



Statens vegvesen

# MULIGHETSSTUDIE - KRYSSING AV SOGNEFJORDEN

OPPSUMMERING ETTER IDÈFASEN

RAPPORT

Prosjektavdelingen



Foto: Dagrunn Husum

Region vest  
Prosjektavdelingen  
Idèfasen avsluttet sommeren 2010  
Dato: mars 2011



# MULIGHETSSTUDIE KRYSSING AV SOGNEFJORDEN OPPSUMMERING AV IDÉFASEN

<b>FORORD</b> .....	<b>3</b>
<b>SAMMENDRAG OG ANBEFALINGER</b> .....	<b>5</b>
<b>1 GENERELT OM LØSNINGSFORSLAGENE</b> .....	<b>6</b>
<b>2 FLYTEBRU</b> .....	<b>7</b>
2.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger .....	7
2.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger.....	11
<b>3 RØRBRU</b> .....	<b>12</b>
3.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger .....	12
3.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger.....	16
<b>4 HENGEBRU</b> .....	<b>17</b>
4.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger .....	17
4.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger.....	18
<b>5 SPESEILLE PROBLEMSTILLINGER SOM ER FELLES FOR FLERE ALTERNATIV</b> .....	<b>19</b>
5.1 Dypvannsfundamentering .....	19
5.2 Bruk av horisontale strekkstag .....	19
5.3 Sikkerhet, ulykker og overbelastning.....	19
<b>ETTERORD</b> .....	<b>20</b>



## Forord

Det er en målsetting om på sikt å gjøre E39 mellom Kristiansand og Trondheim, eller Kyststamveien som den også blir benevnt, fergefri. Statens vegvesen Region vest har startet et teknologiutviklingsprosjekt med mål å muliggjøre kryssing av de mest krevende fjordene. I første omgang gjennomføres en mulighetsstudie for kryssing av Sognefjorden ved Lavik-Oppedal. Her er Sognefjorden bortimot 1250 m dyp og ca. 3.7 km bred, og her finner en derfor de fleste utfordringene som en vil støte på ved andre ekstreme fjordkryssinger. Denne kryssingen er så utfordrende at den vil være grensesprengende med tanke på bruk av kjente kryssingsmetoder. Det er derfor viktig med åpenhet for å ta i bruk ny teknologi knyttet til forankrede eller flytende pontonger, eksempelvis fra offshore-teknologien.

Hensikten med mulighetsstudien er å finne ut om det vil være teknisk mulig å krysse Sognefjorden med en fast forbindelse, samt hvilke løsninger som er mest aktuelle. Hensikten er å kunne bruke resultatene fra denne mulighetsstudien i en mer generell sammenheng for fjordene på Vestlandet. Det er derfor viktig i mulighetsstudien å se på overførbarhet av de funn som blir gjort til andre aktuelle fjordkryssingssteder.

Mulighetsstudien har så langt vært organisert som et prosjekt under Prosjektavdelinga, Statens vegvesen Region vest. Prosjektgruppen har i denne fasen bestått av: Lidvard Skorpa (leder), Statens vegvesen Region vest; Bjørn Isaksen, Vegdirektoratet; Kristian Berntsen, Vegdirektoratet; Jorunn Hillestad Sekse, Statens vegvesen Region vest; Håvard Østlid, eget firma; Bernt Jakobsen, COWI AS / eget firma; Svein Erik Jakobsen, Dr.Ing. A. Aas-Jakobsen AS.

Første del av mulighetsstudien har vært en idéfase for å komme opp med mulige løsninger basert på faste bruer, flytebruer eller rørbruer, og kombinasjoner av disse. I den sammenheng ble det arrangert to idéseminarer med innbudte deltakere. Etter seminarene er alternativene bearbeidet videre med hensyn på gjennomførbarhet, og prioritert av prosjektgruppen. Arbeidet i idéfasen ble avsluttet sommeren 2010.

Denne rapporten gir et kort sammendrag av idéfasen, samt anbefalinger for videre arbeid i mulighetsstudiet.



## Sammendrag og anbefalinger

Resultatene fra første fase av mulighetsstudien, idéfasen, viser etter prosjektgruppa sin vurdering at det er flere løsninger for kryssing av Sognefjorden som sannsynligvis vil være teknisk gjennomførbare, og som det derfor bør arbeides videre med for å framskaffe nødvendig dokumentasjon for å underbygge dette. Denne fasen har også vært verdifull med tanke på bruk av resultater fra mulighetsstudien i forhold til andre aktuelle fjordkryssingsprosjekter.

Ut fra vurderingene ser man for seg tre ulike prinsipppløsninger (brutyper) for en slik kryssing. Det mest nærliggende løsningen er en bru med flytelegemer i overflaten (flytebru). Problematikken rundt denne vil være hvordan å motstå horisontale belastninger (vind, strøm og bølge) over så lange spenn. En annen løsning er rørbru, som er et neddykket rør trafikken går gjennom. Denne har den utfordringen at ikke noen bru av denne typen noen gang er bygd, og at man også her snakker om ekstreme lengder. Det tredje alternativet er en fast bru som spenner over hele fjorden. Dette er bruspenn med lengde utover det som hittil er bygget. Det er for fastbru blitt fokusert på bruer av hengebrutype. Uansett brutype beskrevet over, involverer videre arbeid teknisk nybrottsarbeid som ikke før er utført.

For videreføring av mulighetsstudien for kryssing av Sognefjorden anbefales det at alle tre brutyper jobbes videre med. Innenfor hver type er det anbefalt flere løsninger i henhold til følgende prioriterte rekkefølge:

Brutype	Løsning
Flytebru	Endeforankret med høybru på pontonger midtfjords
Flytebru	Endeforankret med høybru over en skipslei i strandsonen
Flytebru	Kombinert med rørbru under skipslei
Rørbru	To parallelle, krumme rør forbundet med tverrigger og med pontonger i overflaten
Rørbru	Rørbru i horisontal kurve med pontonger og sideforankret med horisontale strekkstag til land
Fastbru	Hengebru med ett hovedspenn i hele fjordens bredde
Fastbru	Hengebru med tårn fundamentert på flytende pontonger

For videre arbeid med aktuelle alternative løsninger for andre "ekstreme" fjordkryssinger på Vestlandet, anbefales følgende løsninger (hvor aktuelle disse er for videre bearbeiding kan være avhengig av ønsket framdrift for spesifikke nye fjordkryssingsprosjekter):

Brutype	Løsning
Flytebru	Samme prioritering som over <sup>1)</sup>
Rørbru	Rørbru uten pontonger avstivet med stag til sjøbunnen
Rørbru	Rørbru i horisontal kurve med pontonger uten supplerende forankring
Fastbru	Hengebru med ett eller flere spenn

<sup>1)</sup> Ved andre vanddyp og ved større bølgebelastning vil forankring til sjøbunnen være aktuelt.

