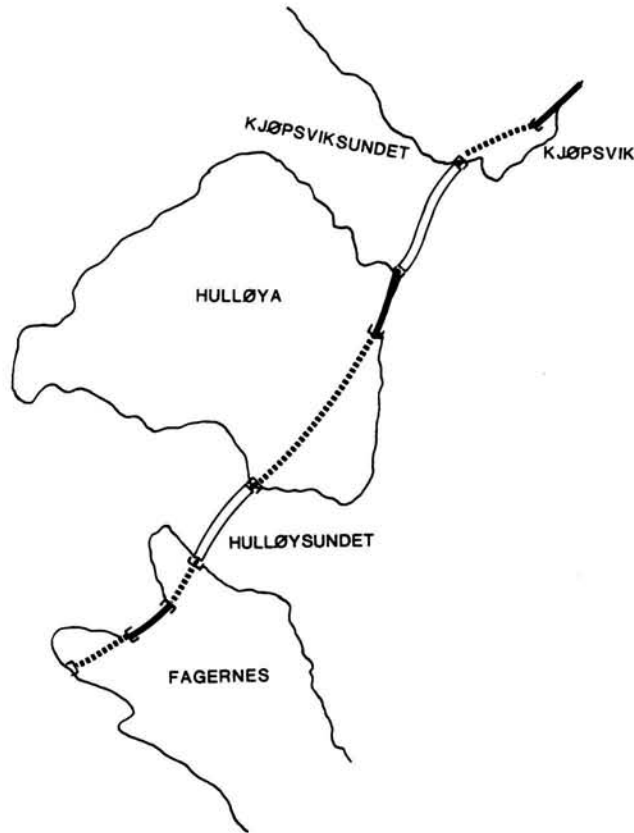


19

1.7

Nordnorge-banen

RAPPORT



1	29.01.92	Prosjektdokumentasjon	K.A.Nyhus	<i>K.A. Nyhus</i>	
Rev. nr.	Rev. Dato	Grunn for utsendelse	Utarbeidet av	Dokumentsjekk av:	Godkjent for bruk
Dokument tittel: Kryssing av Tysfjord i Nordland			Dokumentnr.: C992-DC-RS-001-01		

Eks. 1

Handwritten
625.111(481)

NORDNORGE-BANEN			RAPPORT			
Dok.nr.:	C992-DC-RS-001-01	Rev.:	1	Dato:	29.01.1992	Side 1 av 1

INNHOLDSFORTEGNELSE

0	SAMMENDRAG	1
1	INNLEDNING	3
1.1	FORUTSETNINGER	5
1.2	FORBEHOLD	6
2	TYPER LØSNINGER	6
3	HULLØYSUND FLYTEBRU	6
4	KJØPSVIKSUND FLYTEBRU	9
4.1	ALTERNATIV A	9
4.2	ALTERNATIV B	11
5	VIDERE ARBEID	13
6	REFERANSER	13

NORDNORGE-BANEN		RAPPORT	
Dok.nr.: C992-DC-RS-001-01	Rev.: 1	Dato: 29.01.1992	Side 1 av 13

0 SAMMENDRAG

Rapporten omhandler forslag til kryssing av Tysfjord i Nordland. Arbeidet er en del av utredningsarbeidet for forlengelsen av Nordnorgebanen. Kryssing av Hulløysund og Kjøpsviksund er foreslått som flytende bruer.

Det er vist en løsning for Hulløysund som er svært lik Salhus flytebru. Kostnaden for denne er forventet å bli 780 mill. NOK.

For Kjøpsviksund er det vist to løsninger som er teknisk gjennomførbare. Begge baserer seg på at det bygges en tradisjonell bru ut til et grunt område ved Kongsnes på Hulløy.

Den ene er en løsning basert på forspente ankere til bunnen. (Alternativ A). Seilingshøyden kan for denne løsningen oppnåes over hele fjorden. Kostnaden for denne kryssingen er forventet å bli 1020 mill. NOK.

