

ROVDEFJORDBRUA

Videreutvikling av forprosjekt

Utredning av ilandføringer

12999-02-R-001

Revisjon 1

09. desember 2021



Utført av: Tarjei Meisterplass/Anette Fjeld
Kontrollert av: Stein Atle Haugerud
Godkjent av: Anette Fjeld

Innhold

INNHold	2	
SAMMENDRAG	3	
1 INNLEDNING	4	
2 FORUTSETNINGER	5	
Generelle forutsetninger	5	
Prosjekteringsforutsetninger	5	
Stedlige forhold	6	
Miljølaster	7	
Skipstrafikk	8	
3 FLYTEBRU MED SKIPSKANAL	10	
Beskrivelse	10	
Linjeføring	10	
Flytebru	10	
Skipskanal	10	
4 FLYTEBRU MED SVINGBRU	13	
5 FLYTEBRU MED 45 M SKRÅSTAGBRU	14	
Beskrivelse	14	
Linjeføring	14	
Bruløsning	14	
Bygging	14	
6 NEDDYKKET RØRBRU	16	
Beskrivelse	16	
Linjeføring	16	
Rørbru	16	
7 OPTIMALISERING AV ILANDFØRING SØR	17	
Beskrivelse	17	
Eksisterende terreng	17	
Sammenligning av fylling og bru	17	
Tilkobling av veg fra Åram	18	
8 BYGGING OG INSTALLASJON	19	
Generelt	19	
Produksjon av flytebru	19	
Marine operasjoner	20	
9 ENDRINGER I FLYTEBRU FRA FORPROSJEKT	22	
Brukasse	22	
Pontonger	22	
Dokumentasjon av kapasitet for foreslått tverrsnitt	22	
10 FLYTEBRU 45 M HØYDE FRA KOPARNESET	23	
Beskrivelse	23	
Linjeføring	23	
Bruløsning	23	
Bygging	23	
11 KOSTNADSESTIMAT	24	
Justering av anslag fra 2017	24	
Kostnad veg	24	
		Kostnad brukasse og pontonger 24
		Kostnad marine operasjoner 24
		Total prosjektkostnad 24
		Kostnadsestimat alternativ med skipskanal 25
		Kostnadsestimat alternativ med svingflytebru 25
		Kostnadsestimat rørbru uten spiral 25
		Kostnadsestimat alternativ med 45 m høybru 26
		Kostnadsestimat alternativ med 45 m høybru Koparneset 26
12 REFERANSER	27	

Sammendrag

Dr.techn. Olav Olsen med underleverandøren *Prodtex* har på oppdrag fra *Rovdefjordsambandet AS* utredet ulike ilandføringsalternativer for Rovdefjordkryssingen, som en videreutvikling fra foreliggende forprosjekt [1]. Hensikten er å finne en kryssingsløsning som kunne være selvfinansierende ut i fra rammen gitt av fergeavløsningsmidler og bompenginntekter.

Følgende områder er bearbeidet i prosjektet:

- Vurdere alternative løsninger for ilandføring nord, herunder rørbru uten spiral på Saudeholmen, lav flytebru med skipskanal gjennom Saudeholmen og høgbru med 45 meters seilingshøyde inn til Storeneset. I tillegg vurdere en løsning med 45 m seilingshøyde utenom Saudeholmen og Storeneset.
- Endre linjeføring og kombinere bru/fylling inn fra Bjørlykkeskjæret for å redusere en stor og kostbar sjøfylling.
- Optimalisere stålmengden i flytebrua som følge av utvikling i teknologi og analysemetodikk som har vært siden forprosjektet.

De fem løsningene som er vurdert for ilandføring i nord har alle noen særegne egenskaper. Høybru med 45 m seilingshøyde mellom Saudeholmen og Storeneset er den «enkleste» løsningen, med lite arbeid i grunnen og ingen bevegelige deler. Ulempen er at den legger en begrensning på fremtidig skipstrafikk. AIS-data for dagens skipstrafikk viser imidlertid at nær 100% av alle trafikken som har passert brustedet de siste 5 årene går under 45 m. Høybru med 45 m seilingshøyde mellom Koparneset og Skredestranda har samme egenskaper når det gjelder skipstrafikk, men denne traseen unngår i større grad potensielle konflikter med kulturminner og fremtidig næringsareal.

Flytebru med skipskanal krever en utsprengning av Saudeholmen, men er for øvrig et «lavmælt» alternativ som gir en gunstig ilandføring med veg i dagen over store deler av Storeneset. Løsning gir ubegrenset seilingshøyde, men brua må åpnes for skip i gjennomsnitt 5 ganger i døgnet, og forventet tid som brua må stå åpen er ca 15 minutter per gang. Sammenlignet med dagens ferge vil dette være liten ulempe for bilistene. Flytebru med «svingflytebru» over sundet. I stor grad likt som for alternativet med skipskanal, men her er det mulig å bevare kulturminnet på holmen og man unngår kostnadene med kanal. I tillegg er skipspassasjen bredere. Den bevegelige brua blir, i motsetning til kanalløsningen, utsatt for bølgelaster og tidevann, men det ansees som mulig å håndtere i en detaljfase.

Rørbru over sundet. For å spare den kostbare kulverten på Saudeholmen er der vurdert en rett rørbru som går opp til en flytebru. Denne løsning vil gi ubegrenset seiling uten avbrudd i trafikken, men har en betydelig utfordring på skipsstøt i den lange skvalpesonen. I tillegg vurderes usikkerheten i kostnadsestimatet større for dette alternativet ettersom det er mye arbeid i sjøen.

1 Innledning

Rovdefjorden ligger mellom Sande og Vanylven kommuner på Søre Sunnmøre i Møre og Romsdal. De første seriøse forsøkene på å realisere bru over Rovdefjorden ble lansert omkring 1980. I 1995 vedtok Stortinget at daværende Rv. 14 (dagens E39) skulle legges til grunn for videre planlegging av stamvegen mellom Kristiansand og Trondheim gjennom dette fylket. Kommunene langs kysten satte i gang et arbeid med å få etablert Kystvegen Ålesund – Bergen. Ny bru skal erstatte fergesambandet Årvik – Koparnes på dagens fylkesvei 61, og den vil også redusere behovet for fergesambandet Larsnes - Åram.

Det er utarbeidet og vedtatt en kommunedelplan for kryssingen [2]. I den er det beskrevet ulike traseer for veglinje på nordsiden, og felles for alle alternativene er at krysningsløsningen er en flytebru mellom Bjørlykkeskjæret og Saudeholmen som via en spiral på Saudeholmen går over i en rørbru inn til Storeneset.

Det er en grunnleggende forutsetning for prosjektet at det skal være selvfinansierende, dvs. at det skal ikke belaste det fylkeskommunale budsjettet. Etter godkjent kommunedelplan har prosjektet vært gjennom KS1, og konklusjonen fra denne analysen er at bruløsningen slik den er beskrevet i forprosjektet fra 2017 ikke vil være selvfinansierende eller samfunnsøkonomisk lønnsom. Det er derfor et behov for å finne alternative krysningsløsninger som har en lavere kostnad.

Videreutvikling av forprosjektet er startet med målsetting om å optimalisere bruløsningen innenfor følgende områder:

- Vurdere alternative løsninger for ilandføring i nord, herunder rørbru uten spiral på Saudeholmen, lav flytebru med skipskanal gjennom Saudeholmen og høgbru med 45 meters seilingshøyde inn til Storeneset.
- Endre linjeføring og kombinere bru/fylling inn fra Bjørlykkeskjæret for å redusere en stor og kostbar sjøfylling.
- Optimalisere stålmengden i flytebrua som følge av utvikling i teknologi og analysemetodikk som har vært siden forprosjektet.
- I tillegg vurdere en løsning med 45 m seilingshøyde utenom Saudeholmen og Storeneset.

Denne rapporten beskriver utredningen av identifiserte alternativer og gir anbefalinger for valg av krysningskonsept for videre detaljering. De ulike ilandføringsløsningene presenteres med beskrivelse av foreslått linjeføring og tekniske løsninger, estimerte kostnader og prinsipielle tegninger. Rapporten sammenfatter også prosjekteringsforutsetningene som er lagt til grunn for optimaliseringen.



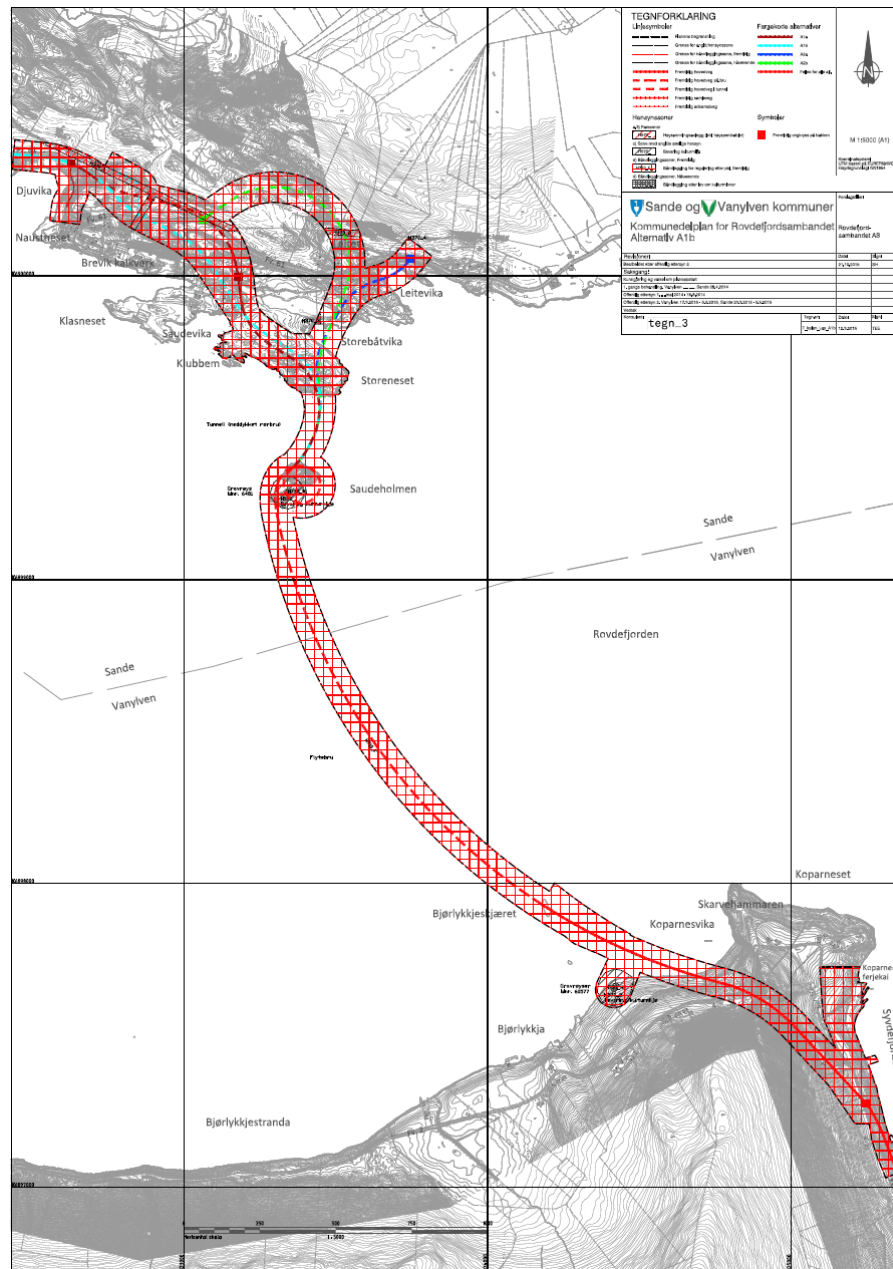
Figur 1-1 Bruløsning fra forprosjekt 2017

2 Forutsetninger

Generelle forutsetninger

Offentlige planer

Det utarbeidet og vedtatt (2016) en kommunedelplan for fremtidig fergefri kryssing av Rovdefjorden mellom kommunene Vanylven og Sande. Kommunedelplanen [2] angir kryssningstrasér og ulike alternativer for ilandføring i nord. Veglinje A2a ble valgt.



Kartgrunnlag

Koordinatsystem for grunnriss for georeferert dokumentasjon skal iht. Statens vegvesens Hb. V770 være:

- Datum : EUREF89
- Kartprojeksjon : NTM
- Sone : 6

Som nullnivå benyttes Normalnull 2000 (NN2000). Dybde data i denne fasen hentes fra Kartverkets elektroniske sjøkart.

Trafikkbetlastning

Trafikkbetlastningen (ÅDT) på fergesambandet var i 2019 på 540 med en tungtrafikkandel på 10 % [3]. I en trafikkanalyse utført av Norconsult i 2018 [4] er trafikkgrunnlaget for Rovdefjordbrua i 2050 estimert til 1 400 – 2 700, avhengig av realisering av andre aktuelle vegtiltak i regionen.

Vegstandard

Rovdefjordsambandet planlegges i dimensjoneringsklasse Hø1 - Øvrige hovedveger, ÅDT < 4 000 og fartsgrense 80 km/t. Krysningen tilrettelegges for gang- og sykkelforbindelse med adskilt GS-veg med bredde 3.0 m. Dette er ikke nødvendig ut i fra vegklassen, men ettersom brukassen må ha en viss bredde for å ha tilstrekkelig kapasitet for miljølaster er det tilgjengelig plass i tverrprofilen. Vegklassen har maksimal stigning på 8% i dagen og 5% i tunnel.

Prosjekteringsforutsetninger

Prosjekteringsgrunnlag

Brukonstruksjonene prosjekteres iht. norsk standard, Eurokodene NS-EN 199X, supplert av bestemmelser i Statens vegvesens Håndbok N400 Bruprosjektering og andre relevante håndbøker med gjeldene utgaver pr. sep. 2020, herunder:

- N100 Veg- og gateutforming
- N200 Vegbygging
- N500 Vegtunneler
- R761 Prosesskode 1 – Standard beskrivelsestekster for vegkontrakter
- R762 Prosesskode 2 – Standard beskrivelsestekster for bruer og kaier

Klassifisering

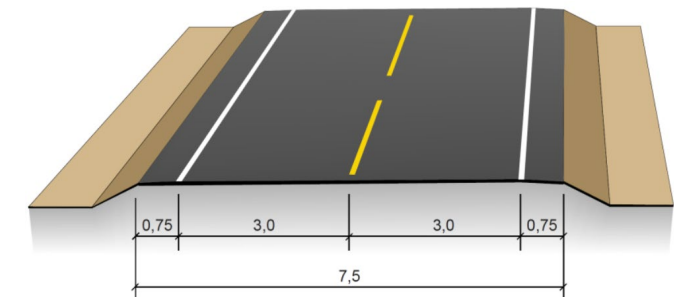
I henhold til NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016, tabell NA.A1 (901) klassifiseres brukonstruksjonene generelt i Pålitelighetsklasse 3. For konstruksjoner i pålitelighetsklasse 3 er det krav til utvidet kontroll for både prosjektering og utførelse jmf. NS-EN 1990:2002+A1:2005+NA:2016 NA.A1.3.1(903)/(904).

Brukstid

Brusambandet skal iht. Hb N400 1.1.6.1 prosjekteres for 100-års dimensjonerende brukstid.

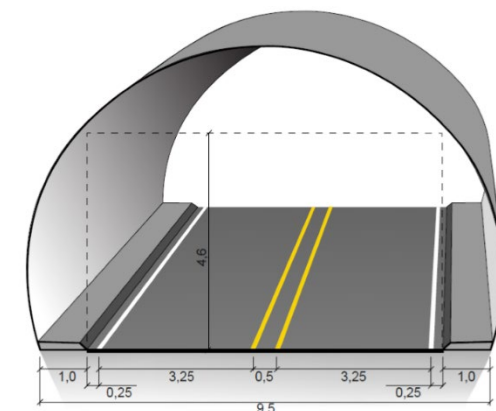
Vegprofiler

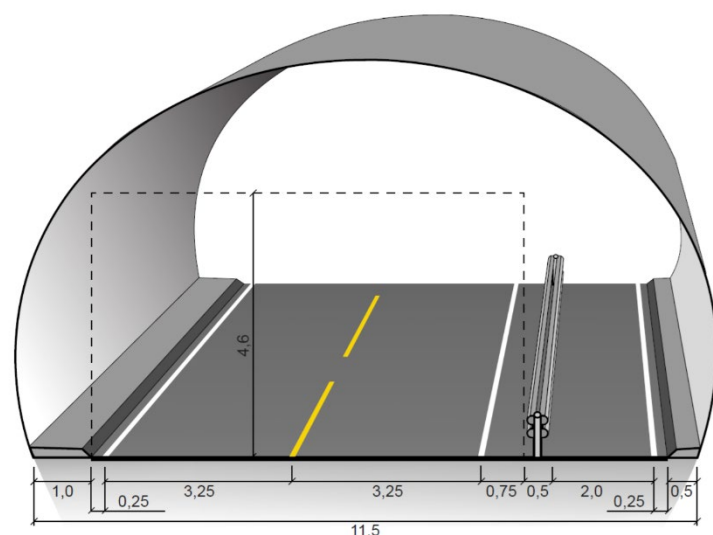
Tverrprofil for veg iht vegklassen er vist i Figur 2-2. Det planlegges ikke med gang- og sykkelveg da det ikke er det på den aktuelle strekningen i dag.



Bredde på bruer på 2-felts veg uten midtrekkverk skal ikke være mindre enn 7,5 m.

Tunneler skal utformes med tunnelprofil T9,5. Tunnelprofil T8,5 kan benyttes når ÅDT ≤ 1 500 forutsatt at sikkerheten er ivarettatt. Ettersom trafikkanalyser viser at ÅDT > 1 500 forventes i løpet av levetiden, legges T9,5 til grunn for videre arbeid. For alternativ med rørbru som må føres videre i en fjelltunnel, benyttes tunnelprofil T11,5GS for fjelltunnelen.