I tillegg anbefales at det settes i gang arbeid for å utvikle løsninger for faste fundamenter på dypt vann og på horisontale strekkstag inklusiv forankringer.

## 1 Generelt om løsningsforslagene

De prioriterte løsningene beskrevet i det følgende, er en innsnevring av de mange alternative løsningene som har kommet frem gjennom idéfase og idéseminarer. Disse er beskrevet gruppevis i forhold til hovedprinsipp for konstruksjonsløsning. Det er tatt inn vurderinger både i forhold til det konkrete kryssingsstedet av Sognefjorden ved Lavik-Oppedal, samt gjort vurderinger av anvendelighet for fjordkryssinger generelt (med tanke på karakteristika for de gjenstående ”ekstreme” fjordkryssingene).

Alle vurderingene er prosjektgruppas samla skjønnsmessig vurdering, med bakgrunn i faktorer som:

- Sikkerhet for trafikanter og konstruksjon (risiko for skipspåkørsel, mulighet for redundante systemer, sikkerhet mot katastrofeartede hendelser, osv).
- Antatt gjennomførbarhet (at konstruksjonen kan gis nødvendig styrke og stabilitet i forhold til de krefter den blir utsatt for, behov for teknologiutvikling, osv).
- Hvor robuste løsningene er vurdert å være ved ulike stedlige forhold (i forhold til bredde og dybde, naturlaster fra bølger, vind og strøm, skipstrafikk, osv).
- Minst mulig ulempe for framtidig skipstrafikk, og minst mulig fravik i vegstandard i forhold til gjeldende normaler.
- Robust løsning med hensyn til framtidig drift- og vedlikehold.

Prioriteringen er gjort ut fra hvilke alternative løsninger det mest sannsynlig vil være naturlig å starte med når en skal vurdere muligheten for å etablere en fast forbindelse.

Prioriteringene er videre gjort ut fra eksisterende erfaring fra dypvannsfundamentering i forbindelse med brukonstruksjoner.

Det er videre helt avgjørende for prioriteringen at de foreslåtte alternativene fortsatt kan betraktes som aktuelle og gjennomførbare etter at vesentlige overordna sikkerhetsmessige prinsipper er avklart.

Som grunnlag for utarbeidelse av alternativer og for prosjektgruppens vurderinger og prioriteringer er anvendt visse føringer fra prosjektet. Disse refererer seg til dimensjoneringskriterier i vegvesenets interne håndbøker, noen grove beregninger av bølger og strøm, samt antagelser med bakgrunn i uformelle diskusjoner med Kystverket eller internt i prosjektgruppa. Intensjonen har vært de skal avspeile størrelsesordenen for krav og forutsetninger til en kryssing av Sognefjorden for bruk i denne fasen av mulighetsstudien. Videre skal de danne utgangspunkt for en vurdering av hvilke parametere som vil være kritiske i forhold til ulike tekniske løsninger, og om det fins grenseverdier som er kritiske i forhold til hvor vidt tenkte løsninger vil være teknisk mulige eller ikke.

Angitt trafikkvolum (ÅDT i 2040) er brukt som eksempel i mulighetsstudien, kun som utgangspunkt for dimensjonering av kjørebaneler, osv. for en alminnelig tofelts veg. Hvor vidt andre trafikk tall vil medføre endrede vurderinger, vil være en del av nødvendige avklaringer knyttet til videre arbeid. Det er tatt utgangspunkt i at en fast forbindelse skal være åpen for alle trafikantgrupper, inkludert gående og syklende.



## 2 Flytebru

### 2.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger

De alternativene som i første omgang foreslås lagt til grunn for videre utvikling er som beskrevet nedenfor.

#### **For kryssing av Sognefjorden**

På grunn av det store vanddypet på kryssingsstedet, ca. 1250 m, er det ikke vurdert hensiktsmessig å føre noen konstruksjons-/forankringselementer ned til fjordbunnen.

Den store bredden på fjorden, ca. 3700 m gjør at det må treffes spesielle tiltak for å sikre tilstrekkelig horisontal styrke og stivhet av konstruksjonssystemet slik at bevegelser og krefter fra strøm og bølger kan holdes under kontroll, og begrenses til akseptable verdier.

Nedenfor beskrives kort de to alternativene som er vurdert som de mest lovende for videre utvikling for Lavik–Oppedal-kryssingen.