Den andre, alternativ B, er en flytebru på pongtonger over mot Kjøpsvik av samme type som nå bygges for kryssing av Salhusfjorden. Det etableres seilløp ved Kjøpsvik ved hjelp av en vippebru til landkaret. Kostnaden for denne løsningen er estimert til 870 mill. NOK.

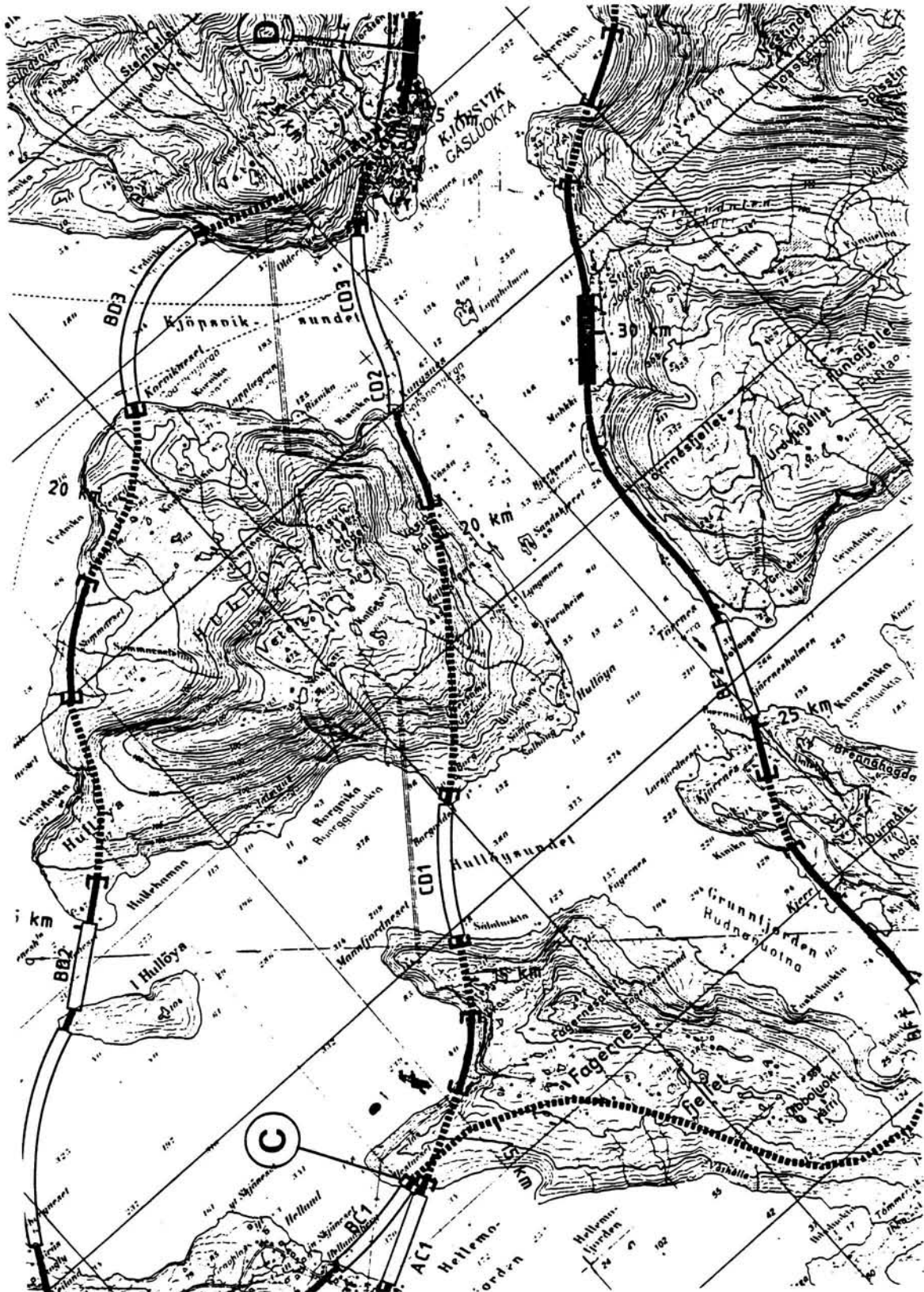


FIG. 1. JERNBANETRASÉ

1 INNLEDNING

Som et ledd i Norges Statsbaners utredning av mulig bygging av jernbane videre nordover fra Bodø, har Norwegian Contractors vurdert mulige løsninger med flytende bruer over de bredeste fjordene på traseen. Denne traseen er fra Fagernes over Hulløysundet til Hulløy og fra Hulløy over Kjøpsviksundet til Kjøpsvik. Disse er merket CD1, CD2 og CD3 på fig 1.

Bruenes totale lengde er ca. 1.600m over Hulløysundet og ca. 2.000m over Kjøpsviksundet. Største vanddyp er henholdsvis 380m og 250m.

Norges lengste hengebru pr i dag er Askøybrua med 850m. Denne er for tiden under bygging og er dimensjonert for vegtrafikk. På verdensbasis er Humber Bridge i England den lengste i dag med 1.410m, mens Storebæltprosjektet i Danmark har planer om bygging av ei hengebru med noe over 1.600m fritt spenn. I Japan er det under bygging en hengebru med ca. 1.900m spenn.

Med dette utgangspunkt er det klart at kryssing av de to nevnte sundene er prosjekter i verdensklasse.

Det er derfor naturlig at man leter etter andre og rimeligere typer løsninger. Flytende bruer er en slik løsning som er rimeligere enn tradisjonelle bruer når spennvidden overstiger 600-800m. Dette skyldes at kostnad pr. meter for flytende bruer ikke vil stige så raskt som for de mer klassiske bruene. Fig. 2 er en illustrasjon av dette.

NORDNORGE-BANEN			RAPPORT	
Dok.nr.: C992-DC-RS-001-01	Rev.: 1	Dato: 29.01.1992	Side 4 av 13	