Fribord

Krav til minimum høyde på fribord fra Design Basis [5]:

- Kjørebane direkte på flytelegeme, åpent rekkverk $F > 2,5$ m
- Kjørebane direkte på flytelegeme, tett rekkverk $F > 1,0$ m
- Flytelegeme med hevet kjørebane $F > 1,0$ m

Seilingsled

Krav til seilingsled må avklares i samråd med Kystverket. Seilingshøyde måles fra HAT. Seilingsdybden måles fra LAT og er av Kystverket i en høringsuttalelse foreslått som følger: *Fjordkryssinga kan gjennomførast som ein alternativ kombinasjon mellom flytebru og bru m/minste seglingshøgde på 70m o/HAT, eller som ein kombinasjon mellom flytebru og nedseinka røyrbu med minste seglingsdjupne på 14m LAT.*

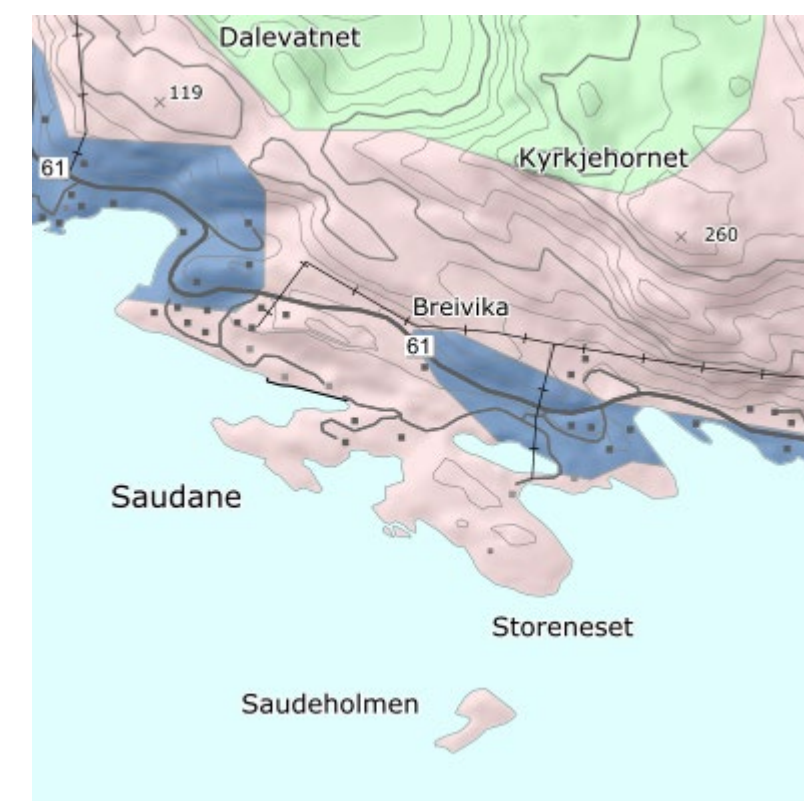
Stedlige forhold

Ny bruforbindelse krysser Rovdefjorden mellom Koparneset og Storeneset. Sør for Koparneset stiger terrenget bratt opp mot Sandfjellet på cirka 700 m.o.h. Mot Årvika/Larsnes i nord er terrenget mindre bratt med stigning opp mot Knottahornet på snaue 400 m.o.h. Langs fjorden på Sande-siden mot nord er landskapet sterkt preget av mangeårig kalkbruddsdrift. De uberørte områdene her består av gårdseiendommer og boligtomter. Koparneset i Vanylven består av gammelt kulturlandskap med spor og preg av århundrelang jordbruksdrift. Landskapet er i stor grad helhetlig uten store inngrep. [2]



Grunnforhold

Geologi og løsmasseforholdene er vurdert på bakgrunn av bergrunnskart og løsmassekart med marine grense fra NGU. Det er på det meste av vegstrekningen på land registrert berg i dagen/tynt løsmassedekke, men stedvis, der det forekommer løsmasseavsetninger av betydning, er det angitt morene og marin strandavsetning. I følge NADAG (Nasjonal Database for grunnundersøkelser) er det utført grunnboringer/totalsonderinger ved Årvik fergekai. Det er der registrert meget faste masser av antatt morene over berg i liten dybde. For øvrig er det ikke kjennskap til tidligere grunnundersøkelser innenfor planområdet, men det antas at det er foretatt geologisk kartlegging ved kalkbruddet.

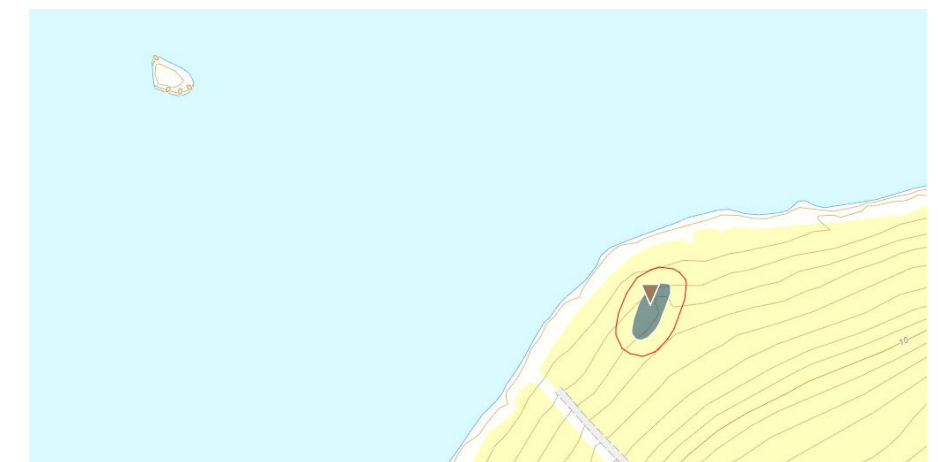
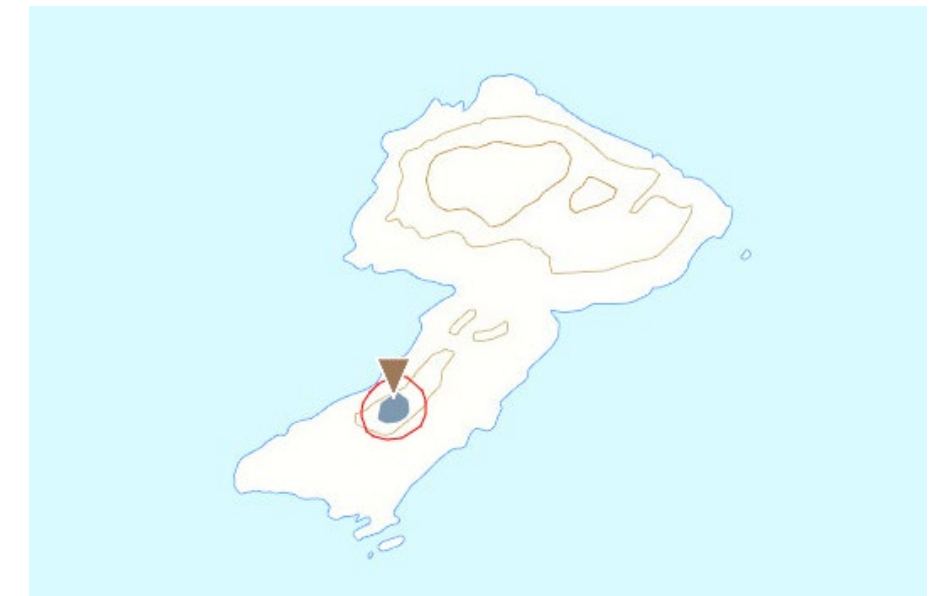
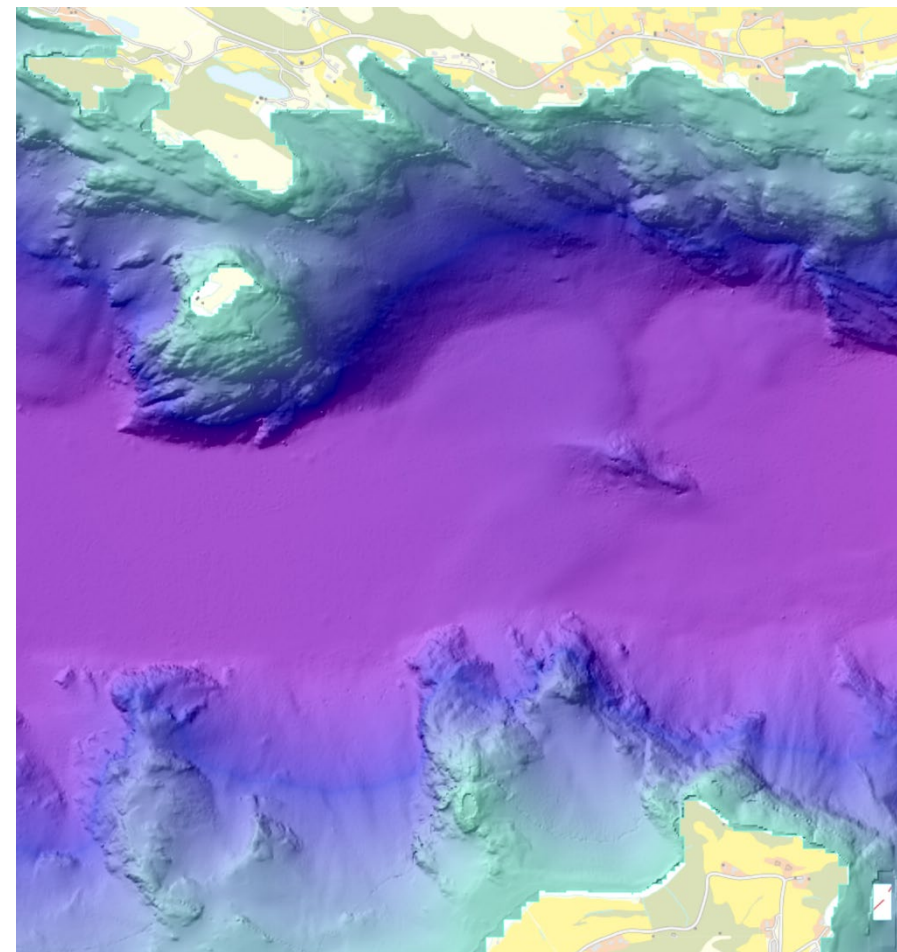




NVEs Aktsomhetskart (Figur 2-8) viser potensiell fare for jord- og flomskred ved Bjørlykkja samt for snøskred og steinsprang i fjellsidene under Aksla. Det forventes ikke at det vil utgjøre noe vesentlige utfordringer for ilandføring av bruforbindelsen, men det må foretas nærmere utredning av farepotensialet og evt. tiltak for valgte krysningsalternativ.

Marine grunnforhold

Sjøbunnsdata fra dybdedata.no antyder at sjøbunnen ved brustedet i stor grad består av synlig berg, men at en stedvis har løsmasser. Disse ventes å være av begrenset mektighet. Av sjøbunnskartet fremkommer flere bratte bergskrenter i Rovdefjorden. Fra og med ca. 300 meters dybde antyder de batymetriske forholdene at en kan ha løsmasser med av betydelig mektighet.



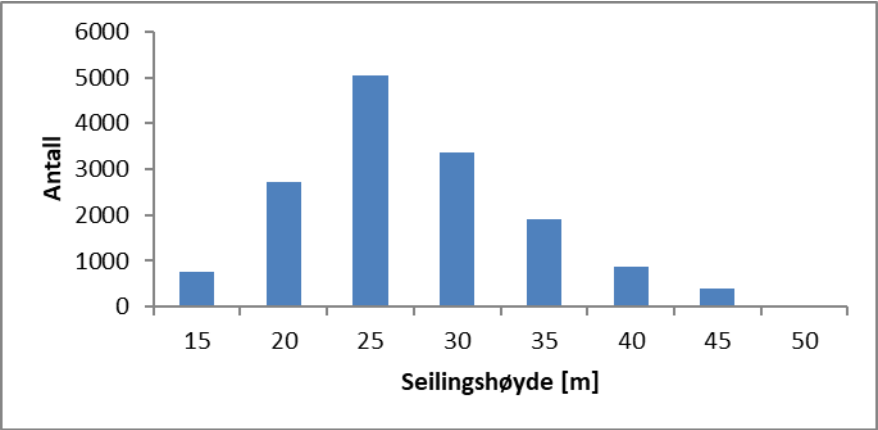
Miljølaster

Utredningen av ilandføringsalternativer er basert på miljølaster er beskrevet Design basis for Rovdefjordsambandet [5], sist oppdatert 18. des 2017

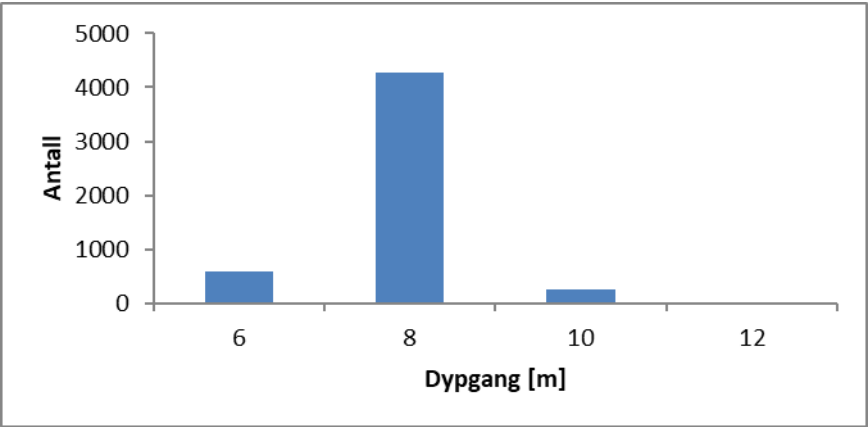
Kulturminner

I kommunedelplanen står følgende beskrivelse av kulturminne:

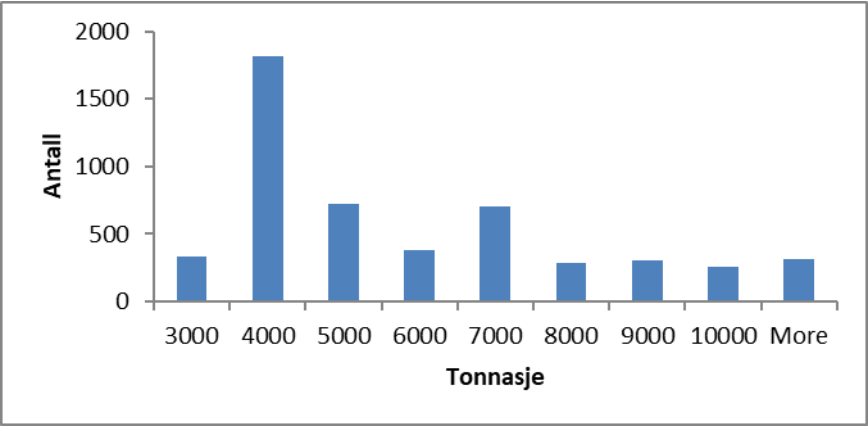
Fjordbygdene på Sunnmøre er rike på kulturminner. Dette gjelder også dette området. I tiltaksområdet er det registrert to automatisk fredede kulturminner, en gravrøys fra steinalderen på Saudeholmen i Sande, og en gravrøys fra jernalderen ved Bjørlykkja i Vanylven. Gravrøysen på Saudeholmen er registrert i Askeladden og ble påvist og innmålt under befarings med fylkeskonservatoren på Saudeholmen 6. mars 2015.



Figur 2-15 Passeringer fordelt på seilingshøyde (2016-2019)



Figur 2-16 Passeringer basert på dypgang (2016-2019)



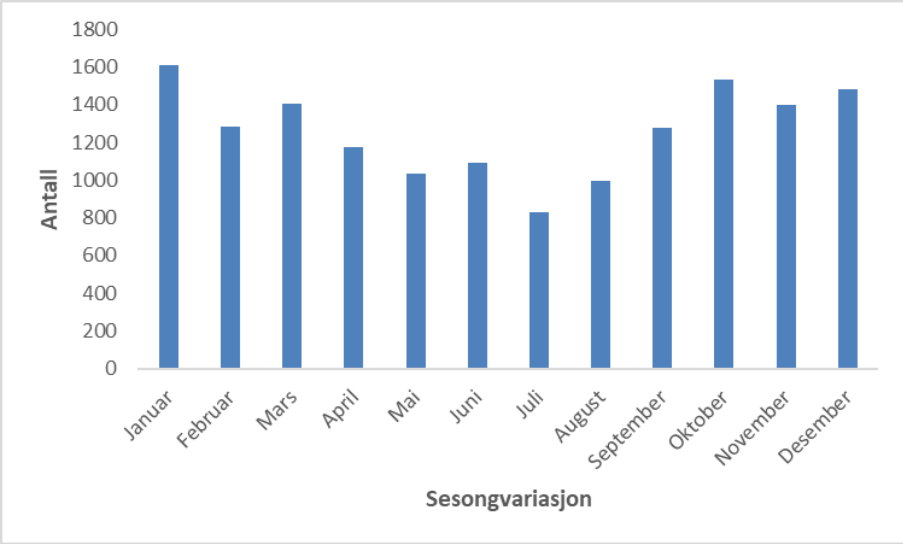
Figur 2-17 Passeringer fordelt på tonnasje (2016-2019)

Begrensningene på seilingshøyde for de to krysningskonseptene omtalt i dette studiet er 25 m og 45 m og Tabell 2-4 viser prosentvis andel på hvor mange skip fra perioden 2016-2019 som ville gått under flytebrua for de to tilfellene. For 25 m gir dette i snitt 5 passeringer i døgnet, uten å ta hensyn til sesongvariasjon. Konseptet med 45 m seilingshøyde gir tilnærmet 100% da det er kun er til sammen 52 passeringer over 45 m.

Tabell 2-4 Prosentvis passering under flytebru for konseptene

Seilingshøyde	Antall passeringer under
25 meter	57 %
45 meter	100 %

Figur 2-18 viser sesongvariasjon i den aktuelle perioden der kun antall passeringer per måned er vurdert. Dette viser en ganske jevn fordeling gjennom året, men med en nedgang i sommermånedene. Sistnevnte knyttes til at det er hovedsakelig nyttelast som går i denne seilingsleden, noe trafikkgrunnlaget bekrefter der kun 4 % av skipene er registrert som passasjerskip.