#### Flytebru med høybru over skipsleia midtfjords

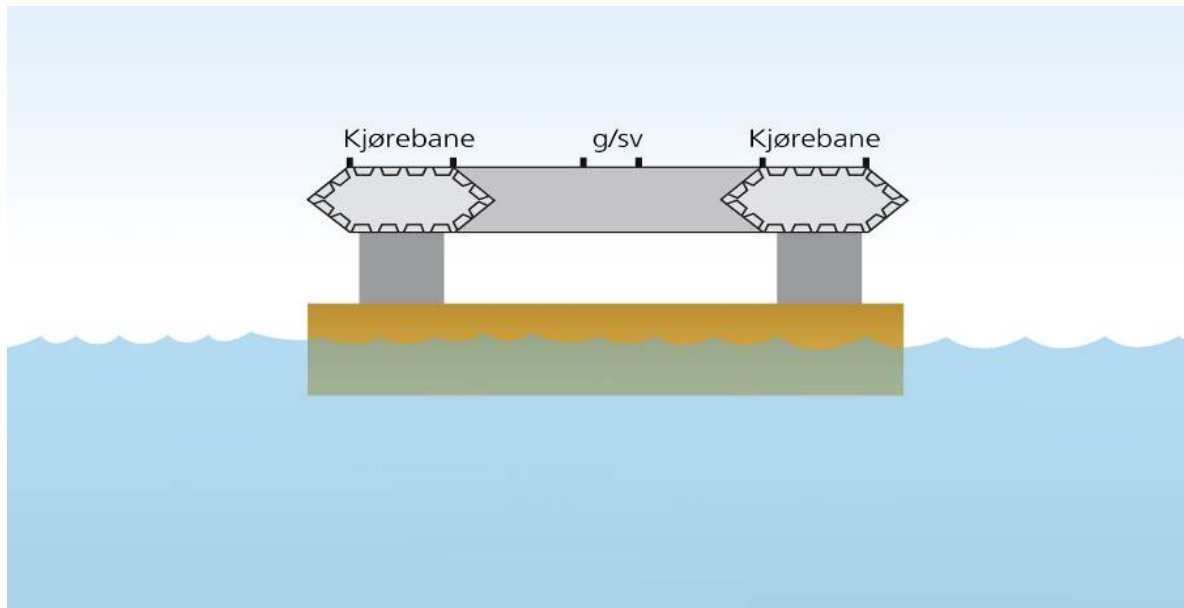


*Figur 1: Oversikt flytebru med høybru midtfjords*

Denne flytebrua består av en serie bruspenner med søyler ned på flytende pontonger, der brubanen har en buform i et skråplan som en bøttehank. Dette er et uprøvd

konsept som man håper skal være egnet til å ta opp de store horisontalkreftene som virker på systemet, samtidig som den muliggjør en tilfredsstillende seilingshøyde i midten.

Som utgangspunkt antas enkeltpontonger med stor stivhet i bruas tverretning. Pontongene vinkles slik at de peker på langs av fjorden. Alternativt må man introdusere sekundær bæring i et annet nivå. Ved bruk av splittet brubane, se figur under, håper man å få stivhet nok horisontalt til å unngå sekundære forankringssystemer utenfor endeforankringene.



Figur 2: Prinsippskisse, splittet tverrsnitt flytebru

#### Flytebru med fastbru eller tilsvarende i strandsonene eller ved land

Denne løsningen er sammenlignbar med Nordhordlandsbrua, der flytedelen spenner fritt mellom land og et sjøfundament på 35m dyp. For Sognefjorden er løsningen beskrevet med en delvis utsprengt skipspassasje i strandsonen, da topografien lokalt tilsier en slik bearbeiding. Plassering av skipslei vil være avhengig av hvor dypt fundamentet for ilandføring/innspenning av flytebrudelen kan stå. Skipspassasjen er delvis utsprengt for å få tilfredsstillende fri høyde og bredde for skipstrafikken. Flytebrudelen er tenkt som en tradisjonell flytebru på pontonger med lav høyde over vannet, og en oppramping mot høybrudelen. Som på alternativet over, vil man måtte se på tiltak for å unngå sekundære forankringssystemer, slik som splittet kjørebane. Det er ikke tatt stilling til hvilken brutype brua over seilingsleia har.



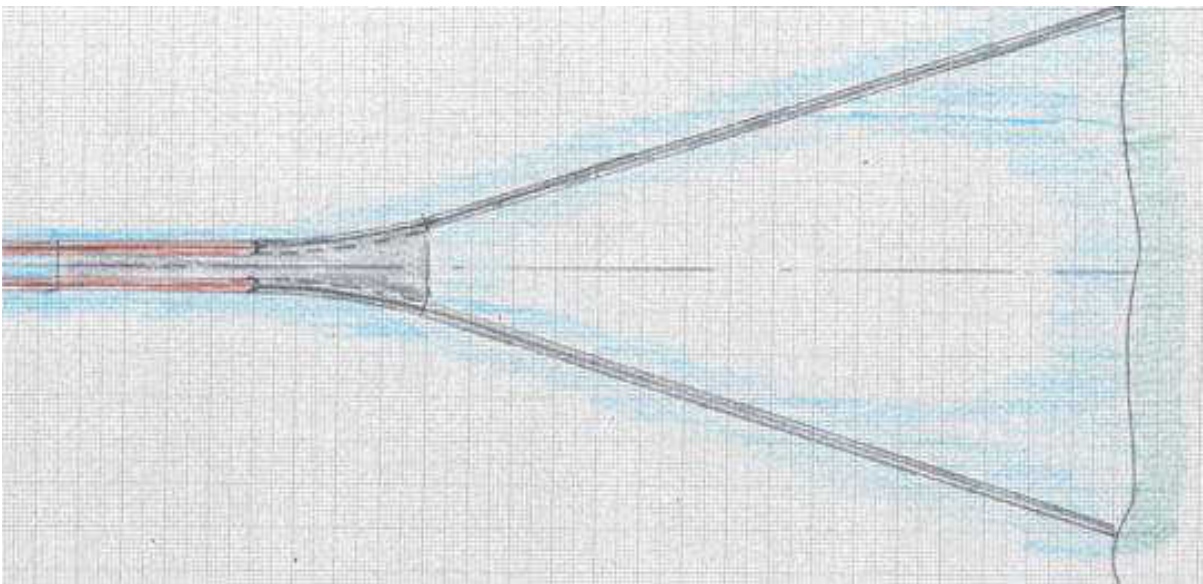
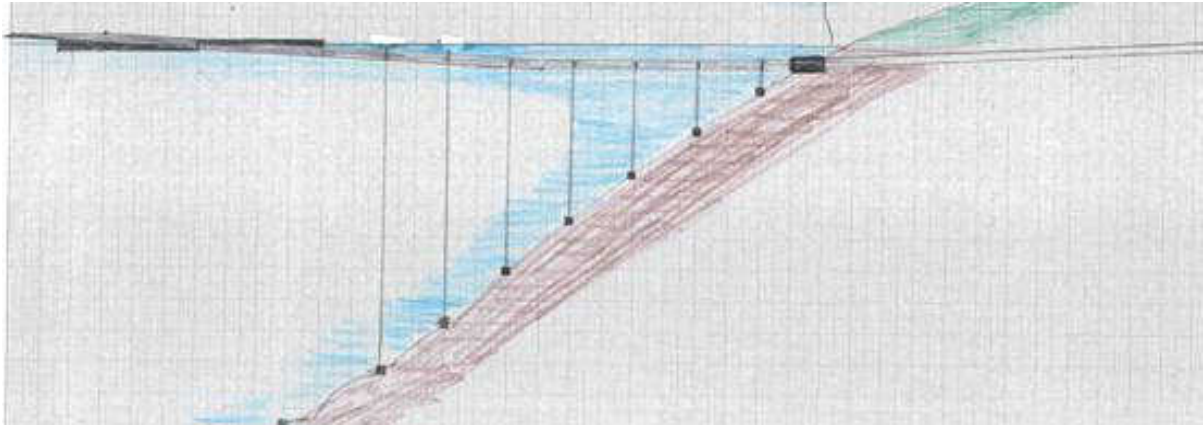
Figur 3: Oversikt flytebru med fastbru over utsprengt strandsone

Flytebru med rørbru eller senketunnel under skipsleia



Figur 4: Oversikt flytebrualternativ med skipspassasje midtfjords

Det er ønskelig med en nærmere studie av en flytebru kombinert med en under-sjøisk passasje forbi skipsleia. I figuren over er dette vist med skipsleia plassert midtfjords. Her rampes trafikken ned til en passasje under skipspassasjen. Således blir dette i prinsippet en kombinasjon av flytebru og rørbru. Det er også sett på en løsning der passasjen går under en skipspassasje inn mot land. I figuren under er dette vist med en Y-formet rørbrudel mellom en nedramping i form av en stor flytekonstruksjon og land. Y-formen vil gi en horisontal forankring av brua.