BRUKOSTNADER

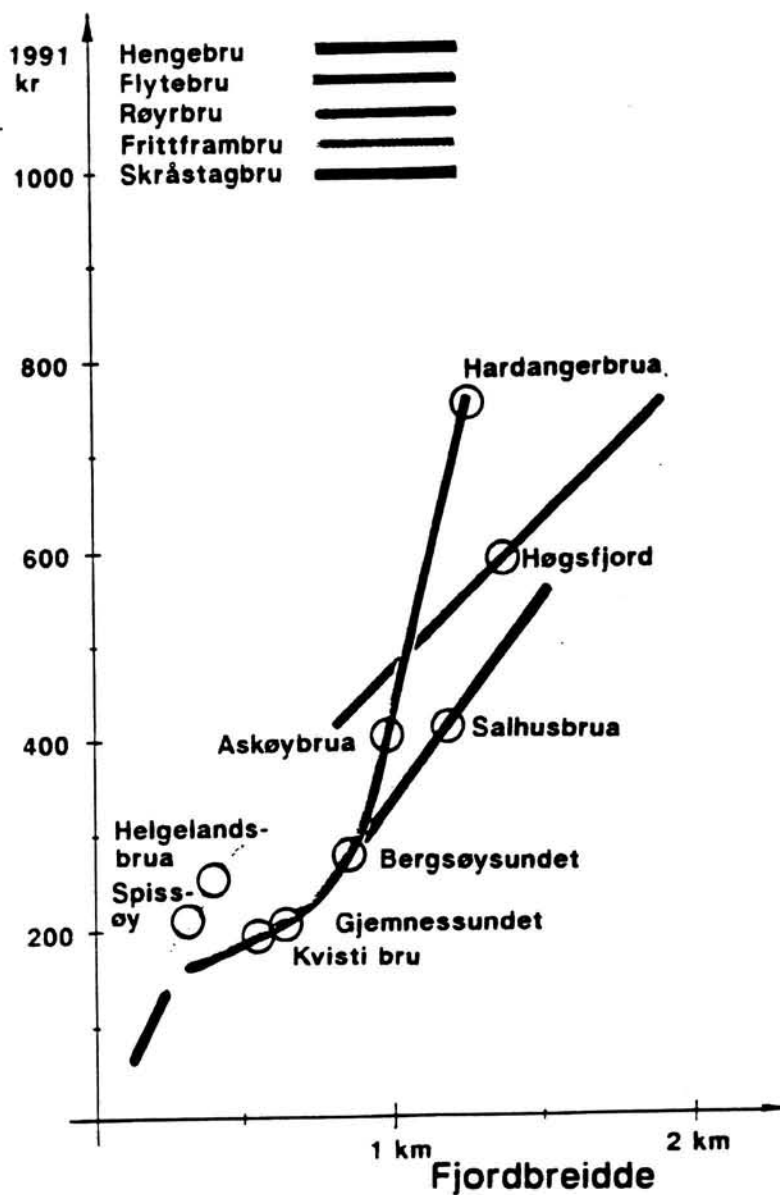


FIG. 2. SAMMENLIGNBARE BRUKOSTNADER

I Norge bygges det i dag to flytende bruer, Bergsøysund- og Salhus flytebruer. Begge disse er dimensjonert for vegtrafikk. Bruene er henholdsvis 845m og 1.250m lange. På verdensbasis eksisterer det 7 andre flytebruer, de fleste i USA. Disse er av en noe annen utforming enn de norske. De norske er utformet med brubanen løftet opp over vann understøttet av separate pongtonger. Dermed er utskifting av øvre vannmasser ikke er påvirket av brukonstruksjonen. Den vanligste amerikanske typen er en lang kasse som hviler direkte på sjøoverflaten. Trafikken går da oppe på kassen og konstruksjonen blokkerer enhver form for overflatetransport. Den lengste av de utenlandske flytebruene er ca. 2.300m. (Evergreen Point ved Seattle).

1.1 FORUTSETNINGER

Forutsetningene som har vært benyttet av NC er referansene 1, 2, og 3. Vi har antatt at for en flytebru vil regelverket slik det nå er etablert av Statens Vegvesen, bli lagt til grunn i stor grad, og har basert oss på dette. Dette regelverket har dratt nytte av erfaring fra dimensjonering av konstruksjoner i Nordsjøen. Dette gir spesielt utslag ved kombinasjoner av uavhengige lasttilfeller. De hovedkrav som er satt for de vurderte flytebruer er:

- | | | |
|--------------------------------------|--------------|--------------|
| - Krav til seilløp ved Kjøpsviksund | b = 50m | h = 30m |
| - Krav til seilløp ved Hulløysund | b = 50m | h = 10m |
| - Tidevannsvariasjon | ± 2.0m | |
| - Signifikant bølgehøyde | Hs = 2.5m | Ts = 6-10sek |
| - Strømhastigheter | Uc = 2m/s | |
| - Vindhastighet | U10 = 30m/s | |
| - Grunnforhold | Leire/fjell | |
| - Største båt | dwt = 60000t | |
| - Vekt av tog | W = 1200t | |
| - Minste lengde av tog | Lmin=150m | |
| - Tillatt stigning | 1.3% | |
| - Minste horisontalradius | 2500m | |
| - Største vertikaldeformasjon | L/800 | |
| - Største rotasjonsvinkel av bruende | 1/200 | |

NORDNORGE-BANEN			RAPPORT			
Dok.nr.:	C992-DC-RS-001-01	Rev.:	1	Dato:	29.01.1992	Side 6 av 13

1.2 FORBEHOLD

Det har ikke vært mulig innenfor de gitte prosjektrammer å kunne gjennomføre vesentlige analyser. De beregninger og overslag som er gjort er basert på tidligere arbeid og forsøkt tilpasset de nye forhold.