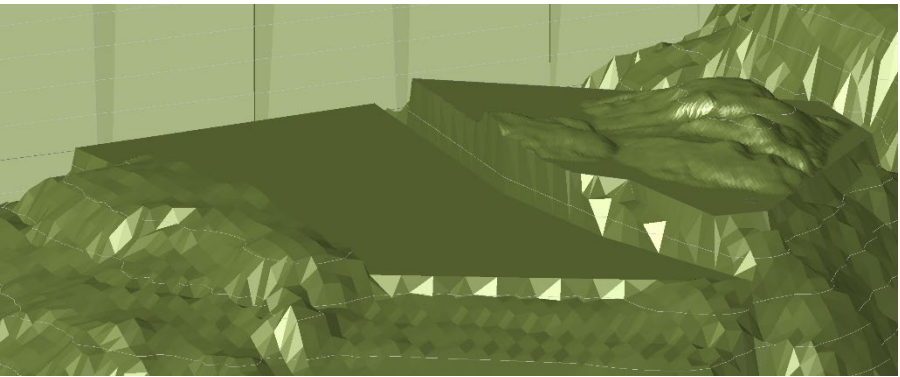


Figur 2-18 Sesongvariasjon (2016-2019)

3 Flytebru med skipskanal

Beskrivelse

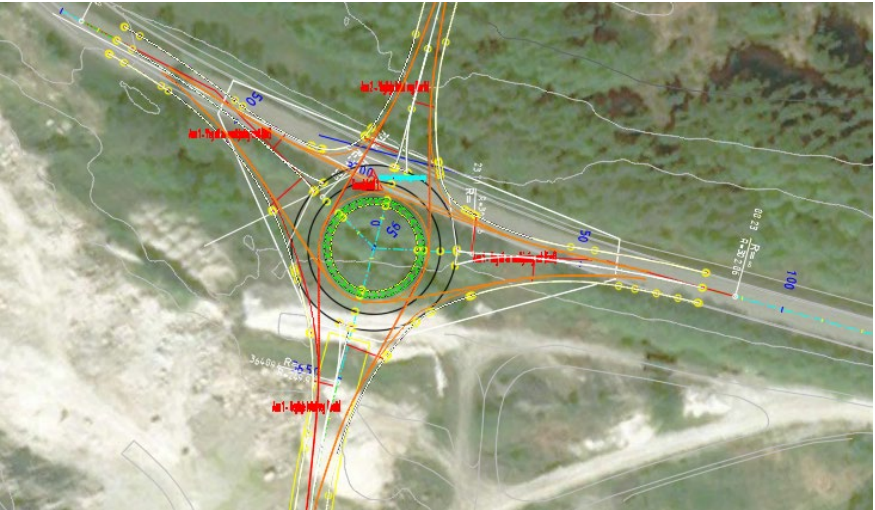
Brua består av fire separate konstruksjoner. Fra nord til sør er det høybro med seilingshøyde på 25 meter, en klaffebru over utspreng skipskanal ved Saudeholmen, flytebru fra Saudeholmen til Bjørlykkjeskeret og en lavbro på søyler fra Bjørlykkjeskeret og inn til fylling. Høybroa skal sørge for at det meste av trafikken kommer forbi uten bruk av klaffebrua. Det er mulig å komme innfor brua ved å følge en fjord lenger nord, så de største skipa vil kunne komme seg innenfor uten å krysse brua. Løsningen sørger for at flytebrua kan plasseres lavt, noe som vil være kostnadsbesparende. Løsningen vil sette begrensninger på skipstrafikken i området.



Figur 3-1 Kanal ved Saudeholmen

Linjeføring

Brua mellom land og Saudeholmen er rett i horisontalplanet og har et høybrekk med største seilingshøyde på 25 meter og laveste seilingshøyde på 16 meter. Den største seilingshøyden ligger nærmere land enn holmen. Klaffebrua er også rett i horisontalplanet og har stigning på 7% i nordlig retning. Skipskanalen har netto bredde 80 meter. Flytebrua har en horisontal radius R_H lik 2 200 m. Vertikalt ligger linjen flatt med en seilingshøyde på 5 meter. Lavbrua fra Bjørlykkjeskeret og inn til land er rett i horisontalplanet og har en seilingshøyde på 5 meter.



Figur 3-2 Rundkjøring ved tilknytning til eksisterende veg nordside

Tabell 3-1 Lengde og oppbygning av flytebru med skipskanal [m]

Element	Type	Lengde [m]
Veg Koparneset øst for tunnel	Veg i dagen	350
Tunnel Signalen	Tunnel	140
Veg Koparneset vest for tunnel	Veg i dagen/på fylling	640
Bru til Bjørlykkjeskeret	Plate-/bjelkebru	100
Veg over Bjørlykkjeskeret	Veg på fylling	55
Flytebru	Flytebru	1500
Kanalbru	Bevegelig bru	140
Lille skipspassasje	Høybru	430
Veg Storeneset	Veg på fylling	165
Bru inn til Larsnesvegen	Plate-/bjelkebru	135
Rundkjøring Larsnesvegen	Rundkjøring	50
Totalt		3705



Figur 3-3 Krysningstrasé for lav flytebru med skipskanal.

Når brua går i land på nordsiden av fjorden vil den ligge på en fylling langs en rygg som er orientert i nordvestlig retning og deretter på en platebro inn til eksisterende veg. For å løse krysset mellom de tre vegene som møtes blir en rundkjøring sett på som mest aktuelt. Denne må ligge på et platå som stikker ut fra dagens veg. Her er det tenkt at noe av massene fra kanalutgravingen kan

brukes. Rundkjøringen vil også kunne tilføres en avkjørsel til en eventuell framtidig tunnel. Basert på foreliggende opplysninger om grunnforhold vurderes at de beskrevne tiltak skal være gjennomførbare på konvensjonell måte.

Flytebru

Flytebrua er, som beskrevet i forprosjektet, 1 500 meter lang og består av en brukasse/overbygning som bæres av stålsøyler på flytende stålpononger. Typisk pontongavstand er 100 meter, men en pontongavstand opp mot 120 m kan være hensiktsmessig. Brukassen utformes som en lukket stålkasse der bredden er bestemt av veg- og gangbanebredden. Dette gir en kassebredde på ca 14,3 meter. Kassehøyden er 3,5 meter. Kassen sveises sammen av avstivede platefelt, kjent fra blant annet hengebruer og skråstagbruer.

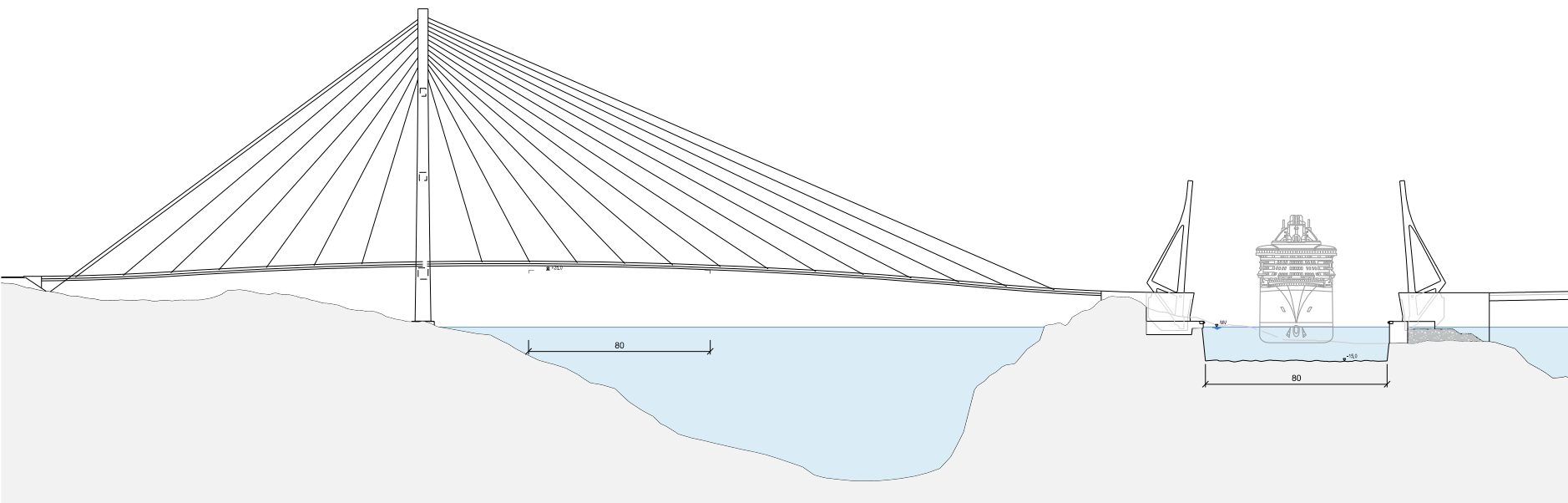
Søyler har typisk bredde 5 meter tvers bru og 3 meter langs bru. Endene avrundes for mest mulig aerodynamisk form. Også søylene er sveist sammen av avstivede platefelt, velkjent fra offshore-plattformer. Pontongene har typisk dimensjon 40x10 meter. De er sveist sammen av avstivede platefelt, inndelt i et antall vanntette skott, kjent fra skip og plattformer. Flytebrua er fastholdt i begge ender i kraftige landfester. Disse er store gravitasjonslandkar i betong, fylt opp med sprengstein eller olivin. Brukassen spennes fast i landfestene ved hjelp av spennkabler. Landfestene er fundamentert på fjell.

Flytebrua legges i en bue i horisontalplanet. Dette gir en bue-effekt for horisontale laster som strøm og statisk vind, samtidig som det reduserer bruas første egenperiode og derved også reduserer dynamisk respons fra vind. Buen gir også en god linjeføring og opplevelse for trafikantene.

Skipskanal

Beregning av farledens geometri, dybde og bredde, foretas på bakgrunn av grunnlag og anbefalinger gitt i Farledsnormalen [6]. Nødvendig farledsbredde bestemmes ut ifra forutsetninger om dimensjonerende fartøy, vind-, bølge- og strømforhold angitt i kap. 2. Fartøyets hastighet ved passering forutsettes som lav (5 – 8 knop). Metoden som er beskrevet nedenfor er en generell beskrivelse av hvordan bredden på farleden kan beregnes, men iht kap 3.5 i [6] må lokale forhold som kostnader, operasjonelle forhold og miljømessige forhold også vurderes. Her er det forutsatt fending på nordlig side av kanal og skråning/fending rundt landkar på sørlig side.

$$W = W_{BM} + \sum W_i + W_{BR} + W_{BG}$$



Figur 3-4 Skipskanal og seilingsled.

Tabell 3-2 Bestemmelse av bunnbredde for enkel, rett farled

Breddetillegg		× B=32m	[m]
Fartøysmanøvrerbarhet	W_{BM} :	1.3	41.6
Tilleggsbbredde Σw_i			
- Fartøyets hastighet	W_a :	0.0	0.0
- Rådende sidevind	W_b :	0.6	19.2
- Rådende tverrstrøm	W_c :	0.0	0.0
- Rådende langsgående strøm	W_d :	0.2	6.4
- Bølger tvers/aktenfor tvers	W_e :	0.0	0.0
- Hjelpemidler for navigasjon	W_f :	0.0	0.0
- Dybde i farled	W_h :	0.2	6.4
- Bunntype	W_g :	0.1	3.2
- Risikonivå til last	W_i :	0.0	0.0
Bredde for klaring av grunne	W_{BR} :	0.3	9.6
Totalbredde	W_{BM}:	2.7	86.4

Fartøyets bunnsklaring avhenger av fartøyets utforming og manøvrering, farledens bunntopografi, samt påvirkningen fra det ytre miljø (vind, strøm, bølger). Kystverket anbefaler 14 m klaring ved LAT. LAT er ikke oppgitt på Kartverkets side «sehavniva», og i det videre arbeidet forutsettes det at en dybde på 15 m fra middelvann er tilstrekkelig.

Tabell 3-3 viser en nedbryting av kostnadsestimat på bygging av skipskanal ettersom denne ikke har vært priset i anslag tidligere. Det er tatt høyde for usikkerhet i enhetspris for sprengning under vann, og det antas at prisen som er lagt til grunn vil ligge i øvre sjikt for sprengning på begrenset dybde.

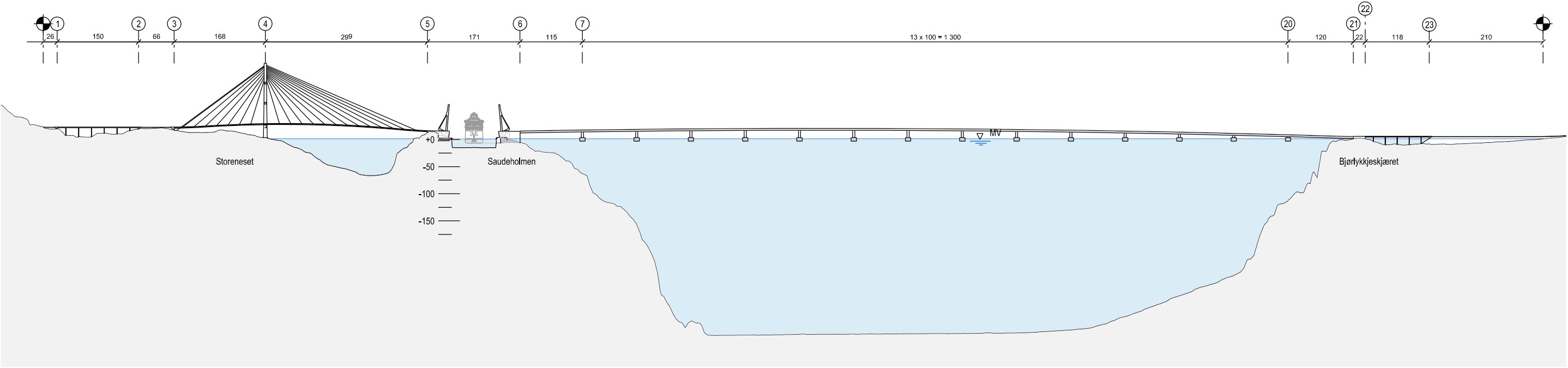
Tabell 3-3 Estimert entreprisekost for utsprengning av skipskanal (eks. mva.)

Element	Mengde [m³]	Enhetspris [kr/m³]	Kostnad [kr]
Utsprengning over vann	6 740	260	1 752 400
Utsprengning under vann	181 960	480	87 340 800
Transport	110 000	180	19 800 000
Støp av kanalvegger	2 600	15 000	39 000 000
Sum			147 893 200

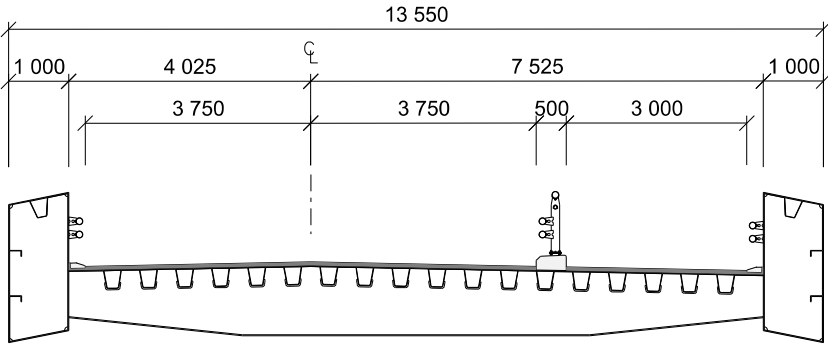
Vi foreslår at skipskanalen har en fri bredde på 80 meter og dybde 15 meter. Den vil dermed slippe gjennom store cruiseskip. Bruspenet over skipskanalen kan utføres som enten en klaffebru eller svingbru. Den vil åpne seg ved å rotere to klaffer om enten horisontale og vertikale akser. Bruklaffene plasseres innenfor fronten på skipskanalen, slik at ved full åpning vil et skip ikke kunne treffe noen del av klaffen. Bruklaffene er i stål med motvekter som nær balanserer egenvekten.



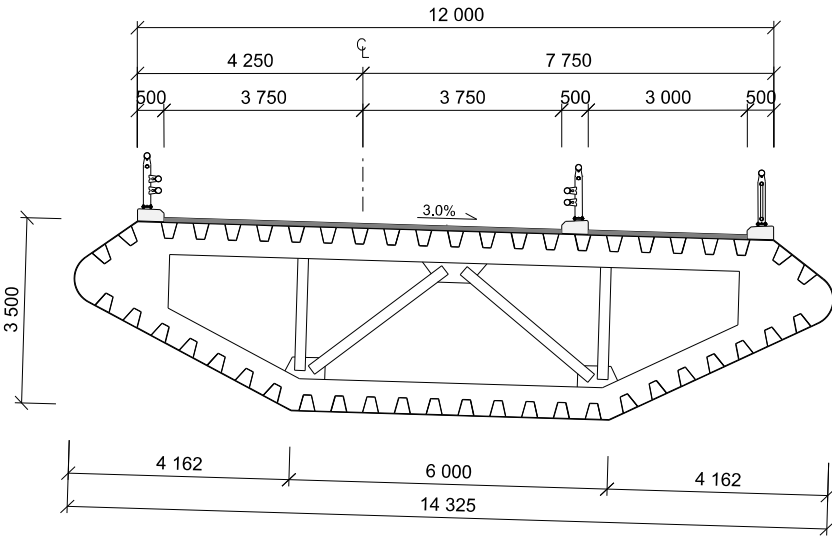
Figur 3-5 Bevegelige bruer i Valencias havn, samme overbygning som klaffebru og svingbru



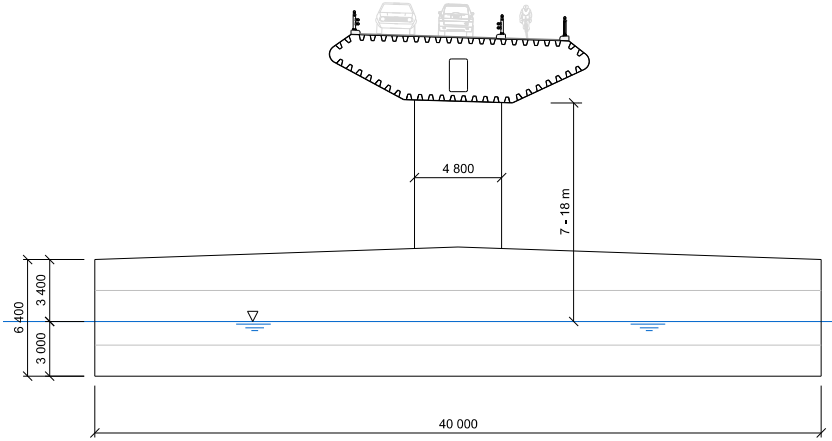
(a)



(b)



(c)



(d)

Figur 3-6: Lav flytebru med skipskanal; (a) lengdesnitt, (b) tverrsnitt vippebru, (c) tverrsnitt flytebru og (d) snitt ved pontong.