Figur 5: Oppriss og plan overgang flytebru/rørbru

### For kryssinger generelt

For de aller fleste aktuelle fjordkryssinger på Vestlandet vil forholdene være annerledes enn på det valgte stedet i Sognefjorden. Dybdeforholdene vil være annerledes, og topografien normalt være slik at man kan finne et brusted som egner seg bedre for løsninger tilsvarende Nordhordlandsbrua eller Bergsøysundbrua. Et begrenset vanddyb kan også muliggjøre en rett bru med slakkforankringer til bunnen. Andre steder som ligger ytterst i havgapet eller på annen måte er eksponert for store havbølger, vil det være store begrensninger på anvendeligheten av flytebruer generelt.

Man har således vurdert de alternativene som er beskrevet for Sognefjorden som de mest aktuelle, også for andre kryssinger, men da tilpasset lokale forhold med hensyn på skipspassasje og topografi.

## 2.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger

Under er gitt en kortfattet oppsummering av endel avklaringer og utredninger som er viktig for å konkludere med gjennomførbarheten av denne brutypen:

Emne	Avklaring/utredning
Sikkerhet	Akseptabel sannsynlighet for: -Tap av menneskeliv. -Tap av konstruksjon. -Tap av skip. Hvilke ekstremlaster skal hensyntas. Vurderinger av klimaendringer.
Vegstandard etc.	Egen g/s felt nødvendig. Frihøyde for skipspassasje. Vurderinger av spiralløsning og bevegelige spenn.
Utredninger	Risikoanalyser med hensyn på skipspåkørsel og skipslei.
Utredninger	Statiske og dynamiske analyser med påfølgende dimensjonering for å finne gjennomførbarhet og hoveddimensjoner.
Utredninger	Bygge- og installasjonsmetoder.

### 3 Rørbru

#### 3.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger

De alternativene som i første omgang foreslås lagt til grunn for videre utvikling er som beskrevet nedenfor.

##### For kryssing av Sognefjorden

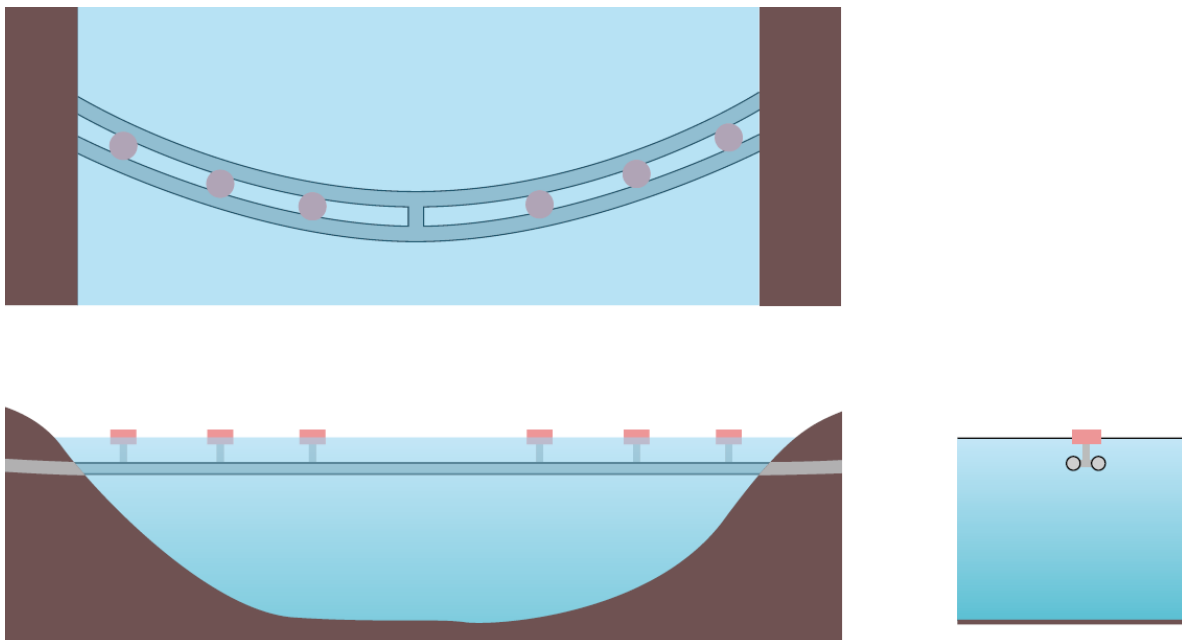
På grunn av det store vanddypet på kryssingsstedet, ca. 1250 m, er det ikke vurdert hensiktsmessig å føre noen konstruksjons-/forankringselementer ned til fjordbunnen.

Den store bredden på fjorden, ca. 3700 m gjør at det må treffes spesielle tiltak for å sikre tilstrekkelig horisontal styrke og stivhet av konstruksjonssystemet slik at bevegelser og krefter fra strøm og bølger kan holdes under kontroll og begrenses til akseptable verdier.

Nedenfor beskrives kort de to alternativene som er vurdert som de mest lovende for videre utvikling for Lavik - Oppedal-kryssingen.