Det er antatt at forankring av den strekkforankrede brua over Kjøpsviksundet kan gjøres i fjell. Man må anta at det i de dypeste områder av fjorden er leire overlagret på fjell. Fundamentene er av den grunn forsøkt plassert på fjellsidene.

2 TYPER LØSNINGER

Av de kjente løsninger på flytende bruer i dag er det ingen som har seilløp av vesentlig høyde. Den høyeste, Salhus, har 5m klaring mellom sjøen og underkant bru. Seilløpsproblematikken er blitt løst ved å dirigere trafikken til spesielle områder. I Salhus er dette gjort ved å etablere et landfeste på en grunne ca 175m fra land og etablere en tradisjonell bru herfra. For å få trafikken opp til høgbrua blir det bygget en viadukt oppe på flytebrua.

NC lanserte i 1989 en flytende bruløsning som har seilløp. Den er basert på vertikal forankring til sjøbunnen av samme type som i dag benyttes i oljeindustrien på strekkstagsplattformer. Fundamentene er altså nedsenkede pongtonger. Konseptet kan utvikles til bruk i Kjøpsviksundet, men fordi dette er en ny løsning innebærer det at det må utføres en betydelig grad av utviklingsarbeid for å verifisere konseptet før den kan komme til utførelse.

Selv om denne rapporten i alt vesentlig tar for seg flytende bruer er det klart at hengebru er en teknisk løsning som må vurderes, særlig i forbindelse med kryssing av Kjøpsviksundet.

Kostnaden pr.m for flytende bruer tilsvarer kostnaden av relativt store hengebruer. Dette betyr at korte tradisjonelle bruer bør utnyttes i kombinasjon med flytebruer der dette er mulig for å holde kostnaden nede.

3 HULLØYSUND FLYTEBRU

Over Hulløysundet er det krav til 10m fri seilingshøyde. Det er såpass bratte sider i fjorden at plassering av landkar ute fra land ikke er aktuelt. Vi regner derimot med at flytebruer av samme type som benyttet i Salhus vil kunne utvikles for 10m seilingshøyde. Overslagsberegninger viser at et slikt konsept vil kunne aksepteres ut fra krav til nedbøyninger og vinkeldreining av brulagre med tog som belastning.

Dette vil derimot ikke være tilfelle for tidevannsbevegelsen, men det er mulig å dimensjonere konstruksjonen for de snittkrefter som blir forårsaket av tidevannet.

Vårt forslag er derfor å legge inn ballastpumper i pongtongene. Pumpene startes og stoppes automatisk innenfor f.eks ± 10 cm vannstandsvariasjon. Nødvendig pumpekapasitet for en pongtong er ca. 600 l/sek, noe som er standard pumper. Brua må da utstyres med nødaggregat og stopplys i tilfelle av funksjons-svikt.

Den belastning som brua kan utsettes for fra tidevann er da et ulykkestilfelle, men brua dimensjoneres slik at den tåler ekstremt høyt tidevann selv om pumpene ikke skulle virke.

Pongtongene er utformet slik at to kammer kan fylles ved et uhell, f.eks skipspåkjørrel.

De flytebruene som er under bygging i Norge er basert på at de horisontale krefter føres til landkarene. Bruene er derfor utformet som bue i horisontalplanet. En konstruktivt fornuftig kurveradius for buen er ca. 1.700m. Dette er mindre enn det krav NSB stiller. Ved å redusere kravet til dimensjonerende hastighet over brua fra 200 km/t til 150 km/t er dette akseptabelt.

Fig. 3 viser Hulløysundet flytebru. Brua er foreslått i betong, men stål overbygg på betong pongtonger kan benyttes. Kostnadmessig er de to konstruksjonene like, så for denne vurderingen har materialdiskusjonen ingen betydning.