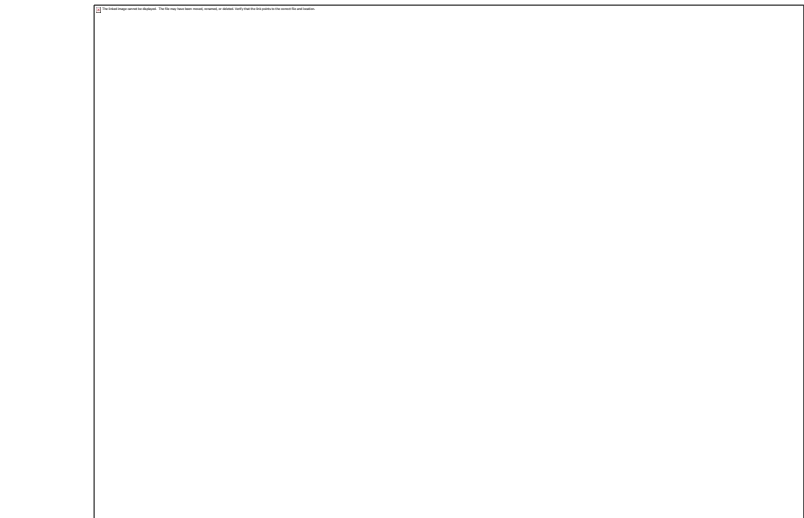
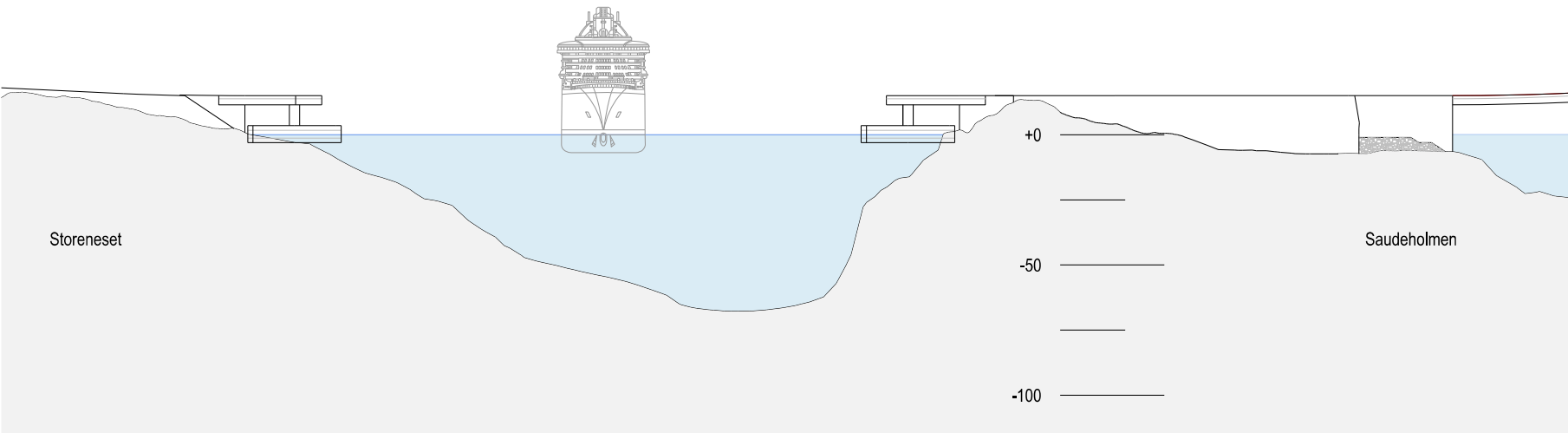
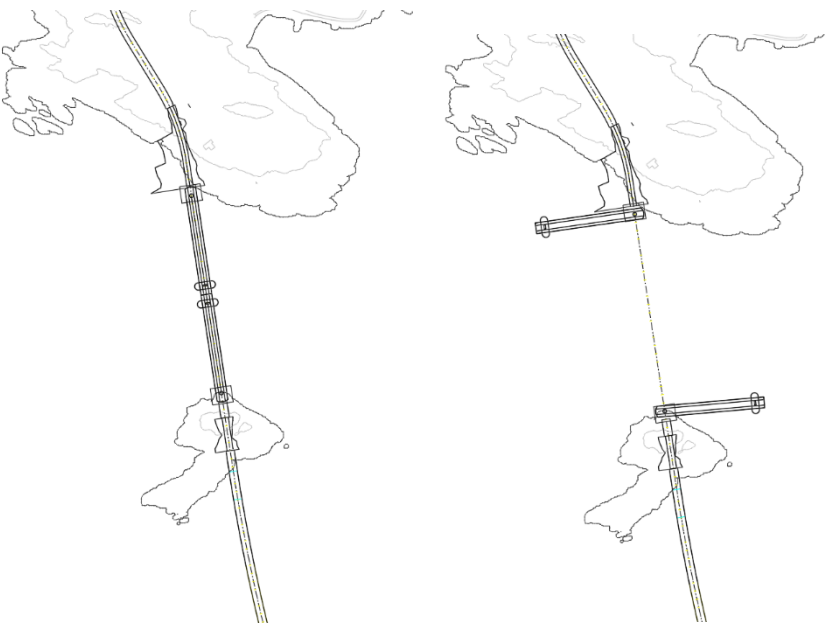
4 Flytebru med svingbru

I hovedtrekk som løsningen med kanal, men med to brudeler som er festet i et dreieledd i landkar på Saudeholmen og Storeneset, og den frie enden ligger på pontonger. Løsningen er raskt på terreng på Storeneset og gir en skipspassasje på hele 200 m. I tillegg kan det være mulig å bevare kulturminnet på Saudeholmen. Det er 25 m generell seilingshøyde (HAT) i flytebrua sør for Saudeholmen som vist på oppriss i .

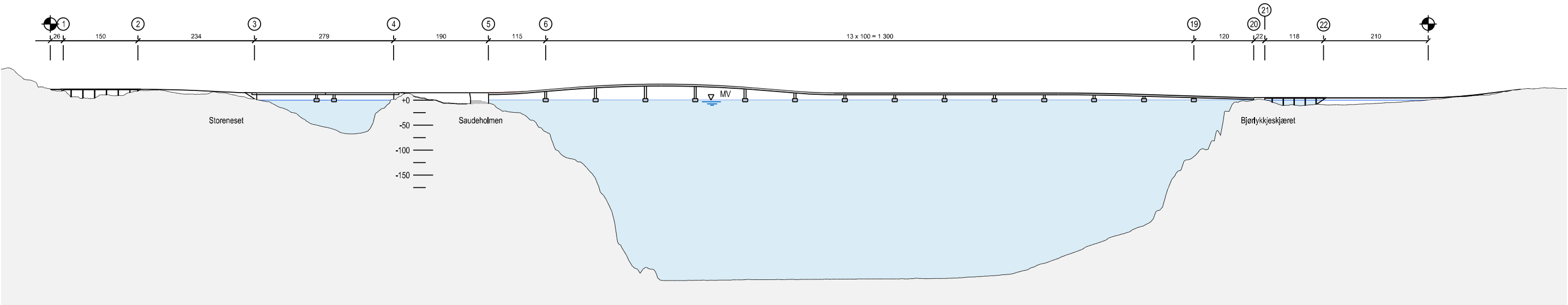
Svingbrua er tenkt åpnet med hydraulikk, men det er også mulig å ha thrustere på pontongene. Dreieleddet må dimensjoneres for moment fra tidevann og bølgelaster. Svingarmene kobles sammen med en låsmekanisme Både fugen på midten og dreieleddet er naturlig å detaljere i samarbeid med leverandør. I Tabell 4-1 er et estimat på kostnadene for åpning.

Tabell 4-1 Kostnad svingbru

Element	Mengde	Enhetspris	Kostnad [kr]
Forsterking av brukasse over lager	100 t	60 000	6 000 000
Utsprenging for landkar	1 600 m³	500	800 000
Landkar svingbru, 2 stk	4 200 m³	15 000	63 000 000
Lager og hydraulikk for sving	2 stk	25 000 000	50 000 000
Låsing på midtpunkt	1	20 000 000	20 000 000
Kostnad svingbru eks brukasse og pontong			139 800 000



Figur 4-1, Symmetrisk eller asymmetrisk skipsåpning



Figur 4-2 Oppriss flytebru med svingbru. 25 m seilingshøyde syd for Saudeholmen

5 Flytebru med 45 m skråstagbru

Beskrivelse

Basert på skipstrafikken i området er det også naturlig å vurdere en høybro med noe redusert seilingshøyde. Valg av seilingshøyde vil ha påvirkning på hvilke skipsstøt man må dimensjonere brua for. Velges 75 meter, vil man slippe gjennom alle kjente cruiseskip. Brua må dermed dimensjoneres for store skip på avveie. Dette kan være vanskelig eller umulig. Lavere seilingshøyde vil også kunne gi lavere dimensjonerende skipsstøt. Denne løsningens egnethet står og faller på de krav som stilles til seilingsløpet. I det etterfølgende er 45 meter seilingshøyde lagt til grunn da dette ansees som det mest realistiske for denne bruløsningen, og det vil gi fri passasje for tilnærmet 100 % av fartøyene som har trafikkert fjorden de seneste årene.

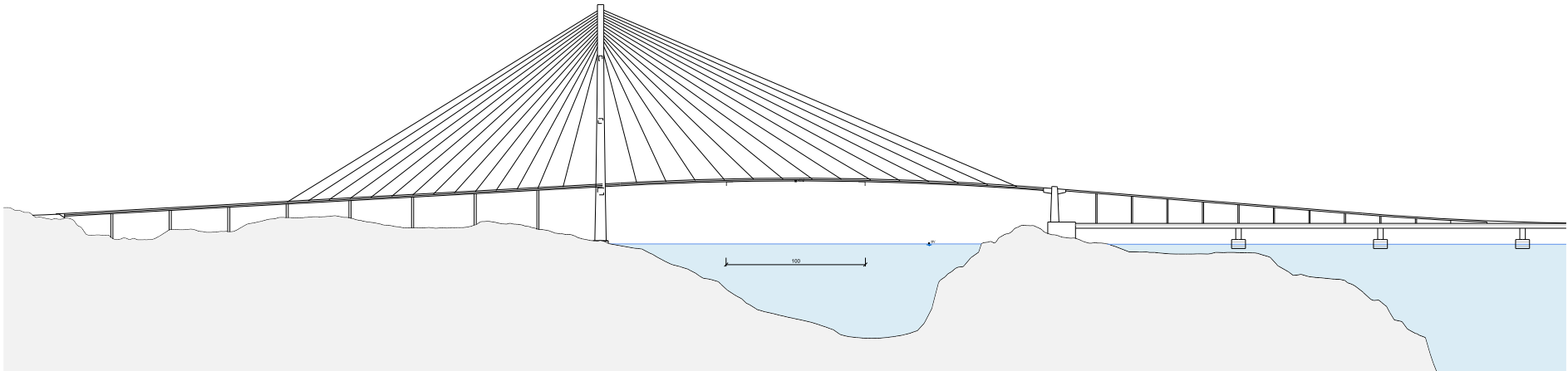
Flytebrua får landfeste på Saudeholmen slik at denne får kortest mulig spenn og kreftene tas opp i senkekassen. Dette er samme prinsipp som for Nordhordalandsbrua. Det er flere muligheter for utforming av høybrudelen. I kostnadsestimatet er en konvensjonell skråstagbru med tårn på Saudeholmen lagt til grunn, men om man ønsker at brua skal være mindre fremtredende i landskapet, kan en «extra-dosed» variant med mindre tårn på begge sider være en god løsning. Når brua kommer inn over land går den over til platebru til eksisterende veg.



Figur 5-1 Nordhordalandsbrua

Linjeføring

Bruas horisontallinje er plassert for å få en rett bru ved høybrua, der det for bæresystemet vil være gunstig med en rett bru fra holmen. Over land er vegen plassert langs en høy rygg som for løsningen beskrevet i kapittel 4 for å



Figur 5-2 Flytebru med høybru og seilingsled 45 × 100 m.

minimere høyden på søylene for platebrua. Siden brua kommer inn ved en stor høyde er det ikke mulig å legge brua på fylling, så det blir bro på søyler hele veien inn til eksisterende veg. Kryssløsningen blir en rundkjøring som beskrevet i kapittel 4. Ved høybro må stigningen på vegen starte på flytebrua for å oppnå tilstrekkelig seilingshøyde i sundet.



Figur 5-3: Kryssingstrasé for 45 m høgbru

Tabell 5-1 Lengde og oppbygning av flytebru med høybru [m]

Element	Type	Lengde [m]
Veg Koparneset øst for tunnel	Veg i dagen	350
Tunnel Signalen	Tunnel	140
Veg Koparneset vest for tunnel	Veg i dagen/på fylling	640
Bru til Bjørlykkjeskeret	Plate-/bjelkebru	100
Veg over Bjørlykkjeskeret	Veg på fylling	55
Flytebru	Flytebru	1500
45 m høybru	Høybru	500
Bru inn til Larsnesvegen	Plate-/bjelkebru	370
Rundkjøring Larsnesvegen	Rundkjøring	50
Totalt		3705

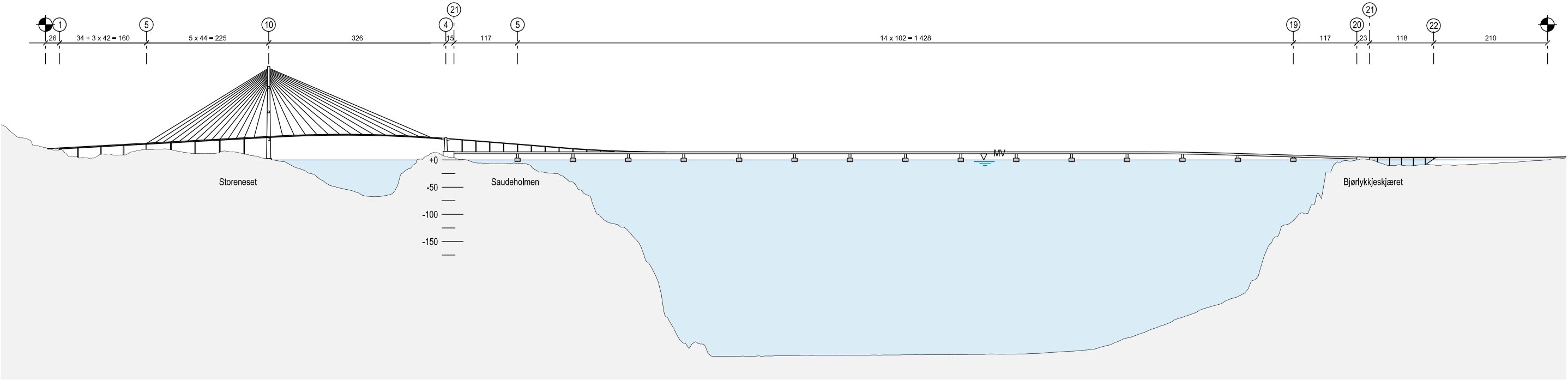
Bruløsning

Flytebruløsningen er tilsvarende som for løsningen med skipskanal, bortsett fra av brubjelken videreføres til landkar på Saudeholmen mens vegbanen starter stigningen mot seilingsløpet og går over i en skråstagbru.

Brutårnet for skråstagbrua blir om lag 170 meter høyt og bygges som A-tårn i betong. Dette er en velkjent konstruksjonstype. Tårnet fundamenteres på fjell.

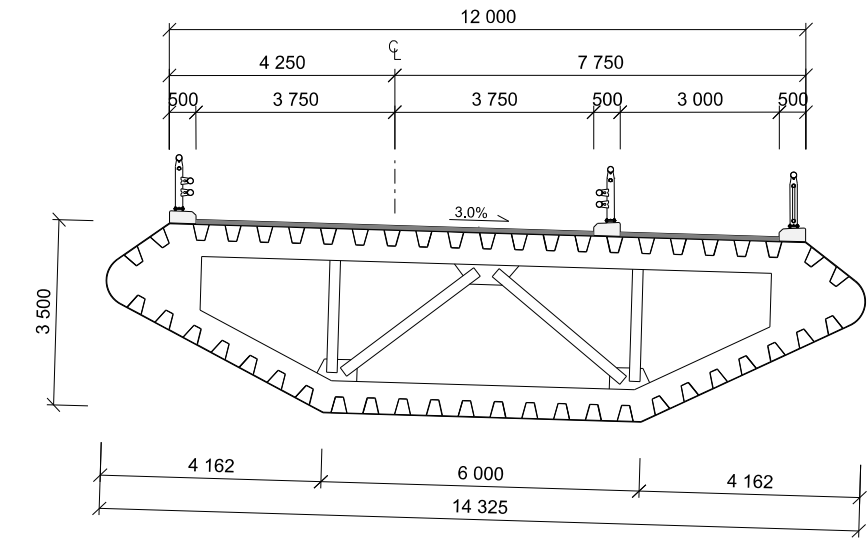
Bygging

Skråstagbrua kan bygges på konvensjonell måte, med støp av tårn og montering av brukasse og kabler. Bygging av viadukt over Storeneset er også konvensjonell brubygging. Forslag til byggemetode for flytebrua er beskrevet i kapittel 8.

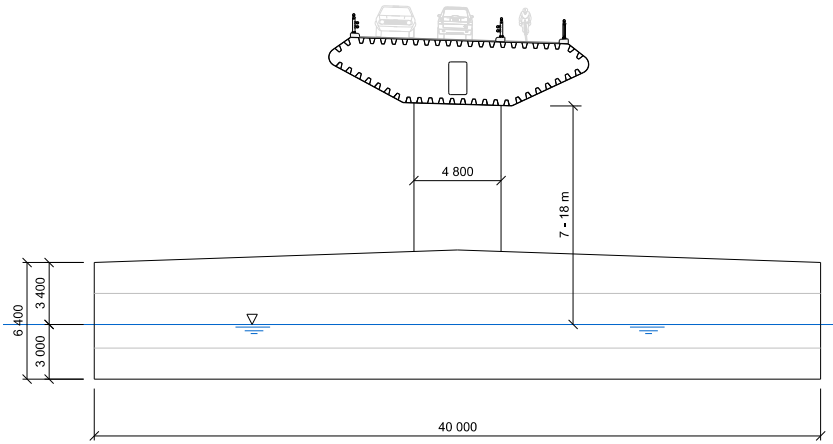


(a)

Figur 5-4: Lav flytebru med høybru; (a) lengdesnitt, (b) tverrsnitt skråstagsbru og flytebru og (c) snitt ved pontong.



(b)



(c)

10 Flytebru 45 m høyde fra Koparneset

Beskrivelse

For å unngå bygging over fremtidig industriområde ved Breivika er det vurdert et alternativ med en flytebru som går fra land til land. Dette alternativet har seilingsled i sør ettersom terrenget på Koparneset ligger høyere, som dermed gir et kortere bakspenn. Begrunnelse for valg av seilingshøyde er gitt i kap. 5.

Flytebrua er betydelig lengre (2300 m mot ca 1600 m), men samtidig er det en kortere og enklere påkobling til eksisterende veg.