##### Rørbru av to krumme rør med pontonger og forbundet med rigler

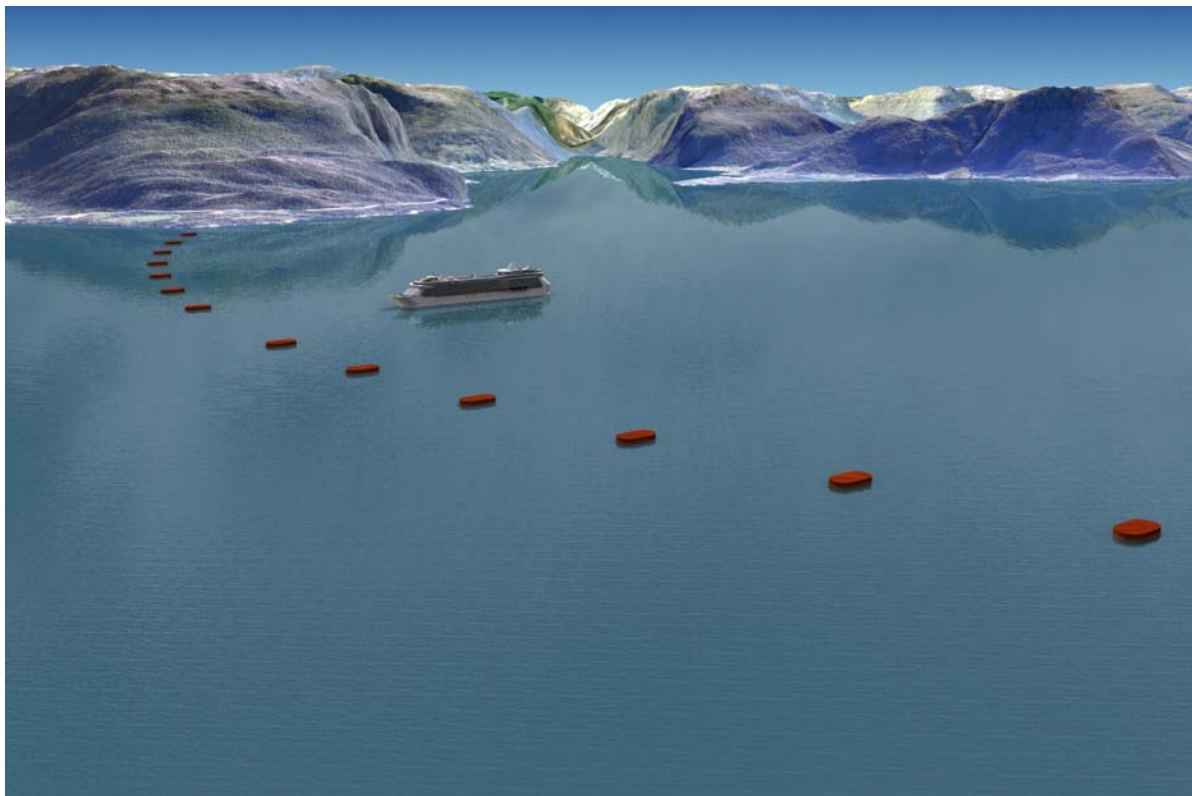
Rørbrua består her av to sidestilte, parallelle, tilnærmet horisontale rør som er forbundet med rigler slik at de danner en horisontal vierendeelbue. Røret er avstivet horisontalt av det sammenbygde, doble røret og vertikalt av pontonger.



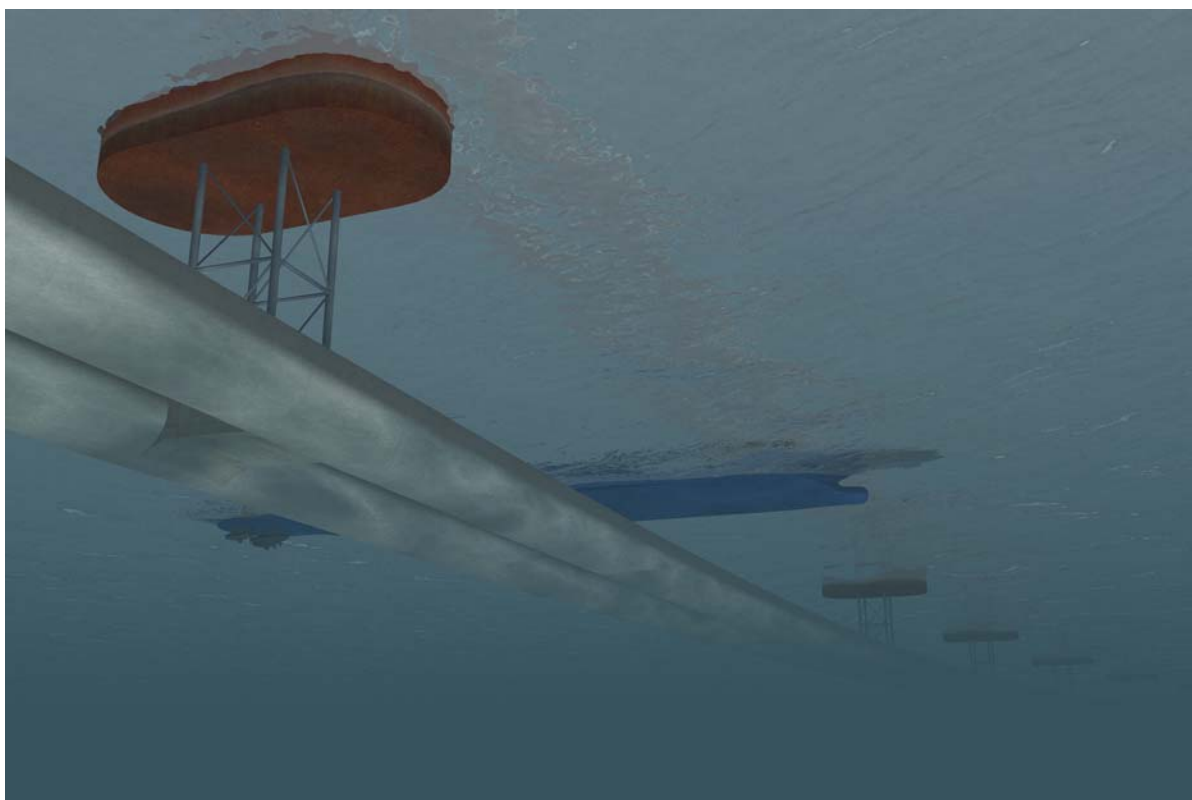
Figur 6: Prinsippskisse, rørbru med pontonger

Hvert rør utformes slik at det er plass til toveis trafikk i en krisesituasjon. Rømning kan skje gjennom det andre røret. Hvis det er behov for havarinisjer utover skuldrene, kan disse legges til regelområdene.

Alternativt kan rørene gis forskjellige dimensjoner, slik at det ene røret for eksempel kun benyttes som rømningsveg.