Kostnadene ved konstruksjonen er estimert til å være:

Flytebru	1.510m	750 mill. NOK
Landkar	100m	30 mill. NOK
Sum Hulløysund flytebru	1.610m	780 mill. NOK

I kostnadene er det ikke tatt med underbygning av skinnelaget eller selve skinnegangen.

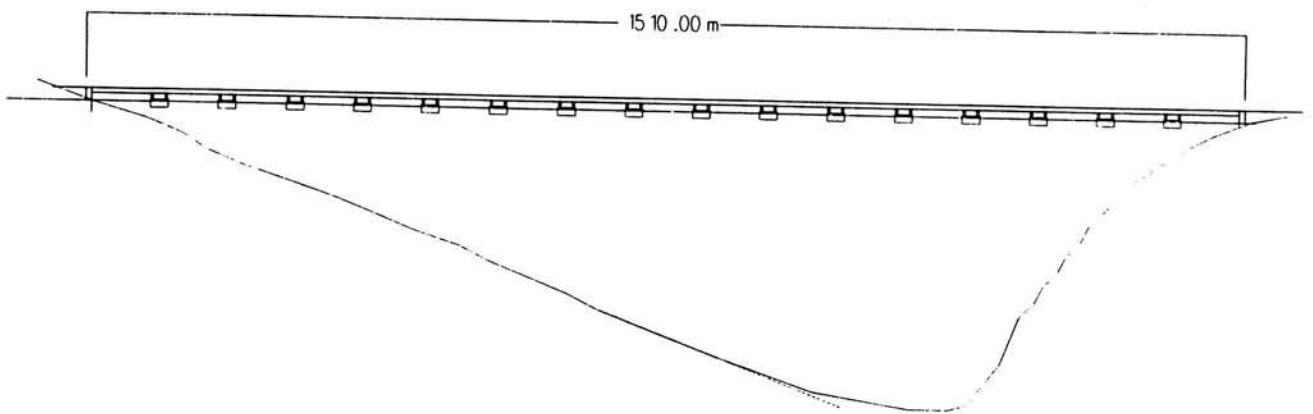


FIG. 3. HULLØYSUND FLYTEBRU

NORDNORGE-BANEN		RAPPORT	
Dok.nr.: C992-DC-RS-001-01	Rev.: 1	Dato: 29.01.1992	Side 9 av 13

4 KJØPSVIKSUND FLYTEBRU

For Kjøpsviksundet er kravet til fri seilingshøyde 30m. Dette gjør at andre løsninger må vurderes.

Ved Hulløya er det et område med grunner som bør benyttes til fundamentering. Dette medfører at jernbanen kan gå på tradisjonelle bruløsninger et stykke før den går ut på selve hovedkonstruksjonen.

4.1 ALTERNATIV A

Fig. 4 viser et forslag til brukonstruksjon der hovedspennet er en strekkstagfundamentert bru. Jernbanen føres ut på ei ca 560m lang skråstagbru fra Hulløy og ut til dette grunne området. Her blir det ei ca 200m lang bjelkebru før landkaret. Strekkstagbrua med landkar vil ha en total lengde på ca 1150m. Fra landkaret blir det en ca 100m lang bjelkebru mot Kjøpsviksiden.

Denne løsningen er ikke tidligere utført og innehar derfor større usikkerhet på kostnadsiden. Særlig er denne usikkerheten knyttet til feste av strekkstagene i bunnen. Krav til seilløp er tilfredsstillt over hele fjorden og tidevannsvariasjon vil ikke gi forandringer av nivået for skinnelegemet i og med at pongtongene er neddykket og stagene holder disse i konstant dybde.

Skaderisikoen ved skipspåkørsel på denne konstruksjonstypen reduseres ved at søyler kan ødelegges uten at dette medfører overbelastning av hovedkonstruksjonen.