Linjeføring

Bruas horisontallinje er plassert for å få en rett bru ved høybrua, og en bue som slår inn fjorden. I nord lander brua på Skredestranda med en umiddelbar påkobling til fv 61. På Koparneset går vegen i skjæring/fylling til den treffer fv 61 litt sør for dagens fergekai.

Tabell 10-1 Lengde og oppbygning av flytebru med høybru [m]

Element	Type	Lengde [m]
Veg Koparneset	Veg i dagen	560
Flytebru med 45 m høybru	Flytebru/skråstagbru	2344
Påkobling Larsnesvegen	Veg i dagen	50
Totalt		2954



Figur 10-2 Krysningstrasé for 45 m høybru

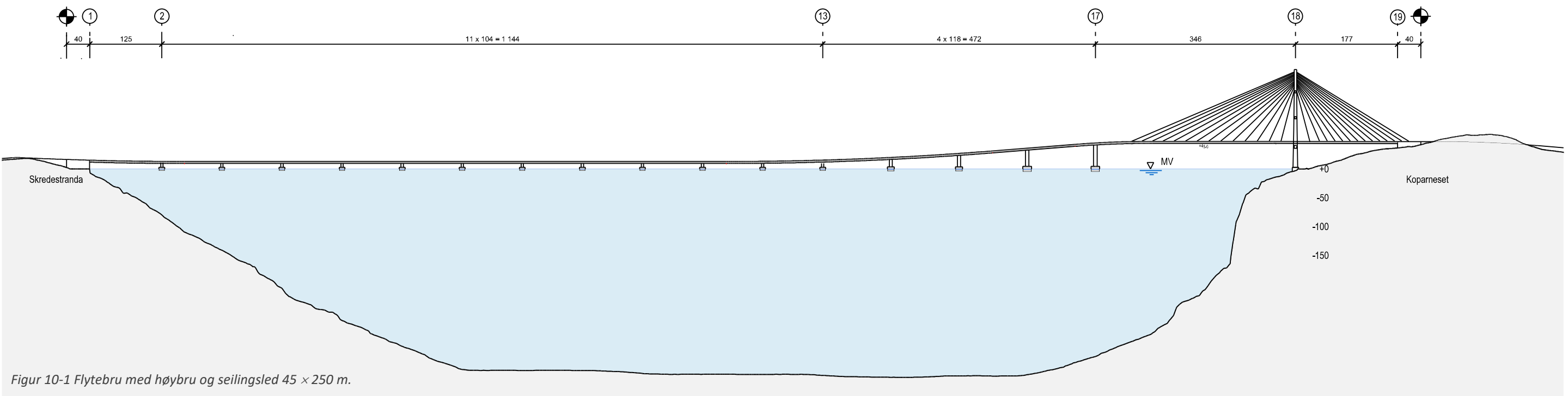
Bruløsning

Flytebruløsningen er endeforankret i de to landkarene og brukassen må dermed være noe bredere (ca 18 m totalt) enn alternativene til Saudeholmen på grunn av økt spenn horisontalt. I kostnadsestimatet er det antatt 30% økning av stålmengden i brukassen og 10% økning i stålmengden på pontonger i lavbrudelen, og ytterligere 20% økning i stålmengden for de 4 pontongene nærmest seilingsløpet.

Brutårnet for skråstagbrua blir om lag 170 meter høyt og bygges som A-tårn i betong. Dette er en velkjent konstruksjonstype. Tårnet fundamenteres på fjell.

Bygging

Skråstagbrua kan bygges på konvensjonell måte, med støp av tårn og montering av brukasse og kabler. Forslag til byggemetode for flytebrua er beskrevet i kapittel 8. Forskjellen for dette alternativet er at flytebrua må kobles sammen med skråstagbrua som krager ut. En midlertidig kobling for skjøting av flytebru og skråstagbru er tidligere dokumentert i utredning av flytebru over Bjørnafjorden. Landkarene er plassert på land, så dette alternativet har ingen arbeider i sjøen, og man unngår dermed et usikkerhetsmoment.



Figur 10-1 Flytebru med høybru og seilingsled 45 × 250 m.

6 Neddykket rørbru

Beskrivelse

Rørbru er mer kostbart en bru over vann, men er den eneste foreslåtte løsningen som ikke setter noe begrensning på hverken skipstrafikk eller trafikk på brua. For å begrense kostnader er bare deler av strekningen i rørbru, og går over til flytebro i størstedelen av fjordkrysningen. Dermed må rørbrua krysse overflaten og store deler blir liggende i skvalpesonen utsatt for store krefter fra bølger og eventuelle skipsstøt.

Brua består av tre ulike konstruksjoner. Fra nord til sør er det rørbru fra tunnel i Storeneset ut til og gjennom Saudeholmen til den møter flytebrua over vann omtrent 500 meter fra land. Flytebrua går til Bjørlykkjeskeret og en lavbro på søyler går fra Bjørlykkjeskeret og inn til fylling. Skipstrafikken skal gå over rørbrua mellom Storeneset og Saudeholmen. I området mellom Saudeholmen og flytebrua ligger rørbrua grunt noe som fører til store bølgekrefter og fare for skipsstøt. Det må bygges en konstruksjon for å skjerme rørbrua mot skipsstøt.

Linjeføring

Vegen må føres ned til en tunnel som går til kote på -28 meter. For å oppnå dette må veglinjen starte ved Naustneset og gå inn i tunnel ved det gamle kalkverket. Rørbrutunnelen følger en rett linje ut og gjennom. Videre må rørbrua ha en stigning for å komme over vann der den kobles mot flytebrua. Her er det benyttet 8% og dette forutsetter en dispensasjon fra kravet i regelverkdet som er 5%. Flytebrua er lagt med radius på 2'200 meter og treffer Bjørlykkjeskeret. Lavbrua fra Bjørlykkjeskeret og inn til land er rett i horisontal- og vertikalplanet og har en seilingshøyde på 5 meter.

Når brua går i land på nordsiden av fjorden vil den ligge på en fylling langs en rygg i nordvestlig retning og deretter på en platebro inn til eksisterende veg. For å løse krysset mellom de tre vegene som møtes blir en rundkjøring sett på som

mest aktuelt. Denne må ligge på et platå som stikker ut fra dagens veg. Her er det tenkt at noe av massene fra kanalutgravingen kan brukes. Rundkjøringen vil også kunne tilføres en avkjørsel til en eventuell tunnel.

Tabell 6-1 Lengde og oppbygning av flytebru med skipskanal [m]

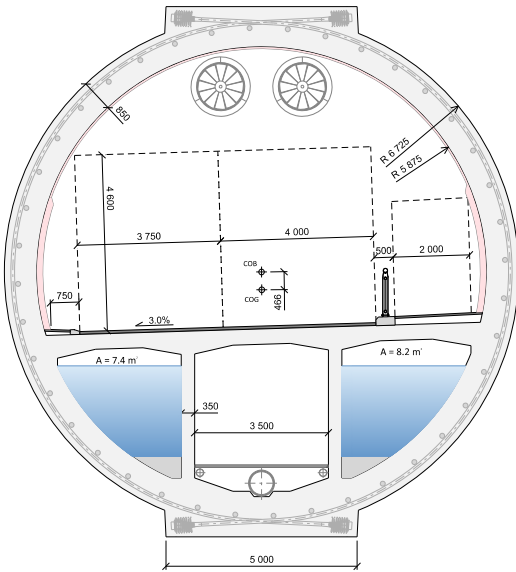
Element	Type	Lengde [m]
Veg Koparneset øst for tunnel	Veg i dagen	350
Tunnel Signalen	Tunnel	140
Veg Koparneset vest for tunnel	Veg i dagen/på fylling	640
Bru til Bjørlykkjeskeret	Plate-/bjelkebru	100
Veg over Bjørlykkjeskeret	Veg på fylling	55
Flytebru	Flytebru	1350
Rørbru fra flytebru til Saudeholmen	Rørbru	180
Rørbru gjennom Saudeholmen	Rørbru	235
Rørbru fra Saudeholmen til Storeneset	Rørbru	245
Tunnel gjennom Storeneset	Tunnel	500
Veg fra tunnel til eksisterende veg	Veg i dagen	450
Totalt		4295

Rørbru

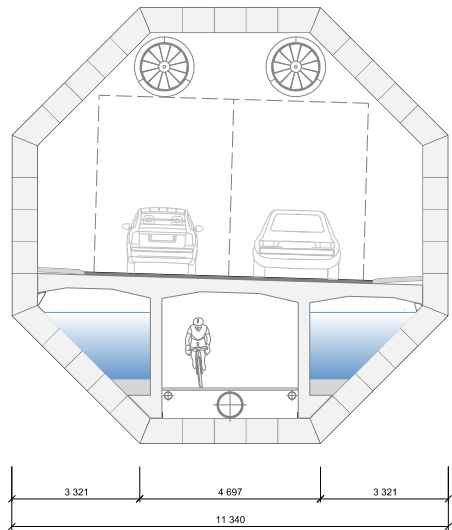
Det er lagt til grunn at rørbrua utformes på samme måte som foreslått i forprosjektet. På grunn av liten bergoverdekning gjennom holmen fortsetter røret som en monolittisk konstruksjon og koble til slutt sammen med flytebrua.

Røret kan alternativt utformes som dobbeltskrog i stål med doble sylinderskall og langsgående skjærplater og tverrstivere. Stålskroget er fylt med ballastbetong. Det er ikke forutsatt samvirke i rørets lengderetning. Ballastbetongen bidrar kun til lokal avstiving og innvendig korrosjonsbeskyttelse av stålskroget.

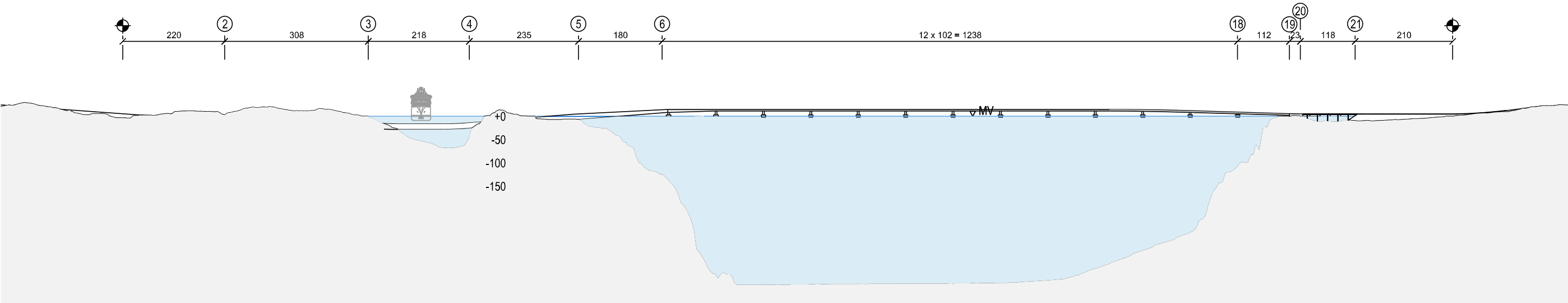
I kostnadsestimatet er det tatt med skipsstøtvern utenfor hele skvalpesonen, men dette er ikke detaljert på nåværende tidspunkt.



Figur 6-1 Rørbrutverrsnitt, fra forprosjekt



Figur 6-2 Alternativ tverrsnitt, dobbelt stålskrog med ballastbetong



7 Optimalisering av ilandføring sør

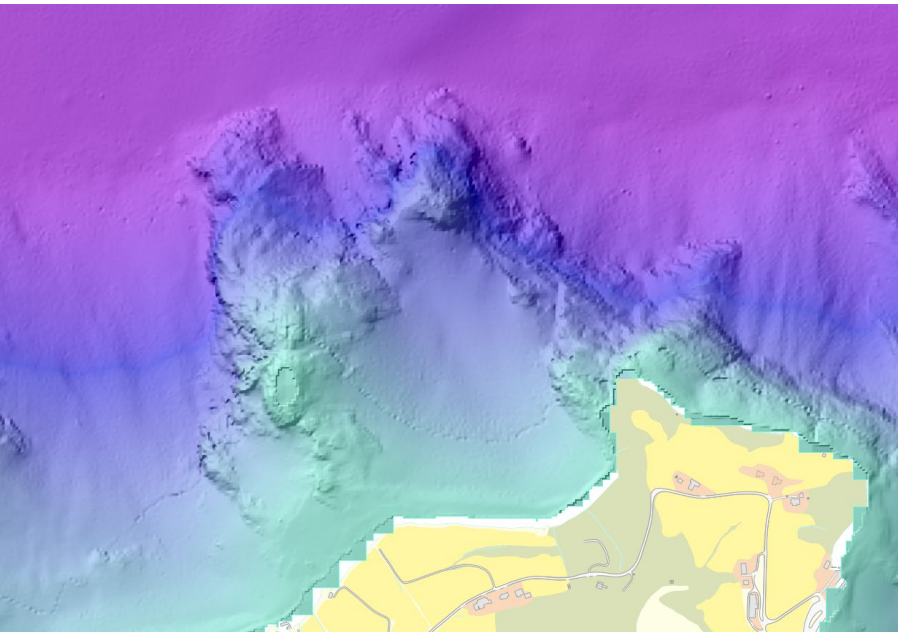
Beskrivelse

Felles for alle broalternativene er flytebroen som utgjør hovedspennet og ilandføringen i sør. For ilandføringen i sør vil løsningen og kostnaden være lik for alle alternativene, men løsningen må optimaliseres, særlig kryssningen fra Bjørlykkjeskeret og inn til land.

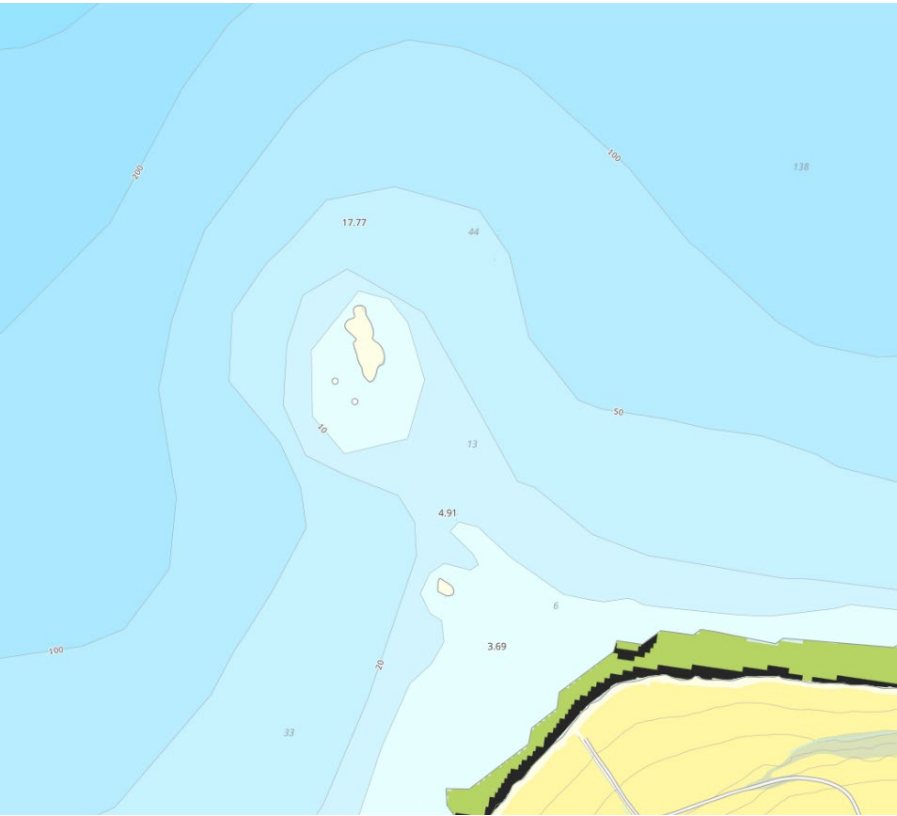
Fra Bjørlykkjeskeret går det en undersjøisk terrengrygg inn mot land som på det dypeste ligger ned mot 12 meter under sjønivå. Dette ville vært en gunstig plass å deponere masser fra kanalutbyggingen ved Saudeholmen da man kan korte ned eller fullstendig slippe bru på denne strekken.

Eksisterende terreng

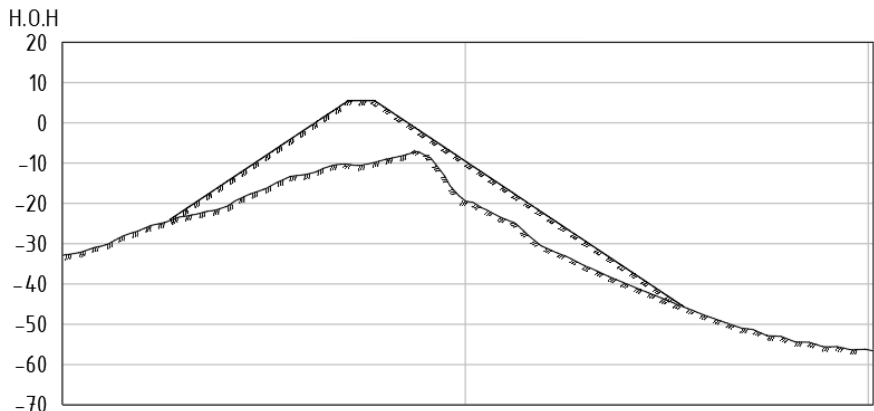
Bjørlykkjeskeret danner et platå som ligger i vannoverflata med bratte skrenter på alle sider foruten om området sørøst for skjæret der det er en rygg inn mot land. Ryggen inn mot land har også bratte skråninger på begge sider, da særlig på sørsiden av ryggen der fallet er brattere enn 1:1,5 ned til 50 meters dybde i noen områder. Det må utføres detaljerte grunnundersøkelser og sjøbunnskartlegging som grunnlag for å vurdere stabiliteten av fylling langs denne ryggen. På land er det en gravhaug som er vernet og som vegen ikke skal påvirke. Terrenget på land er bratt, og for å best mulig tilpasse vegen til terrenget er den lagt skrått i forhold til helningen til terrenget for at nivået på vegen i størst mulig grad skal ha samme nivå som eksisterende terreng.



