt over forhold som bør bearbeides videre i en tilbudsphase.

I tillegg til de usikkerheter som framkommer i tabellen, vil det som nevnt være usikkerhet knyttet til marked, rammebetingelser, gjenstående grunnundersøkelser samt forhold som avdekkes ved prosjektering fram til arbeidstegninger.



Figur 6-13 Visualisering ny Mjøsbru alternativ 1 - nord Kilde: Novapoint 2022 / COWI AS

Ny Mjøsbru alternativ 1 - nord

Som det framgår av Tabell 6-1 er ingen risikoer vurdert som høye for ny Mjøsbru alternativ 1 - nord. Åtte poster er vurdert med middels risiko. To av disse er knyttet til grunnforhold med bæreevne av pelene og størrelse på hammer. Risikoene vil reduseres noe med prøvepeling.

Øvrige risikoer går på vurdering av kostnader og tidsbegrensning av arbeidsperiodene. Flere av disse risikoene vil bli mindre i en eventuell tilbudsphase når det er opprettet dialog/mottatt tilbud fra aktuelle entreprenører med sine løsninger og forslag til gjennomføring.

Med utgangspunkt i dette samt konseptets generelle modenhet, vurderes usikkerhet til 20%, dvs. 500 mill. NOK. Mulig reduksjon vurderes til det halve dvs. -250 mill. NOK.

Nr.	Risiko, beskrivelse	Sannsynlighet	Kostnad	Samlet risk	Kommentar
1	Utfylling i Mjøsa, fundamentering				
1.1	Bæreevne og setninger, eksisterende masser (Vestside)	1	2	2	Fylling er konservativt valgt, men det er fortsatt noe usikkerhet om endelig lengde.
2	Usikkerhet knyttet til grunnforhold				
2.1	Lavere bæreevne enn forventet for pelene	2	2	4	Konsekvens er vurdert med utgangspunkt i at pelene i 4 -5 akser må forlenges med innbil 5m.
2.3	Større hammer enn forventet for å oppnå nødvendig bæreevne	2	2	4	Hammerstørrelse er foreløpig vurdert til 750Kj. Risiko kan ikke lukkes helt for prøvepeling er utført. Større hammer vil kunne ha konsekvens også for størrelse kran og flåte.
2.4					
3	Grove peler				
3.1	Transportkostnad rør fra kai til Mjøsa	3	1	3	Mengde og transportrute kjent - detaljer ikke fastlagt
3.2	Kostnad sammenstilling på land	3	2	6	Omfatter sveis og rigg for sveis
3.3	Kranbehov	3	2	6	Endelig vurdering av kran er ikke utført.
3.4	Arbeidsflåte med nødvendig avstivning pga. kran	3	1	3	Endelig vurdering av flåte er ikke utført.
3.5	Midlertidig avstivningssystem for skrå peler	3	1	3	Begrenset tilgjengelig prisgrunnlag
3.6	Risikopåslag på grunn av manglende erfaring med tilsv. forhold	3	2	6	Vanskelig kvantifiserbar.
3.7	Begrensninger i periode der det kan rammes peler på grunn av miljøhensyn	3	2	6	Arbeidsperiode er i utgangspunktet begrenset pga. vinter/is og strøm. Det er i tillegg risiko for begrensninger knyttet til fisk
4	Brukasse, betong (nord)				
4.1	Kostnad leveranse MSS	3	2	6	Usikkerhet knyttet til breddeutvidelse
4.2	Transport og opprigging MSS (transport fra havn til Mjøsa)	2	1	2	
5	Pelehoder				
5.1	Kostnader etablering tørr form	3	2	6	Begrenset prisgrunnlag
6	Kai				
6.1	Kostnad etablering/fjering	3	1	3	Risiko redusert med grunnundersøkelser

Sannsynlighet	Kostnad	(Alle kostnader i mill. NOK)
≤2%	1	<10
2 -10%	2	10-50
10-20%	3	50-100
20-50%	4	100-500
>50%	5	>500

Høy risiko: 8 til 12	Totalt: 0 stk
Middel risiko: 4 til 6	Totalt: 8 stk
Lav risiko: 1 til 3	Totalt: 6 stk