Kostnadene for denne konstruksjonen er estimert å være:

Strekkstag-bru	1.090m	710 mill. NOK
Landfester	60m	95 mill. NOK
Bjelkebru syd	210m	35 mill. NOK
Skråstagbru	564m	170 mill. NOK
Bjelkebru nord	66m	10 mill. NOK
Sum Kjøpsviksund strekkstagbru	1.990m	1.020 mill. NOK

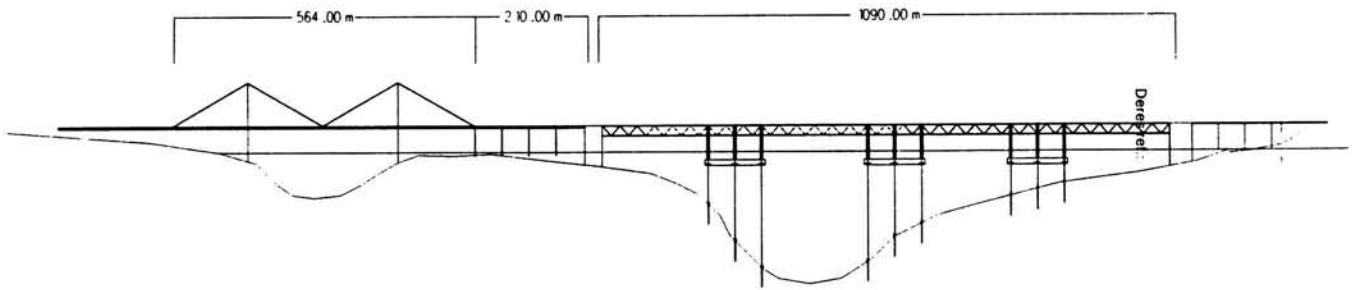


FIG. 4. KJØPSVIKSUND STREKKSTAGBRU

NORDNORGE-BANEN			RAPPORT		
Dok.nr.:	C992-DC-RS-001-01	Rev.:	1	Dato:	29.01.1992
				Side 11 av 13	

4.2 ALTERNATIV B

I forbindelse med grunnene ved Hulløy kan man tenke seg løsninger av samme type som benyttet for Salhus. Jernbanen må da løftes opp på en viadukt for så å forsette inn på en høgbru med 30m seilingshøyde.

Med jernbanens krav til max 1.3% stigning vil i såfall viadukten spenne over hele fjorden. Seilløpet ved Hulløy ville da bli inne i et ganske urent farvann. Dette er lite ønskelig utfra hensyn om øket risiko for grunnstøting som må taes inn i betraktningen. Det er Kjøpsvik som er forventet anløpssted for større båter. Det er derfor neppe noen god løsning å tvinge denne trafikken opp mot Hulløya, som er feil side av fjorden i forhold til anløpsstedet.

Det antas dermed ønskelig å få seilløpet ute i fjorden evt. mot Kjøpsvik-siden.

En mulighet for kryssing av Kjøpsviksundet der dette er tilfredstilt er illustrert i fig.5. Her er vist et forslag til flytende bru av samme type som foreslått for Hulløysundet. Også her er fri seilingshøyde 10m over hele fjorden. Landkaret ved Kjøpsvik er trukket så langt ut som praktisk, (ca.30m dyp). Jernbanen går da ca. 16m over stille vann. Innenfor landkaret ved Kjøpsvik etableres et seilløp. Seilløpet er basert på løftebru evt. vippebru. Seilløpets bredde blir ca 63m med 7m dybde, uten at det er foretatt utdyping. Seilløpet vil ha en høyde på ca. 13m i permanent. Dermed kan seilbåter og mellomstore båter kan passere fritt. Større fartøyer kan passere på bruåpning. Det forutsettes da at antall anløp av store båter ikke er større enn at denne trafikken kan innpasses i jernbanens drift uten at rutegående tog forstyrres. Dette kan f.eks gjøres ved at sjøgående trafikk bestiller bruåpning før ankomst.