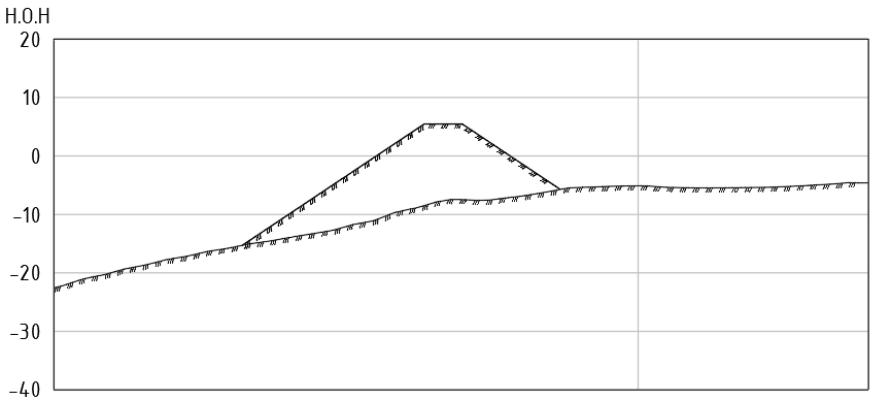
Figur 7-1 Dynamisk farget dybdekart (dybdedata.kartverket.no) fra kartlegging av sjøbunnen utført i 2012



Figur 7-2 Kart med koter ved ilandføring sør



Figur 7-3 Snitt av veg med skråning med helning 1:1,5 og eksisterende terreng. Nordside til høyre og sørside til venstre. Nærme skjær.



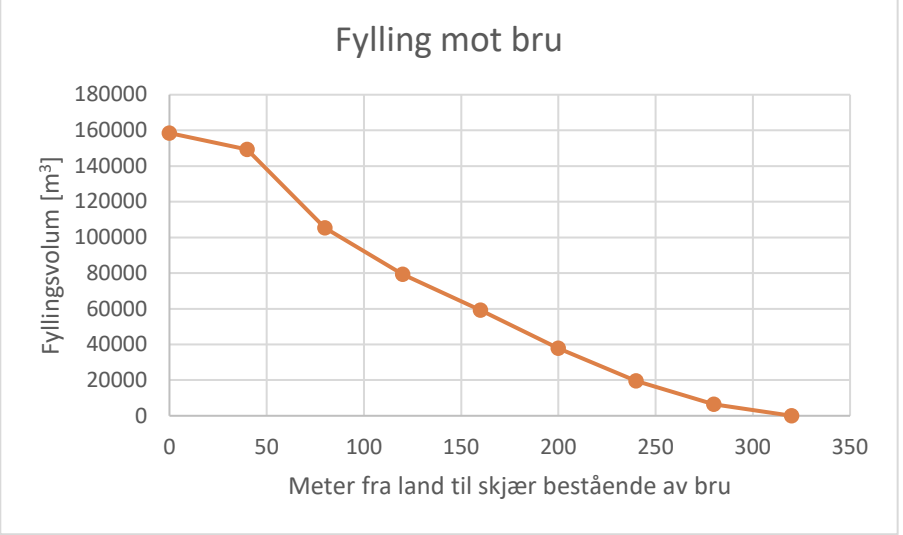
Figur 7-4 Snitt av veg med skråning med helning 1:1,5 og eksisterende terreng. Nordside til høyre og sørside til venstre. Nærme land.

Sammenligning av fylling og bru

Det er flere aspekt ved valget mellom fylling og bru. Prisen for fylling avhenger i stor grad av hvor tilgjengelig massene er og hvor lett de lar seg frakte til området. Det er her gjort et overslag på hvor mye masser som vil være nødvendig for å bygge ut fra land i ulike lengder. Det er tatt utgangspunkt i en 12 meter bred veg plassert 5 meter over kote 0 i kartgrunnlaget med skråninger med en helning på 1:1,5.

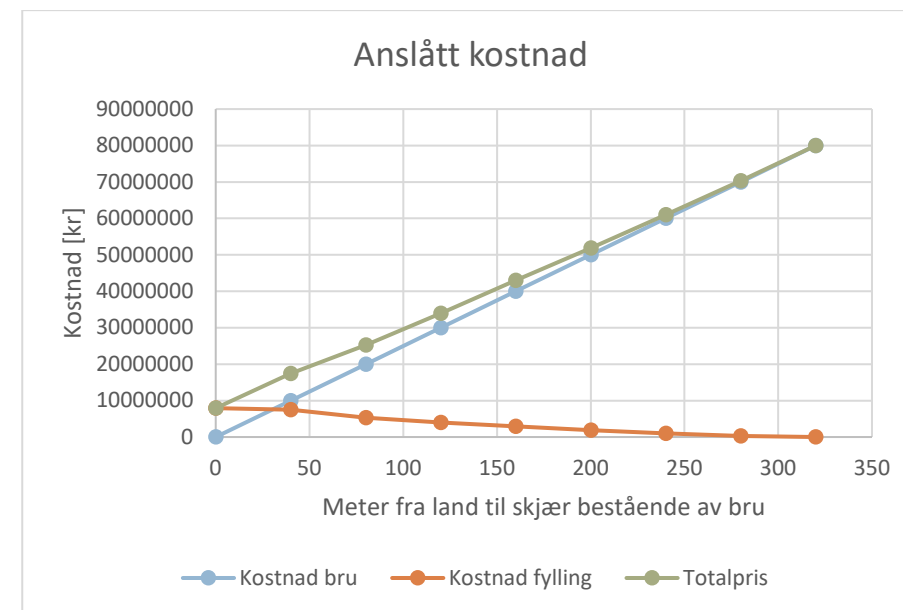
Tabell 7-1 Oversikt over nødvendig fylling og bru ved ulike fordelinger

Fyllingsvolum [m³]	Brulengde [m]
0	320
6'400	280
19'500	240
37'900	200
59'200	160
79'300	120
105'350	80
149'300	40
158'500	0

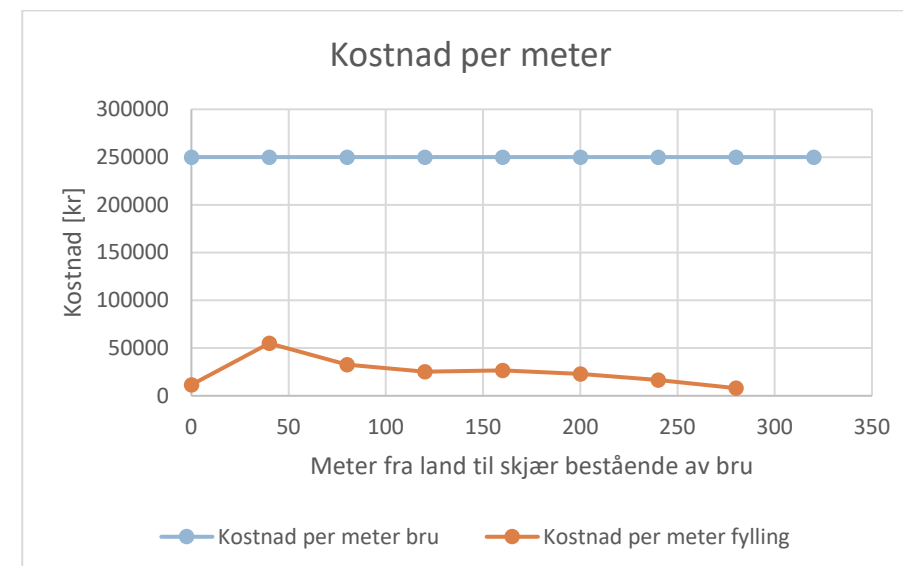


Figur 7-5 Fyllingsbehov ved ulike brulengder

Dersom vi tar enhetspris per meter bru til å være 250'000 kr og per kubikk fylling til å være 50 kr (forutsatt tilstrekkelig mengder fra linja/kanal) får vi følgende totalkostnad på strekningen:



Figur 7-6 Kostnad av bru, fylling og totalpris ved ulike fordelinger



Figur 7-7 Kostnad av bro og fylling per meter ved ulike fordelinger

Her må det forstås at det er store usikkerheter knytt opp til valgte verdier, da særlig for fylling som i stor grad vil avhenge av tilgangen på masser. Dersom overskuddet av masser i prosjektet er stort, kan det bli lønnsomt å deponere massene så lokalt. Når det kommer til bru vil det innebære en viss kostnad å bygge bru som ikke er knytt opp til lengden direkte, som landkar og prosjektering. Dette er et argument for å ta fylling hele veien i stedet for en kort bru. Lengden på brua vil også påvirke bruløsning og en lineær økning i pris med lengden på bru er derfor ikke en optimal representasjon.

Ut fra overslaget vil det være mest økonomisk med fylling hele veien over. Fyllingen som trengs nærme skjæret er stor og går veldig dypt før den treffer grunn med en skråning på 1:1,5. En foreløpig geoteknisk vurdering tilsier at det er fornuftig å legge til grunn ei bru på 120 meter over stykket som har dyp

fylling. Det blir også fylling på skjæret der landkar for brua og for flytebroa videre må bygges.

Tilkobling av veg fra Åram

Dersom Rovdefjordsambandet realiseres vil dette også kunne erstatte fergesambandet Åram – Larsnes. Man må dermed forvente høyere trafikk langs fv5852, og en bedre tilkoblingsløsning på fv61 bør vurderes inkludert i prosjektet.



Figur 7-8 Plan av veg på sørside med påkoblet veg fra sørvest

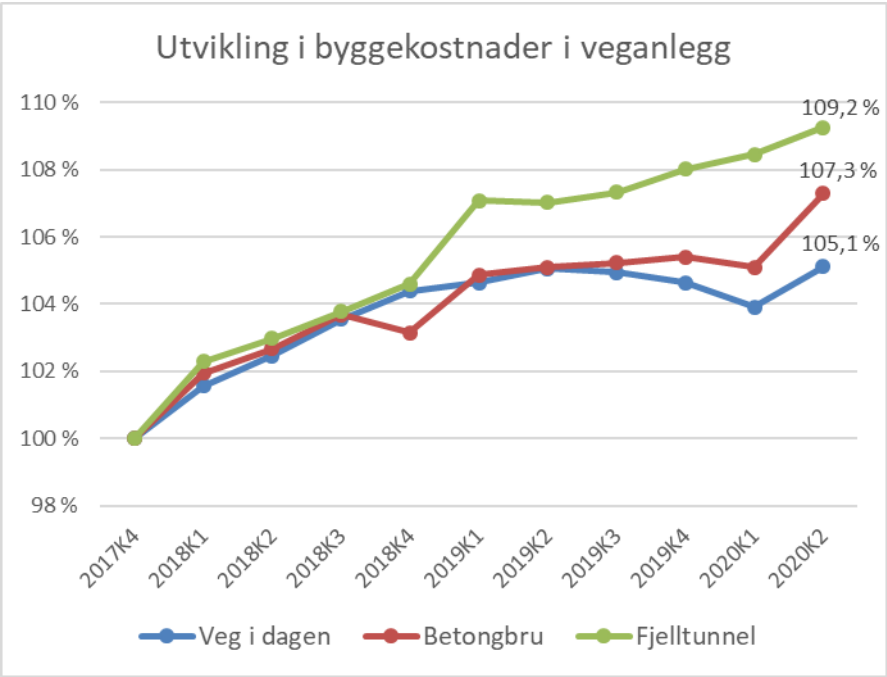
11 Kostnadsestimat

Justering av anslag fra 2017

For å kunne sammenligne foreslåtte alternativer med det som foreligger er det valgt en tilsvarende kalkylestruktur med poster som utgår/kommer til og justering av mengder for eksisterende poster. I tillegg er det gjort en generell justering av priser for å ta inn økning i byggekostnader siden forrige anslag. Detaljeringsnivået er forsøkt avstemt for å kunne gi tilnærmet samme kalkylepresisjon for de ulike alternativene.

Det er også gjort en vurdering av riktigheten av anslaget for 2017, der enhetsprisen til enkelte poster er justert på bakgrunn av blant annet Statens vegvesens rapporter nr 252, Samledokumentasjon 2018, For utbyggingsprosjekter avsluttet 2018 [7] og priser fra anslaget til flytebru på Bjørnafjorden 2019.

Hovedhensikten med samledokumentasjonen til Statens vegvesen er å gi de som jobber med anslag og kostnadsestimering erfaringsdata og dermed et bedre grunnlag for å kunne kostnadsestimere nye prosjekter. Når det gjelder løpemeterprisen på elementer er den entreprisekost eks. mva / lengde og eller areal av elementet.



Figur 11-1, Utvikling i byggekostnader for veganlegg K4-2017 til K2-2020

Økningen i byggekostnader fra K2-2018 til K2 2020 har vært henholdsvis 2,6%, 4,5% og 6,1% for Veg i dagen Betongbru og Fjelltunnel.

Kostnad veg

Tabell 10-1 viser prosjekter med hovedtyngden av vei. Ut i fra disse tallene så ligger sannsynlig pris per løpemeter vei rundt 20 000 kr.

Tabell 11-1, Avsluttede vegprosjekter 2018 fra [7]

Prosjekt	Vegbredde [m]	Kost/m	Kost/m ²	Kost/m ² 2020kr	Kost/m 7,5 m veg 2020 kr
Fv. 633 Tunnel Kleiva	5,5	48 000	8 727	9 260	69 447
Fv. 633 Primstad bru	3,8	9 000	2 368	2 513	18 847
Rv 3 Hedmark grense-Nåverdalsbrua	9,0	19 000	2 111	2 240	16 799
E6 Vassmarka-Ronglan	12,5	23 000	1 840	1 952	14 642
E6 Jernelva - ny bru Sørkjosen	8,5	8 000	941	999	7 489
Fv. 866 Langbakken. Ny utlysning	6,5	14 000	2 154	2 285	17 139
Gj.snitt:			3 024	3 208	24 061

Kostnad brukasse og pontonger

I anslaget i 2017 er det brukt en marginalkostnad på produksjon av brukasse tilpasset automatisert produksjonen. Det vil være kostnader forbundet med å etablere er fabrikk med tilstrekkelig produksjonskapasitet. Det har også vært en betydelig svekkelse av kronekursen siden anslaget i 2017. I kostnadsestimatet er det derfor lagt inn 50 kr/kg for brukasse og 45 k/kg for pontong og søyle, ferdig overflatebehandlet. For brukassen er det ansett å være like sannsynlig at prisen blir lavere som høyere, så her er det lagt inn en usikkerhet på +/-20%, mens for pontongene er det lagt inn +30/-20%.

Kostnad marine operasjoner

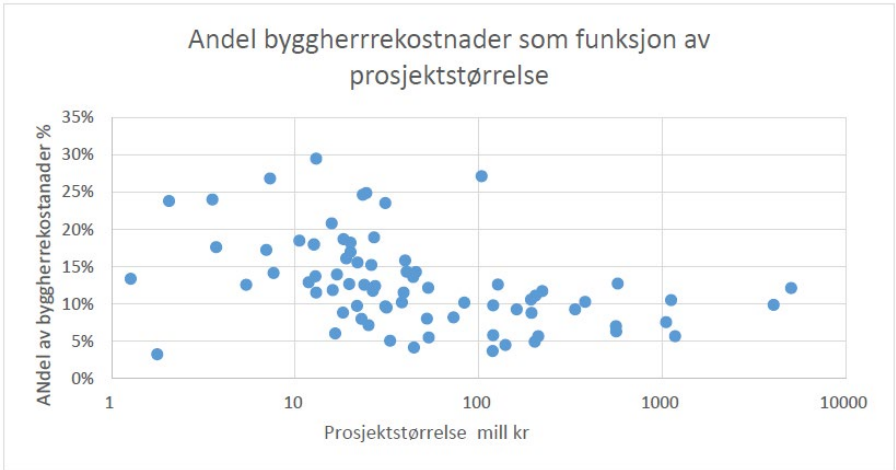
Kostnaden for marine operasjoner er gjennomgått og er estimert å være marginal lavere enn fra anslaget i 2017. Dette inkluderer blant annet sammenstilling av pontong og brukasse og skjøting av elementer på fjorden. I kostnadsestimatet er dermed posten fra anslag lagt til grunn, justert for prisstigning.

Total prosjektkostnad

Anslaget i 2017 er uten byggherrekostnader. Byggherrekostnader inkluderer normalt:

- Prosjektledelse
- Byggeledelse
- Planlegging/prosjektering
- Grunnundersøkelser
- Grunnnerverv

Figur 10-2 viser prosentvist påslag basert på informasjon fra SVVs samledokumentasjon.



Figur 11-2 Andel byggherrekostnader som funksjon av prosjektstørrelse [7]

Tabell 10-2 viser estimat på byggherrekostnader. Dette utgjør ca 7% av entreprisekostnad og er i tråd med informasjonen fra SVV. Ettersom det er få elementer med store materialmengder og relativt liten kompleksitet i prosjektet antas påslaget å ligge i nedre del av utvalget.

Tabell 11-2 Estimert byggherrekostnader for flytebrualternativene

Post	Kostnad
Planlegging og prosjektering	53 900 000
Oppfølging i byggefase	5 000 000
Grunnundersøkelser	5 000 000
Måling av vind-og bølgelaster	10 000 000
Grunnnerverv	7 810 000
Byggherreorganisasjon	34 320 000
Byggherrens rigg- og drift (10% av BH-org)	3 432 000
Sum byggherrekostnader	119 462 000

8 Bygging og installasjon

Generelt

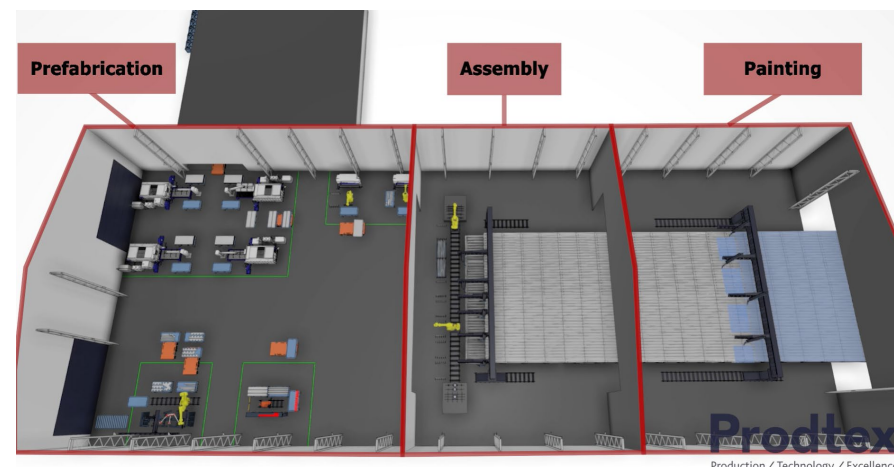
I dette kapittelet beskrives en mulig bygging- installasjonsmetode for alternativet flytebru med svingbru.

Følgende metoder ligger til grunn for beregnet kostnad til marine operasjoner.