Tabell 6-1 Oversikt over risiko ny Mjøsbru alternativ 1 - nord

7 Bærekraft

Konsept for ny Mjøsbru er utviklet gjennom flere faser etter at kommunedelplanen ble vedtatt. Målsetting for utviklingsarbeidet har hele tiden vært å tilfredsstille Nye veiers mål for prosjektet. For brua har i hovedsak 3 delmål vært styrende:

- Bærekraft
- Kostnad
- SHA (Se eget kapittel i fagrapport Ny Mjøsbru – Anleggsgjennomføring, samt egen fagrapport)

Klimagasser og særlig CO₂ er en viktig del av bærekraft. Det er også andre viktige element som giftighet av materialer og tilsetningsstoffer.

Det viktigste tiltaket for å redusere utslipp av CO₂ er reduksjon av materialforbruk. Materialforbruk styres i stor grad av arealet på overbygning, og reduksjon av både lengde og bredde på brua har hatt høyt fokus.

Midlertidige konstruksjoner bør i størst mulig grad kunne gjenbrukes i andre prosjekt, eller som et minimum kunne gjenvinnes. Optimalisert prosesser for gjennomføring vil også være viktig for å redusere CO₂ utslipp fra prosjektet.

7.1 Beslutnings grunnlag

Ved oppstart av prosjektet ble prosjekteringsgrunnlaget revurdert. Særlig to beslutninger er viktige for bærekraft:

- Det ble besluttet å benytte eksisterende bru som gang og sykkelveg. Dette vil først og fremst være et viktig bidrag til å redusere bredde på ny bru, men man unngår også riving av den gamle brua.
- Det ble åpnet for å legge hastighet under 110km/t til grunn. For brua medfører dette redusert breddeutvidelse i kurver og redusert behov for ramper for av og påkjøring.

7.2 Optimalisering av permanente konstruksjoner

7.2.1 Underbygning

To forhold påvirker i stor grad utslipp klimagass fra underbygningen.

- Lengde av brua
- Vanndybde under bru.

Med utgangspunkt i lengde og dybde, er det vurdert et betydelig antall veilinjer som grunnlag for endelig valg av veilinje i forprosjektet.

Det er utført omfattende grunnundersøkelser og det anbefales at disse kompletteres med prøvepeling for å optimere lengder og godstykkelse av stålørspeler.

7.2.2 Overbygning

Underveis i prosjektet har det blitt enighet om å redusere generell føringsbredde på brua fra 23m til 20m.

Kurvatur og ramper er så langt det har latt seg gjøre skjøvet inn på land for å unngå breddeutvidelse av overbygningen. For alternativ 2 har brua nå konstant bredde 20m i hele lengden. Alternativ 1 har fortsatt noe breddeutvidelse på grunn av kurvatur mot øst. Ytterligere optimalisering bør vurderes.

Omfattende arbeid er gjort for å redusere lengde på brua, blant annet er fyllinger i Mjøsa optimalisert. Særlig ny fylling for alternativ 2 ca. 200m ut i Mjøsa ved Moelv, har stor betydning for brulengde.

Spennvidder er optimalisert for begge løsninger. For alternativ 1 er spennvidde styrt av krav til gjennomseiling og estetikk, men det er også slik at 69m er en nær optimal løsning for denne typen overbygning med tanke på medgått mengder materiale. I alternativ 2 er spennvidde først og fremst styrt av totalt forbruk av materialer.

7.3 Optimalisering av anleggsgjennomføring

7.3.1 Underbygning

Underbygningen består i hovedsak av stålørspeler som rammes ned til faste lag i grunnen. Dette er velkjente metoder for bygging, men det store vanddypet stiller spesielle krav til styring av pelene under ramming. I innledende faser ble det planlagt med styringsrammer i stål på sjøbunnen. Dette stålet vil ikke vært mulig å gjenbruke eller gjenvinne.

I endelig konsept er rammene på sjøbunnen erstattet av en kraftig stålrigg over vann. Rigger over vann må trolig også spesial bygges, men kan gjenbrukes i alle akser på brua. Etter at prosjektet er avsluttet vil stålet i riggen kunne gjenvinnes.