Det er ingen andre nye elementer i denne konstruksjonen enn at kjørebanen er løftet noe i forhold til Salhus og at tidevannsvariasjonen, som for Hulløysundet flytebru, kompenseres ved ballastering. Den kostnadmessige usikkerheten i denne løsningen er da også mindre enn for strekkstagløsningen.

Kostnadene for denne løsningen vil være:

Flytebru	1090m	550 mill. NOK
Landfester	60m	95 mill. NOK
Vippebru	65m	20 mill. NOK
Bjelkebru syd	210m	35 mill. NOK
Skråstagbru	564m	170 mill. NOK
Sum Kjøpsviksund flytebru	1990m	870 mill. NOK

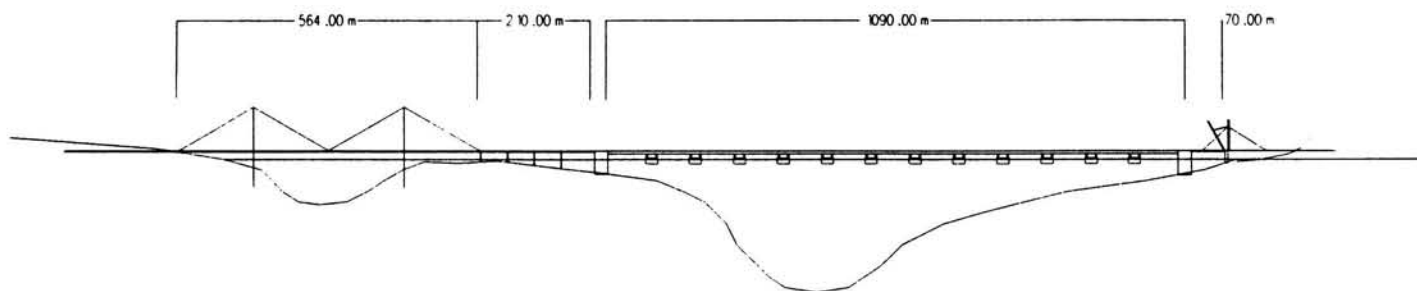


FIG. 5. KJØPSVIKSUND FLYTEBRU



NORDNORGE-BANEN			RAPPORT			
Dok.nr.:	C992-DC-RS-001-01	Rev.:	1	Dato:	29.01.1992	Side 13 av 13

5 VIDERE ARBEID

Denne rapporten er basert på foreløpige informasjoner. Noe avhengig av hvilket alternativ som er mest interessant, vil det være nødvendig med forbedrede data og grundigere konseptstudier.

For flytebruløsningene vil det være av stor betydning at vind, strøm og bølgeklimate blir etablert med basis i målinger på stedet, samt at muligheter for isdannelse vurderes.

Bedre kartgrunnlag og geotekniske data ved alle fundamenter er nødvendig for bedre nøyaktigheten i analysene.

Den strekkstag fundamenterte brua vil i tillegg kreve at det blir etablert detaljerte dybdekart for traseen, der både dybde til fjell og dybde av overlagrede løsmasser angis. I tilfelle av vesentlig overdekning må den geotekniske egenskaper i lagene etableres.

Med disse data som utgangspunkt gjennomføres konseptstudier med større grad av detalj enn det ha vært mulig å gjøre her.

De krav som i dag er stillt av NSB er laget med hensyn på helt andre brutyper. I en videre utvikling må krav og regler vurderes i forhold til dette og muligens tilpasses flytebruenes særegenheter.

6 REFERANSER

1. Telefax fra Forut Teknologi As datert 20.12.91
2. Brev fra NSB Bane Engineering datert 07.01.92
3. Salhusbrua, Hordaland, Prosjekteringsregler for flytebrua, Anbudsfasen, (05.06.91)
4. Norges Statsbaner: Trykk 340, Lastforskrifter, mars 1980



NSB Hovedkontoret
Biblioteket

20. DES. 1994

N

Jernbaneverket
Biblioteket

JBV



09TU03852

200000027925