1. Flytebrua kan bygges seksjonsvis i for eksempel 200-240 meters lengder som monteres på to pontonger med 100-120 m senteravstand. I kostnadsestimatet er det forutsatt at bruseksjonene produseres i lokalene til Prodtex Industri på Fiskå der det er en automatisert produksjonslinje operativ fra høsten 2020.
2. Pontonger kan bygges ved verft i Norge eller utlandet og fraktes til Fiskå for sammenstilling
3. Arbeid med bygging av landkar og arbeid på brusted foregår i parallell med produksjon av flytebru. Dette er konvensjonell anleggsgjennomføring
4. Seksjonene lagres ved produksjonssted til alle er ferdig. Deretter mobiliseres slepeflåte og nordsjølekter til bruk under sammenstilling av seksjoner. Seksjonene slepes til brustedet og monteres suksessivt.
5. Svingbrua installeres ved å flyte ut på pontongen på den ene siden og nordsjølekter på den andre siden og man unngår med det kostnad til flytekran.

Produksjon av flytebru

I konseptutredning for Bjørnafjorden avsluttet i 2019 ble det lagt ned et betydelig arbeid med å detaljere en automatisk produksjonslinje basert på laser- og laser-hybrid sveis. Det pågår for øyeblikket flere prosjekter for å videreutvikle teknologien og tilpasse regelverket, inkludert innovasjonsprosjekt til Møre og Romsdal Fylkeskommune og teknologikvalifisering i regi av fjordkryssingsgruppa til Statens vegvesen. I 2020 bygges en gang- og sykkelbru, og i 2021 er det planlagt å bygge minst en vegbru. Det er derfor rimelig å anta at når Rovdefjordsambandet skal bygges vil dette være foretrukket produksjonsmetode. I tillegg vil fabrikk på Fiskå sin umiddelbare nærhet til brustedet redusere kostnaden til marine operasjoner.



Figur 8-1 Prinsipiell layout for helautomatisk produksjon

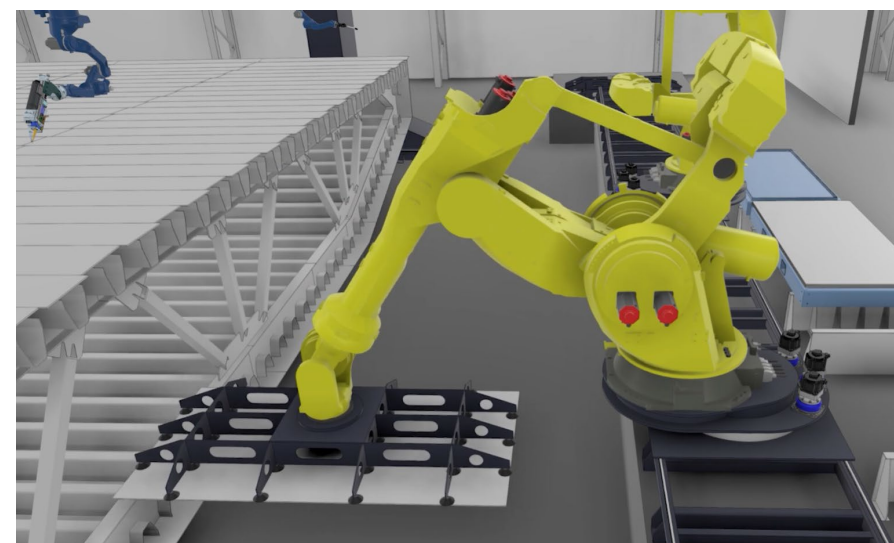
Produksjonen skal foregå helt automatisk ved hjelp av en rekke roboter og utstyr. Når brudelene sveises med laser får man en meget høy hastighet, men det stiller også store krav til toleranser. Det, sammen med analyse av flyten i produksjonslinjen er hovedgrunnen til at det er lagt opp til å prefabrikkere mindre biter som sveises sammen i sammenstillingslinjen.

Følgende prosesser er sentrale i fabrikk:

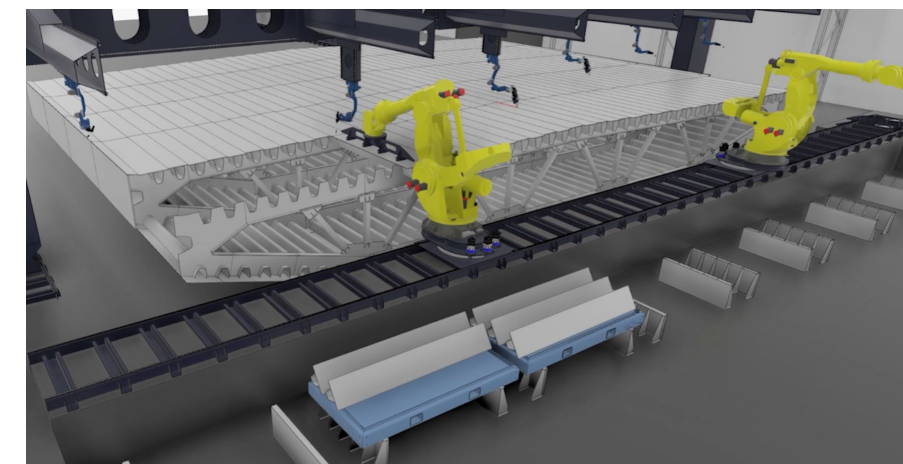
- Mottak av ubehandlede stålplater i 2 040 x 4 040 mm
- Laserkutting av plater
- Maskinering av sveisefuger
- Knekking av plater, primært stivere
- Prefabrikking av topplate med stiver og sideplate med stiver
- Prefabrikking av tverrbærere
- Montering i sammenstillingscellen
- Overflatebehandling etter sammenstilling

For illustrasjon av prosessflyten i fabrikk, gå inn på:

<https://vimeo.com/355040638>



Figur 8-2 Montering av bunnplate

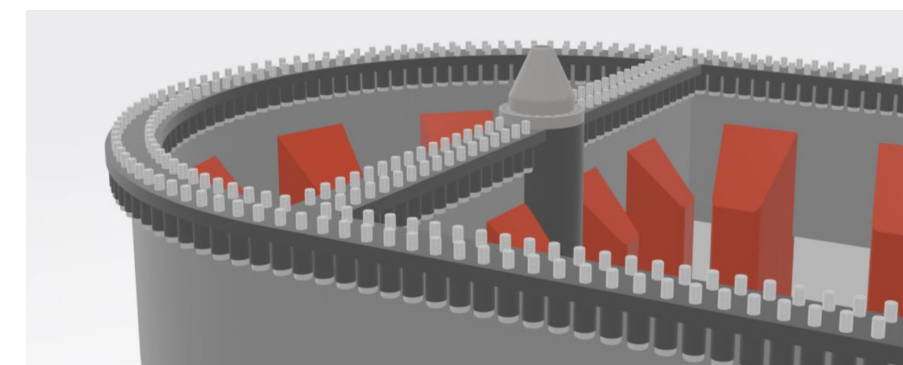


Figur 8-3 Montering av prefabrikkert topplate med stiver

Når brukassa er ferdig produsert i 200-240 m lendge, avhengig av ønsket pontongavstand, kjøres brukassa opp på pontongene ved hjelp av multiwheelere. De boltes sammen for en enklere og raskere sammentilling. Flatene som skal boltes sammen er maskinerte. Etter montasje lagres bruelementene i fjorden ved Fiskå til det er klart for installasjon i Rovdefjorden.



Figur 8-4 Ferdig brukasse skyves ut av hallen, monteres på pontong ved hjelp av multiwheelere



Figur 8-5 Bolteforbindelse søyle

Marine operasjoner

Generelt

Slepebåter trengs for følgende operasjoner:

- Mobilisering av lektere
- Slep og montering av hovedbro
- Slep og montering av svingbro
- Demobilisering av lektere

Planlegging og prosjektledelse kreves for:

- Analyse for slep og montering som kalkulerer minimumskrav for BP og værkriterier.
- Prosedyrer for slep og montering av broelement og lektere med sleperuter, riggingutstyr, fortøyningsdetaljer, nødhavner etc.
- Risikovurdering av operasjoner.
- Grensesnitt med Kunde for planlegging og gjennomføring av ovennevnte operasjoner.

Mobilisering av lektere og slepebåter til site

Slepebåter blir mobilisert til broinstallasjon og demobilisert etterhvert som de blir overflødige. Det er størst behov for slepebåter under montering av hovedbro og en antar at hele hovedbro monteres før svingbro monteres.

For mobilisering av nordsjølektere (90 x 30 m) har vi antatt at lektere slepes av en slepebåt med 60 Te BP som da også kan ta den til/fra kai alene uten videre slepebåt assistanse. De er også mer robuste for krysning av Stad i tilfelle dårlig vær.

Mobilisering og demobilisering av lektere er antatt gjort av slepebåt utenom montering av bro i Rovdefjorden. Dette pga avsatt tid til mobilisering av utstyr på lekter og for å unngå unødvendig venting for slepebåter i den perioden. En rundtur for slepebåt i forbindelse med mobilisering eller demobilisering av lekter tar ca 3 dager.

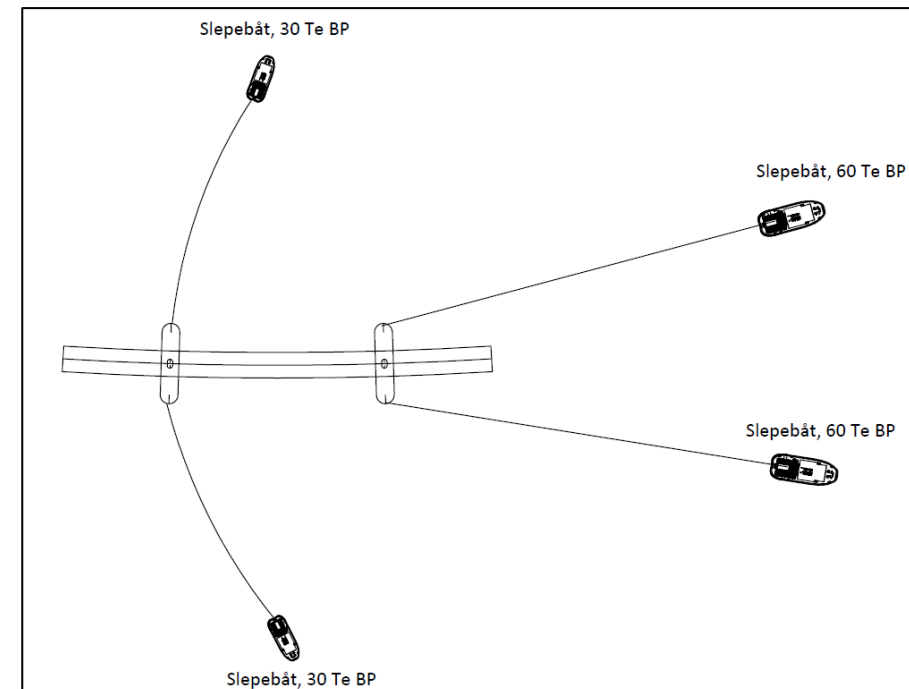
Slep og montering av flytebru

Behovet for slepekraft er beregnet til 90 Te BP kombiner fordelt på de to hovedslepefartøyene. Dette er basert på 1 m/s slepehastighet, 0,8 m/s strøm i mot og 24 m/s vind i mot.

Om en ser på slep med operasjonskriterie på 10 m/s vind og 0,8 m/s strøm vil en kunne oppnå en slepehastighet på 1,5 m/s med 100 Te BP. Det er et relativt kort slep så en oppnår ikke stor gevinst på å øke slepehastighet fra 1 m/s til 1,5 m/s.

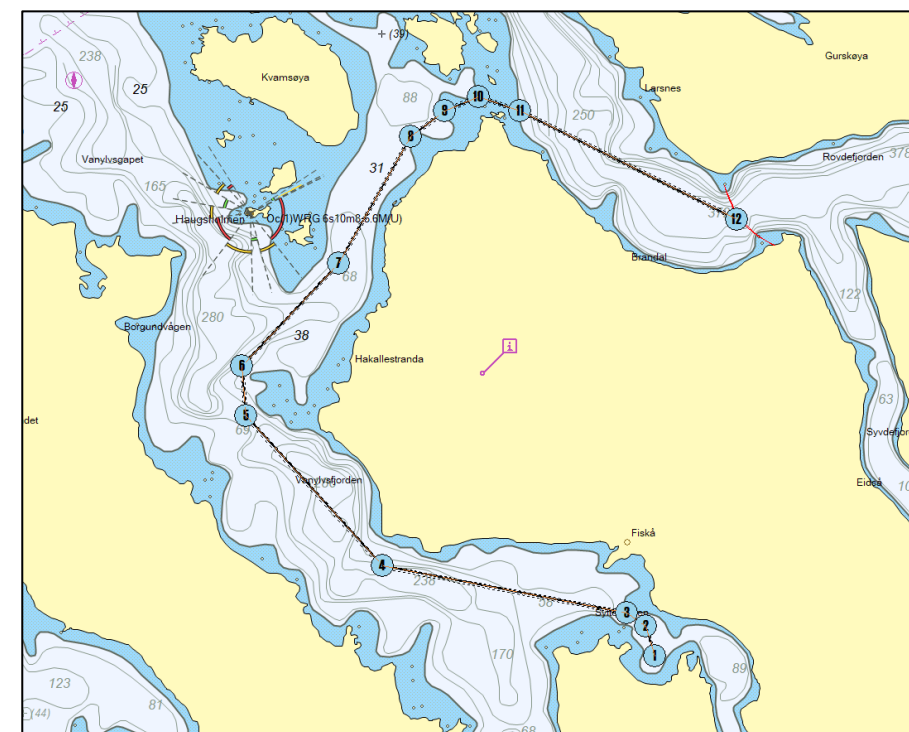
For manøvrering gjennom fjord og for posisjonering trengs det flere fartøy, så slepekonfigurasjon består derfor av to stk slepebåter på 60 Te BP og to stk slepebåter på minimum 30 Te BP. Slepekonfigurasjon vist i Figur nedenfor. De større slepebåtene sørger for robusthet i oppsettet.

Et av følgefartøyene på 30 Te bør også innta rollen som vaktfartøy under slepene.



Figur 8-6 Slepekonfigurasjon hovedbro

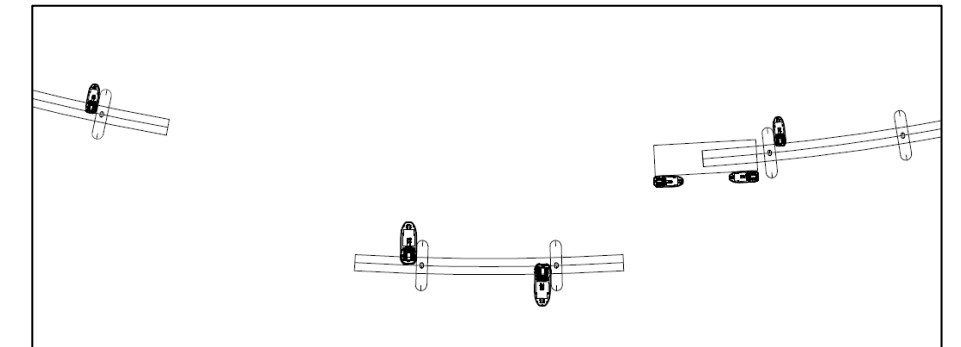
Slepet vil begynne ved oppankringssted utenfor Fiskå og følge sleperuten som indikert i Figur 8-7.



Figur 8-7: Sleperute fra Fiskå til Koparnes

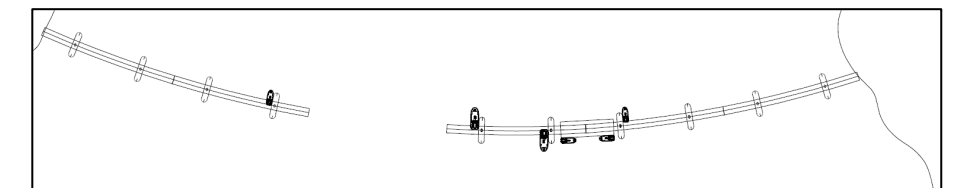
Ved ankomst installasjonssted vil slepebåter rekonfigureres slik at de to 60 Te BP slepebåtene syr seg fast langs hver av pontongene og de to følgebåtene

frigjøres til å hente lekter for sammenstilling. Lekter er midlertidig fortøyd i nærheten av bro og manøvreres i posisjon langs eksisterende broelement. Deretter manøvreres det nye broelementet på plass. System for endelig posisjonering må detaljeres.



Figur 8-8: Slepebåtkonfigurasjon for montering av broelement

De to slepebåtene på 60 Te BP er av type ASD / Traktor eller Voith og har god manøvreringsevne som gjør at de kan plassere broelementet med stor presisjon inntil lokale vinsjer/posisjoneringssystem aktiveres.



Figur 8-9: Montering av broelement

Når broelementet er sikret vil lekter manøvreres til fortøyningsposisjon. Slepebåter returnerer til Fiskå for slep av neste broelement. Slepebåter som holder bro i posisjon vil skifte posisjon før de andre slepebåtene forlate broen.

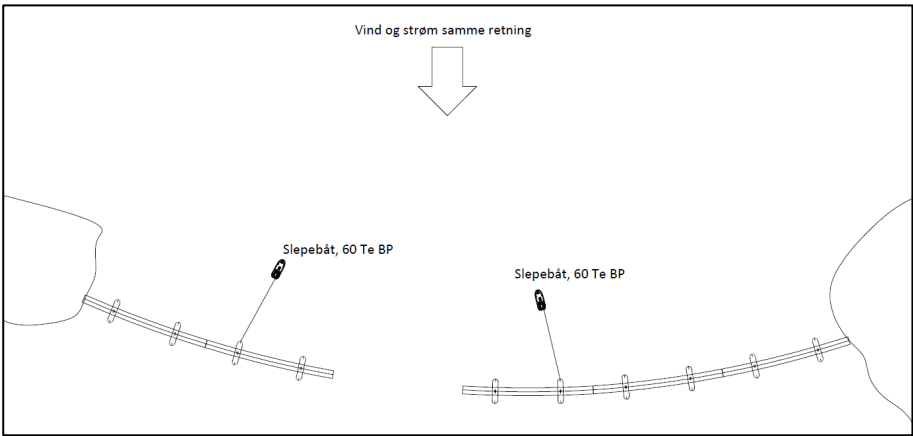


Figur 8-10 Eksempel på slepebåt, BB Coaster, 65 TBP

Posisjonering av flytebru under installasjon

Etterhvert som broen monteres vil det være behov for å holde utkrager seksjonene av broen i posisjon mot vind- og strømkrefter. Under montering av bro vil to slepebåter på 30-40 Te BP holde den allerede installerte broen i posisjon ved å sy seg inn på pontongen.