*Figur 7: Oversikt, rørbru med pontonger, sett fra over vann*

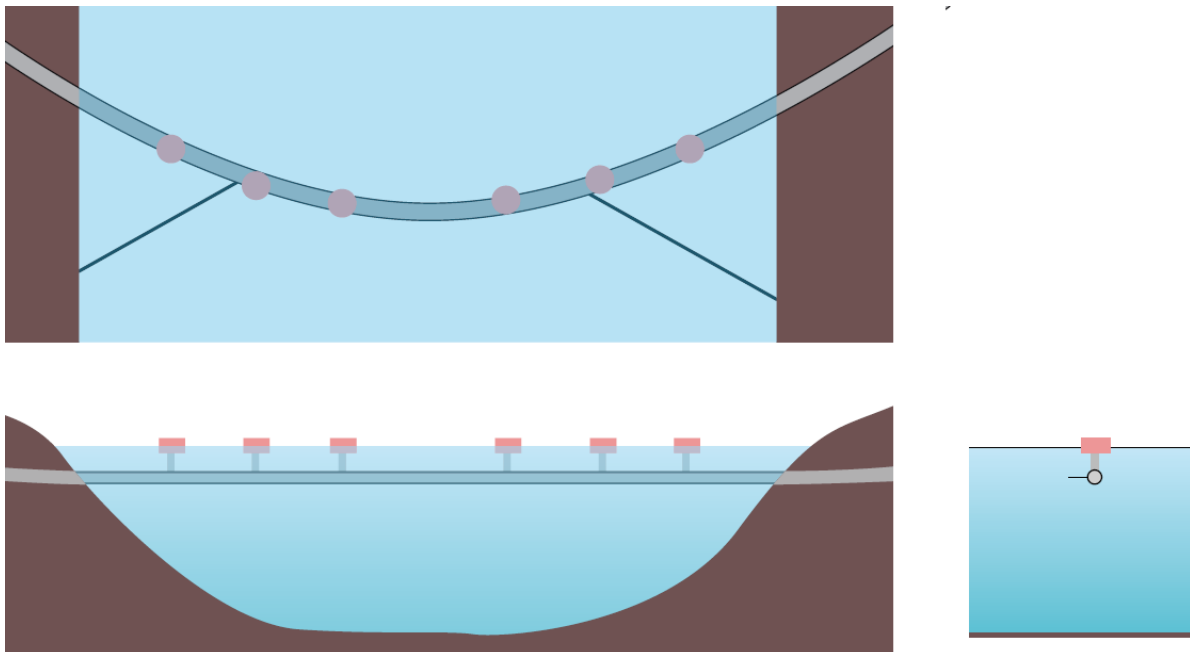


*Figur 8: Rørbru med pontonger, sett fra under vann*

Alternativet representerer et relativt sett enkelt konstruktivt system som har potensialer til å gi tilstrekkelig stivhet og styrke til å motstå aktuelle krefter og bevegelser fra strøm og bølger.

#### Rørbru i horisontal kurve med pontonger og sideforankret med stag omtrent i 1/4-punktene og til landsidene

Løsningen består av et rør som er selvbærende mellom pontonger som går gjennom vannlinjen. Gjennom sitt vannlinjeareal gir pontongene nødvendig vertikal stivhet til systemet slik at vertikalbevegelsene kan kontrolleres. Horisontalt vil de skrå stagene gi delvis fastholding for sidebevegelser slik at forholdene både for knekning ved symmetrisk strøm, bøyemomenter ved antimetrisk strøm og saktevarierende bevegelser vil bli forbedret. Stagene må forspennes slik at trykkrefter unngås i dem. Hvis dette viser seg å gi uheldige effekter, kan det bli behov for å legge inn stag mot land også på den andre siden av røret. Ved kortere spenn (< ca. 2000m) vil muligens horisontale stag være overflødige.



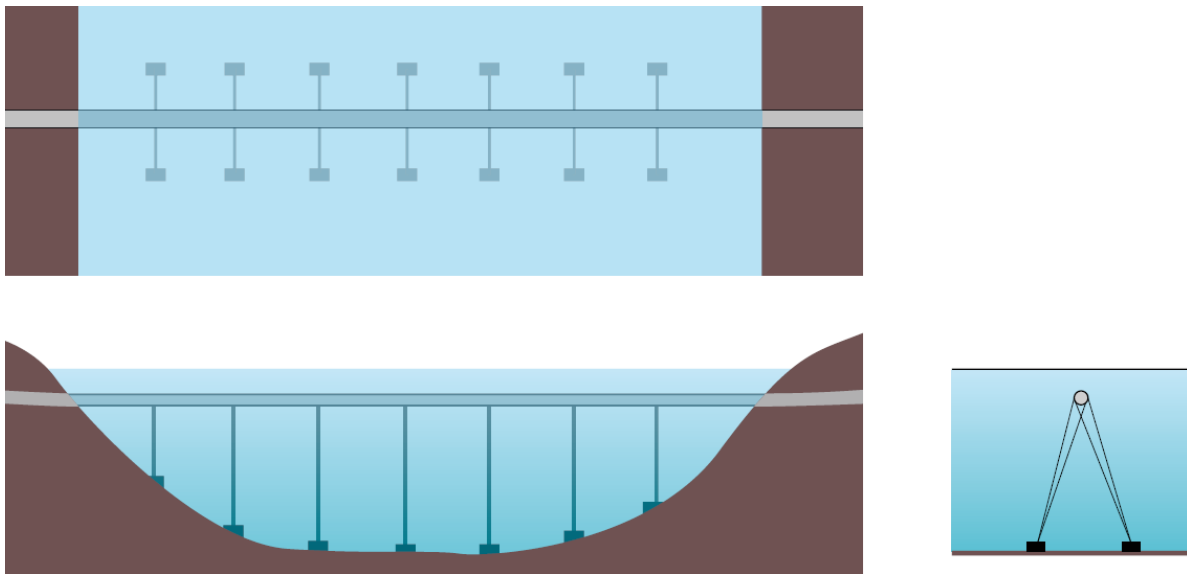
Figur 9: Prinsippskisse, sideforankret rørbru med pontonger

#### **For kryssinger generelt**

For de aller fleste aktuelle fjordkryssinger på Vestlandet vil forholdene være annerledes enn på det valgte stedet i Sognefjorden. Av særlig betydning er at normalt vil dybden av fjorden være vesentlig mindre, slik at forankringer til sjøbunnen vil kunne bli meget attraktivt. Noen steder som ligger ytterst i havgapet eller på annen måte er eksponert for store havbølger vil også kreve andre løsninger enn de som synes best for Lavik - Oppedal-kryssingen i Sognefjorden.