7.3.2 Overbygning

Vi har valgt to ulike løsninger for overbygning i alternativ 1 og 2.

I alternativ 1 benyttes forskalingsvogn MSS (Moving scaffolding system). Redusert vekt av overbygning, vil redusere stålmengde i MSSen. MSSen må bygges for den tyngste delen av brua, og det vil derfor være viktig å redusere breddeutvidelse på grunn av stoppsikt i kurve. MSSen kan bygges om og benyttes i senere prosjekt.

Alternativ 2 bygges med et ståltrau som skyves ut fra land. Framskyving krever diverse midlertidige tiltak, men alt utstyr for skyving kan normalt gjenbrukes.

7.4 Bestandighet og drift

En viktig del av bærekraft er sikre lang levetid med begrenset vedlikehold for konstruksjoner. Dette oppnås normalt best ved å benytte velprøvde løsninger og materialer, og vi har derfor valgt stål og betong som hovedelement i brua. Riktig utført betong er svært bestandig og vil være tilnærmet vedlikeholdsritt i bruas levetid. Stål over vann vil kreve fornyelse av overflatebehandling, men om det planlegges for framtidig vedlikehold vurderes dette ikke som spesielt utfordrende.

Det kan argumenteres for at overbygning i tre har lavere klimagassutslipp enn betong og stål. Imidlertid må treverk impregneres med kobber og ofte også kreosot for å oppnå tilstrekkelig levetid. Dette medfører andre typer miljøbelastning som heller ikke er ønskelig. Videre vil en trebru over Mjøsa, tøye grensene for trebruer svært langt utenfor dagens erfaringsbase. Det vurderes ikke som realistisk å få godkjenning for en så grensesprengende trebru i overskuelig framtid sett i lys av hendelsene på Tretten og informasjon som har framkommet i forbindelse med pågående gjennomgang av norske trebruer.

7.5 Videre arbeid

Tiltak som begrense utslipp av klimagasser bør innarbeides i konkurransegrunnlaget. Dette gjøres ofte ved å stille CO₂ krav pr. enhet (tonn/m³) til enkelt komponenter som stål og betong.

Det kan også gjøres mer ambisiøst ved å stille krav til større deler av prosjektet. Da åpnes det for eksempel for bruk av stål med høyere fasthet og høyere CO₂ ekvivalent pr. tonn. Redusert mengde ståltonnasje vil i mange tilfeller mer enn kompensere for denne økningen pr. tonn.

8 Referanseliste

1. NV34E6MR-KNS-RAP-0049, 2022, COWI AS, Forprosjekt ny Mjøsbru anleggsteknikk
2. NV34E6MR-GTK-RAP-0029, 2022, COWI AS, Fagrappport geoteknikk - Ny Mjøsbru.
3. Håndbok R764 – Anslagsmetoden, Juni 2021, Statens vegvesen
4. Multiconsult, Nye Veier, «10201616-RIMAT-RAP-002 Mjøsbrua konseptevaluering, Begrenset spesialinspeksjon over vann», 2018.
5. Vegdirektoratet, Veglaboratoriet, »E98B nr. 2 - E6 Mjøsbrua, Fundamentering oppfølging og kontroll erfaringsrapport,« 1987.
6. Teknisk notat MR1-MUL-DE-MB-ST-DEN-K005, 2020, Multiconsult, Ice Loading
7. Statens Vegvesen - Håndbok N400, Bruprojektering, 2022
8. Rapport, Korrosjon av stål i ferskvann, 2022, SINTEF Industri
9. NS-EN 1993-5:2007+NA:2010 – Eurokode: Prosjektering av stålkonstruksjoner – Del 5: Peler og spunt
10. Rapport, 8423-01 Mjøsbrua - Føring av 4-felts veg over Mjøsa, Mulighetsstudie, 2006, Aas-Jacobsen/SVV Region Øst.
11. Multiconsult, Nye Veier «10201616-RIMAT-RAP-001 Begrenset spesialinspeksjon under vann. Estimering av korrosjonshastighet på peler», 2018.

9 Vedlegg

Vedlegg A - Beregninger. Forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 - nord

Vedlegg B – Tegninger. Forprosjekt ny Mjøsbru alternativ 1 - nord