Vind blir dominerende last fra 7-8 m/s og slepebåter vil i dårlig vær legge seg mot vindretning med sleper for å unngå skader på grunn av relativ bevegelse mellom pontong og slepebåt. Alle fartøy bemannet for 24 timers operasjon. I tilfelle dårlig vær (typisk vind over 12-15 m/s) vil disse erstattes av/suppleres med slepebåtene på 60 Te for å ha mer kapasitet. Det vil da uansett ikke være vær for å utføre slep av broelementer og dermed har en slepebåtene tilgjengelig, se Figur nedenfor for detaljer.



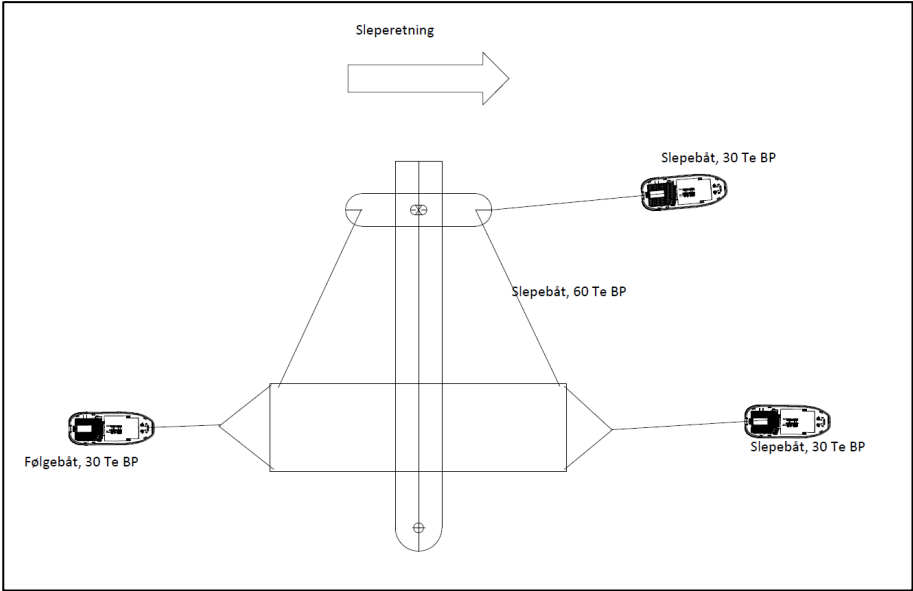
Figur 8-11: Konfigurasjon for holding av utkrager av bro ved dårlig vær

Beregnet totallast på tre brokasser (L = 3 x 240 m) er 86 Te basis 24 m/s vind og 0.8 m/s strøm ved 2.9 m dypgang på pontong, se vedlegg B. Antar halvparten av last i landfeste og resten i slepebåt. Reduksjonsfaktor på slepebåt gir krav om minimum to stk slepebåter på 60 Te BP.

Slep og montering av svingbro

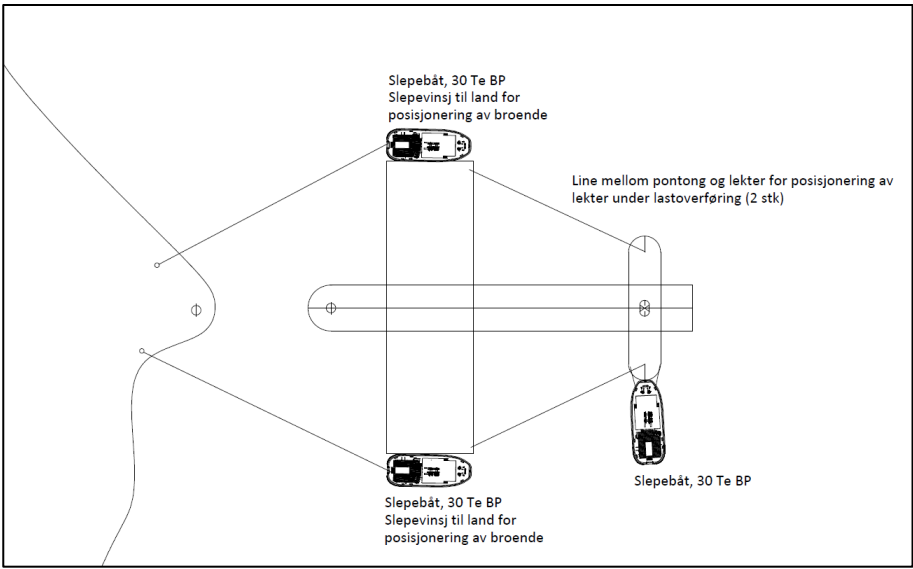
Tre slepebåter på 30 Te BP vil utføre slep og posisjonering av svingbro. En nordsjølekter er plassert under svingenden av broelementet med jekkesystem for lastoverføring til landfestet, evt ballastering av lekter. Det er illustrert en wire mellom pontong og lekter for å hjelpe med relativ plassering av lekter under lastoverføring.

I tidsplan er det antatt totalt 3 dager for slep og installasjon. Lastoverføring av broelement til lekter på Fiskå må detaljeres.



Figur 8-12: Slepekonfigurasjon svingbro

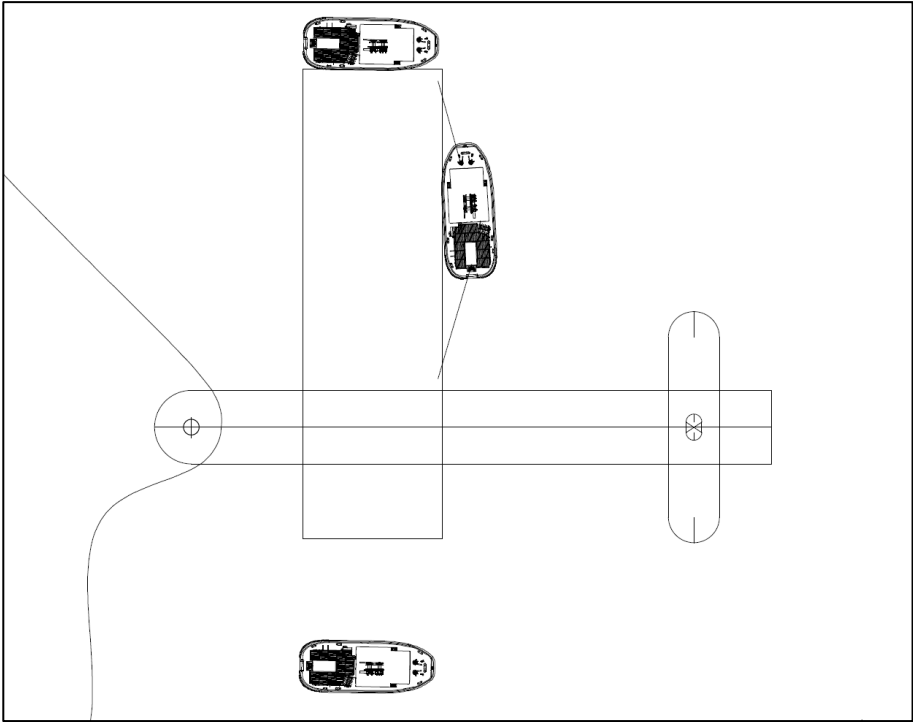
Før ankomst lokasjon for installasjon av svingbro vil de to slepebåtene på lekter sy seg fast på kortsiden av lekter. Dermed kan de utføre god posisjonering og ha vinsjer tilgjengelig mot landfeste for endelig posisjonering. Evt kan vinsjer monteres på lekter.



Figur 8-13: Konfigurasjon for posisjonering ved landfeste for svingbru

Etter lastoverføring til landfestet vil slepebåt på pontong assistere slepebåt på kortende av lekter og sammen vil de føre lekter bort fra bro og tilbake til Fiskå.

Operasjon gjentas for svingbro element nummer 2. Da må svingbro for element nummer 1 være i åpen konfigurasjon for å sikre god tilkomst.



Figur 8-14: Fjerning av lekter etter lastoverføring

Demobilisering av lektere

Det vil være en del utstyr på lekterene som må demobiliseres før lekterene returneres til eier. Det er derfor lagt opp til at slep av lekter gjøres med andre fartøy enn de som er involverte i operasjonene for å unngå unødvendig venting for slepebåter.

9 Endringer i flytebru fra forprosjekt

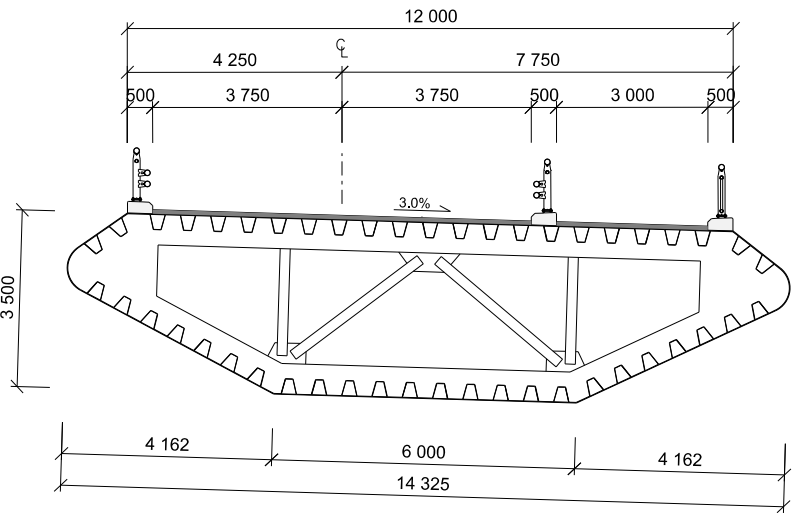
Brukasse

I forprosjektet fra 2017 er det gitt følgende beskrivelse av brukassen:

Den avstivede stålkassen er totalt 16 meter bred, 4 meter høy og består av plater med tykkelse 15 mm. Innvendig avstivning ved tverrrammer er ved rørprofiler og en tverrgående ramme. Tverrsnittet har en vekt på ca. 8,7 tonn per meter, inkludert avstiving. Kassen utføres i stål med kvalitet S355 mens det ved landkar benyttes høyere stål kvalitet.

Vi foreslår å legge tverrsnitt som vist i Figur 9-1 til grunn for hoveddelen av flytebrua. Dette tverrsnittet har vekt på ca 5,5 tonn/m inkludert tverravstivning.

For å ta høyde for lokal forsterkning, blant annet inn mot land og forsterkning over søyler legges 6,5 tonn/m til grunn for kostnadsestimatet. Dette ansees for å være et robust, og vi forventer at den reelle vekten vil ligge nærmere 6 tonn/.



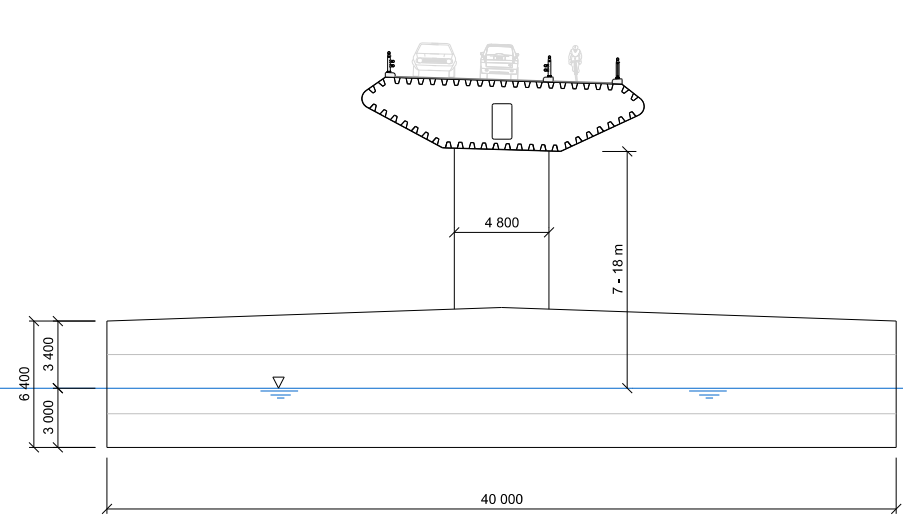
Figur 9-1 Oppdatert kassetverrsnitt flytebru

Pontonger

I forprosjektet fra 2017 er det gitt følgende beskrivelse av pontongene:

Pontongene som understøtter selve brubjelken er 10 meter brede, 50 meter lange og 6,9 meter høye. Pontongene er tenkt utført i stål og har en estimert vekt i tørr tilstand på ca. 500 tonn hver (-20% / +10 %).

Når vekten av brukassa reduseres kan også størrelsen på pontongene reduseres. Lavere deplasement reduserer igjen de hydrodynamiske kreftene som virker på brua. Lengden på pontongene som er analysert er 45 m, bredden er 10 m og høyden er 6,4 m. Vekt for pontong inkludert søyle er ca 480 tonn. Her kan det være mulig å optimalisere størrelsen.



Figur 9-2 Oppdatert pontongtverrsnitt flytebru

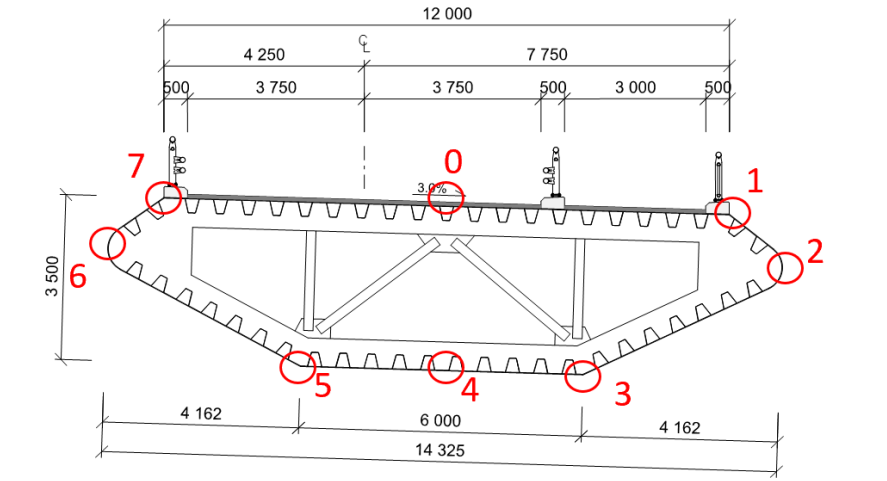
Dokumentasjon av kapasitet for foreslått tverrsnitt

For å dokumentere en redusert vekt i forhold til anslag 2017 er det utført globalanalyser for flytebrua fra Saudeholmen til Bjørlykkeskjæret med miljølast og trafikk som dominerende laster. Basert på erfaring fra tidligere prosjekter er dette de dominerende lastkombinasjonen i største delen av brukassen. I en senere fase må skipsstøt og utmatting analyseres nærmere.

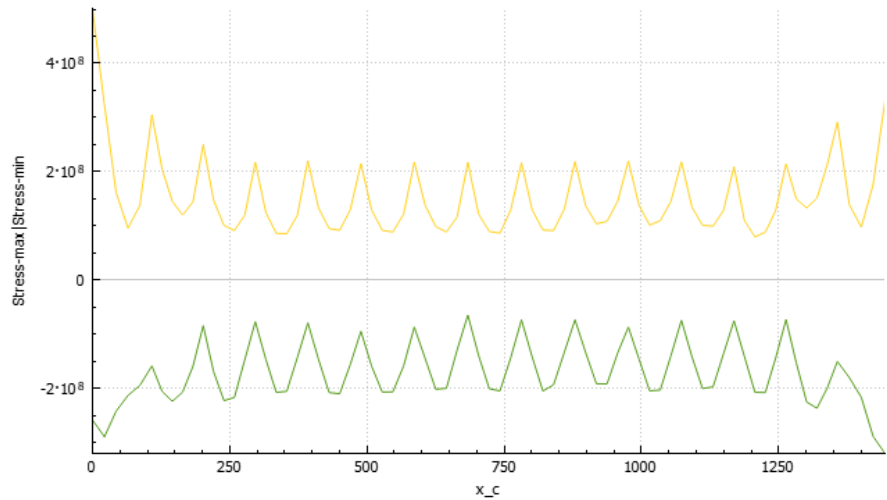
Både lav flytebru og flytebru med 25 m seilingshøyde er analysert. Fullstendig resultater er vist i vedlegg A.

Tabell 9-1 Sammenligning av maksimale spenning [MPa] i lav flytebru og flytebru med 25 m seilingshøyde.

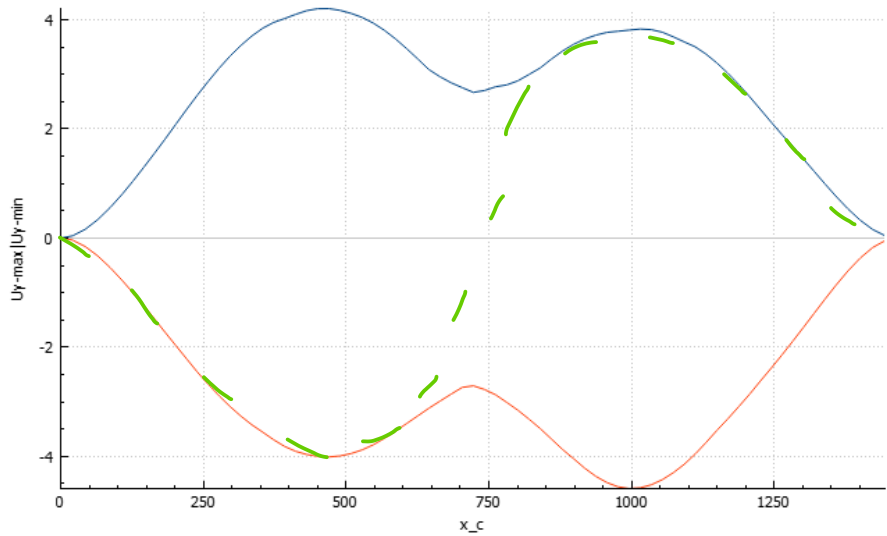
Spenningspunkt	Lav flytebru	25 m maks. høyde
0	196	204
1	192	215
2	224	154
3	288	307
4	283	300
5	287	302
6	164	136
7	215	215



Figur 9-3 Spenningspunkter i analyse



Figur 9-4 Punkt 7 dimensjonerende spenninger



Figur 9-5 Omhylningskurve for horisontale forskyvninger, 1. svingeform stiplet i grønt