Rørbru uten pontonger avstivet både horisontalt og vertikalt med skrå stag til sjøbunnen



Figur 10: Prinsippskisse, rørbru med stagforankring til bunnen

Røret må ha tilstrekkelig oppdrift til at man unngår at slakk oppstår i stagene på grunn av strøm, bølgekrefter og temperatur. På den andre siden bør netto oppdrift begrenses slik at forankringskraften for stagene ikke blir større enn nødvendig.

Stagkreftene vil gi permanente strekkrefter ned i fundamentet. En naturlig løsning er da å benytte gravitasjonsanker om tar opp disse strekkreftene ved vekten av fundamentet. Alternativt kan man vurdere konvensjonelle strekkpeler.

Dette er det alternativet som etter utviklingen av Høgsfjord-kryssingen har vært den antatt beste og sikreste løsningen for rørbruer, og den har blitt lagt til grunn for flere etterfølgende utredninger. For kryssinger med mer moderate vanddybder vil dette alternativet være meget aktuell. Løsningen anses også å være blant de best egnete for anvendelse der store havbølger kan være aktuelle, og løsningen er teoretisk uavhengig av bredden av fjorden.

### 3.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger

Under er gitt en kortfattet oppsummering av endel avklaringer og utredninger som er viktig for å konkludere med gjennomførbarheten av denne brutypen:

Emne	Avklaring/utredning
Sikkerhet	Akseptabel sannsynlighet for: -Tap av menneskeliv. -Tap av konstruksjon. -Tap av skip. Hvilke ekstremlaster skal hensyntas. Belastningens størrelse for brann og eksplosjoner.
Vegstandard etc.	Egen g/s felt nødvendig. Fri bredde for skipspassasje. Behov for snunisjer for enkle rør. Nødvendige tunnelprofiler for enkle og doble rør.
Utredninger	Risikoanalyser med hensyn på skipspåkjørsel etc.
Utredninger	Statiske og dynamiske analyser med påfølgende dimensjonering for å finne gjennomførbarhet og hoveddimensjoner.
Utredninger	Bygge- og installasjonsmetoder.

## 4 Hengebru

### 4.1 Beskrivelse av prioriterte løsninger

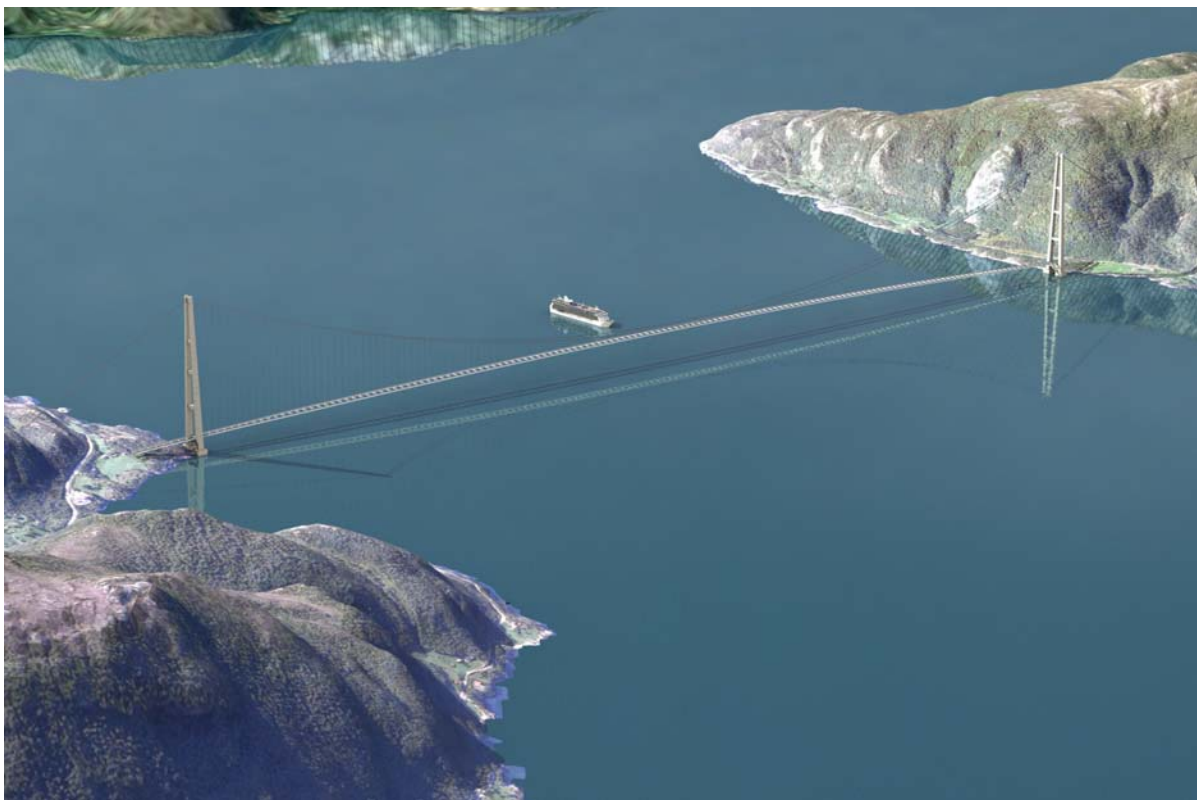
#### Hengebru som spanner over hele fjordbredden

For en kryssing av Sognefjorden med en fastbru type, er den tradisjonelle hengebrua vurdert som best egnet. Ei hengebru med et fritt spenn på 3700 m er en formidabel ingeniørmessig utfordring og vil kreve en god del forskning og utvikling, spesielt med tanke på aerodynamisk stabilitet.

For spennvidder over ca. 1500 m kan det bli nødvendig å endre tverrsnittsform fra én lukket kasse til en oppdelte oppdelt løsning, hvor to kasser (eller bjelker) forbindes med tverrbærere. Dette for å gi en tilfredsstillende dynamisk oppførsel.

Pilhøyden, vertikalavstanden mellom høyeste og laveste punket på kabelen, settes tradisjonelt en tidel av spennvidden. Denne kan økes noe for å minke dimensjonen på bærekabelen. Dette vil føre til at tårnhøyden også må økes. Hvis en antar 70-90 m seilingshøyde, må tårnene være 400-500 m høye.

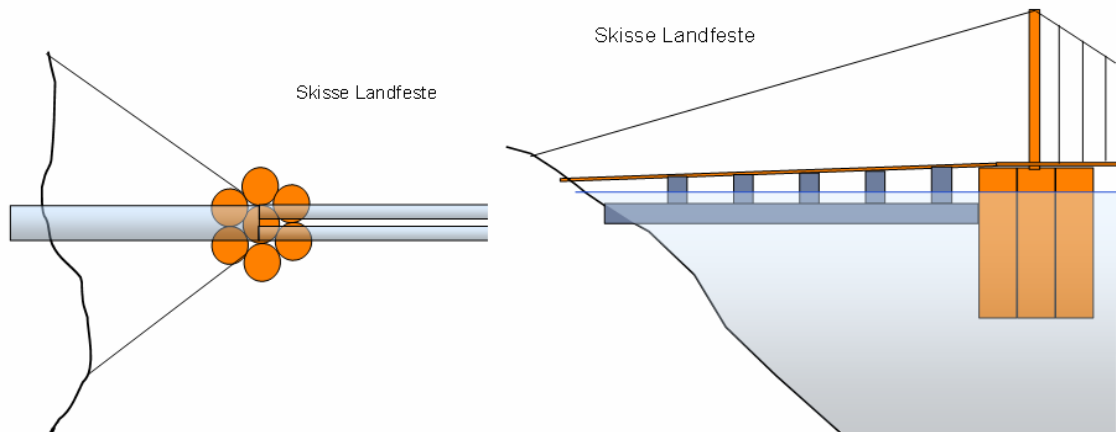
Kablene produseres på brustedet med luftspinnemetoden på samme måte som for eksempel Hardangerbrua. Forskjellige kabelkonfigurasjoner må vurderes for å oppnå tilstrekkelig aerodynamisk stabilitet. Med kabelkonfigurasjon menes hvor en plasserer kablene. En kabel på hver side er det normale, men kablene kan også plasseres sentrisk.



Figur 11: Oversikt, hengebru

### Hengebru med ett eller to tårn på pontonger

Kostnadene med økt hengebruspenn øker progressivt med spennvidden, i tillegg til at de aerodynamiske utfordringene øker. Der er derfor sett på reduksjon av hovedspennets lengde ved å fundamentere ett eller begge tårn på forankrede pontonger. Under er vist en løsning der pontongene forankres horisontalt mot land.



Figur 12: Prinsippskisse, alternativ hengebru fundamentert på pontonger

#### **For kryssinger generelt**

For de aller fleste aktuelle fjordkryssinger i Norge vil hengebru eller en annen fastbru være et aktuelt alternativ. Løsningen må tilpasses den lokale topografien ved at man vurderer lengde på viadukter, optimal plassering av tårn, innhengte sidespenn og dypvannsfundamentering.

## **4.2 Nødvendige avklaringer og videre utredninger**

Emne	Avklaring/utredning
Sikkerhet	Vurderinger av endringer i globalt klima.
Vegstandard etc.	Hvilken trafikklast skal legges til grunn. Fri høyde for skipspassasje.
Utredninger	Risikoanalyser med hensyn på skipspåkjørsel etc.
Utredninger	Beregninger og konstruksjonsanalyser for å etablere konstruksjonsformen.
Utredninger	Vindtunnelforsøk.
Utredninger	Fullskalaforsøk på Hardangerbrua.

## **5 Spesielle problemstillinger som er felles for flere alternativ**

### **5.1 Dypvannsfundamentering**

Mulig fundamentering på dypt vann vil være utslagsgivende for vurdering av løsninger som hengebruer eller flytebruer. Det er derfor høyst interessant å videreutvikle faste fundamenter på dypt vann, tilpasset ulike grunnforhold. Dette kan tenkes som en videreføring av tradisjonelle brufundamenter, eller ved bruk av teknologi tilsvarende produksjon av betongunderstell til oljeplattformer. Det kan også tenkes gjenbruk av betongunderstell som skal fjernes fra Nordsjøen.

### **5.2 Bruk av horisontale strekkstag**

Flere av de alternative løsningene, både for flyte- og rørbruer, og flytende fundamenter, innebærer bruk av horisontale strekkstag for opptak av horisontalkrefter. Dette er en teknikk som ikke er brukt tidligere, og som vil kreve utvikling både av stag og forankringssystemer av en annen type enn det som er aktuelt ved skrå strekkstagforankring for rørbruer.

### **5.3 Sikkerhet, ulykker og overbelastning**

Det er forsøkt identifisert og diskutert alle mulige ulykker, ekstreme vær-situasjoner, og situasjoner hvor vesentlig sikkerhetsutstyr ikke fungerer. Sikkerhet relatert til normal dimensjoneringsproblematikk ivaretas etter gjeldende normer og standarder ved påvisning av at dimensjonerende lastsituasjoner oppfyller aktuelle kriterier, og berøres ikke i diskusjonen.

De fleste av de situasjonene som kan forårsake skade på vesentlige konstruksjonselementer kan i ytterste konsekvens medføre havari. Disse situasjonene berører derfor både sikkerhet mot tap av menneskeliv og konstruksjon. Eksempler på slike situasjoner er sabotasje, påkjørsel av skip og ubåter og skredinduserte bølger. Her vil det være snakk om å arbeide fram et sett av krefter basert på risikoanalyser, samt å få aksept på restrisiko.

## **ETTERORD**

Gjennom arbeidet i idéfasen er det skissert en rekke løsninger for fergefri kryssing av Sognefjorden ved Lavik-Oppedal. De tekniske vurderinger som er gjort er positive med hensyn på gjennomførbarhet. Det har derfor vært prosjektgruppens syn at det er riktig å gjennomføre de resterende aktiviteter i mulighetsstudien for å dokumentere dette. Dette dokumentasjonsarbeidet er i gang.

Arbeidet utført i idéfasen har også blitt anvendt som grunnlag for det KVVU-arbeidet som i den senere tid er utført for øvrig langs E39.





**Statens vegvesen**

Statens vegvesen Region vest  
Askedalen 4  
N - 6863 Leikanger  
Tlf. (+47) 815 44 010  
E-post: [lidvard.skorpa@vegvesen.no](mailto:lidvard.skorpa@vegvesen.no)

ISSN