

21.05.2014

RV 555 Sambandet Sotra - Bergen

- Vurdering og valg av brutype for ny Sotrabru
- Vurdering av tilrettelegging for bybane

Revisjon **01**
Dato **2014.05.21**
Utført av **Kathrine Gjerde**
Kontrollert av **Øivind Pedersen**
Godkjent av **Olav Eriksen**
Beskrivelse **Oppsummeringsrapport**
[Valgfri 1] **Vurdering og valg av brutype**
Vurdering av tilrettelegging for bybane

Ref.

INNHold

1.	INNLEDNING	3
2.	FUNKSJON	3
2.1	Bruas funksjon	3
2.2	Vedtak om kollektivfelt ved behandling av kommunedelplan	3
2.3	Vedtak om utredning av bybane ved behandling av kommunedelplan	4
2.4	Om bruk av eksisterende Sotrabru i nytt samband	4
3.	BYBANE – OM MULIGHETER OG AVGRENSNINGER	5
3.1	Kollektivsystem mot vest er ikke avklart – planprosesser er startet	5
3.2	Befolkningsgrunnlaget for bybane til Sotra er lite	5
3.3	Mulighetsstudie - vurdering av hovedprinsipper	5
3.4	Eksisterende Sotrabru er ikke egnet for bybane	6
3.5	Bybane med ettsporsdrift mellom Drotningstveit og Valen frarådes	7
3.6	Bybane må ha separat trasé	7
3.7	Sambruk mellom buss og bybane frarådes	7
4.	BRUTYPER – VURDERING OG VALG	8
4.1	Tekniske hoveddata	8
4.2	Generelt om brutverrsnitt og dimensjonering	8
4.3	Bruttyper som er vurdert	9
4.4	Konklusjon – valg av brutype	11
5.	AKTUELLE BRUTVERRSNITT	12
5.1	Tverrsnitt ny Sotrabru uten dimensjonering for bybane	12
5.2	Tverrsnitt ny Sotrabru med dimensjonering for bybane	13
5.3	Tverrsnitt for egen bybanebru (bygges senere ved etablering av bane)	14
6.	INVESTERINGSANALYSE - BØR NY BRU TILRETTELEGGES FOR BYBANE?	15
6.1	Avgrensning og forutsetninger	15
6.2	Scenarier i investeringsanalysen	15
6.3	Investeringskostnader	16
6.4	Sammenligning av scenariene	17
6.5	Følsomhetsbetraktning	18
6.6	Konklusjon – investeringsanalyse for bybane	18

Vedlegg 1: Detaljerte tverrsnitt for hengebruer

1. INNLEDNING

Rapporten oppsummerer resultater og foreløpige konklusjoner fra innledende forprosjekter¹ for reguleringsplan Rv555 Sambandet Sotra-Bergen, strekning Kolltveit-Storavatnet. Det er her to hovedspørsmål som belyses:

- A. Vurdering og valg av brutype
- B. Avklare om ny Sotrabru kan og bør tilrettelegges for bybane

Endelig valg av brutype bør avklares i løpet av reguleringsplanprosessen. I første omgang er det viktigst å avklare hvilke(n) brutype(r) det skal tas høyde for i utforming av løsninger, geometri og avgrensning av planen. De viktigste vurderingskriteriene er:

- Funksjonalitet og fleksibilitet for «møblering» av brutverrsnittet (inkludert evt. bybane)
- Estetikk og virkninger for nærmiljø og landskap
- Kostnader (anleggskostnader, drift, vedlikehold)

Spørsmålet om tilrettelegging for bybane vurderes ut fra:

- Funksjonalitet – hvordan fungerer ulike bybaneprinsipp Storavatnet - Straume med ulike kryssingsalternativer?
- Investeringsanalyse – vurdere tilleggs kostnad for ny bru nå opp mot kostnad for egen bybanebru på et senere tidspunkt
- Risiko for feilinvestering

2. FUNKSJON

2.1 Bruas funksjon

Ny Sotrabru for rv 555 skal dekke følgende funksjoner:

- Kjørefelt
- Kollektivfelt (jfr. 2.2)
- Gang- og sykkeltilbud (jfr. 2.4)
- Eventuelt plass til bybane (jfr. 2.3)

2.2 Vedtak om kollektivfelt ved behandling av kommunedelplan

Byrådet i Bergen kommune fattet vedtak i forbindelse med kommunedelplanen, utleggingssak 1128-12, dato 20.03.2012. I vedtakets pkt. 2 står det følgende vedr. kollektivfelt: *"Alternativene i F-konseptet må bearbeides for å styrke kollektivtransportens konkurransevne. I alternativ C7 og C7/C9 må to av feltene reserveres for kollektivtransport. Kollektivtransporten i området ved Drotningstveit kan eventuelt organiseres med et rutetilbud på lokalvegnettet og omstigning på terminalen ved Storavatnet".*

Bystyret i Bergen kommune vedtok kommunedelplanen i sak 202-12, dato 19.09.12. I vedtakets pkt 2c står det følgende vedr. kollektivfelt: *"Kollektivfeltene skal regulere og innarbeides i bestemmelsene til reguleringsplanen. Det skal i reguleringsplanen vurderes tiltak for å bedre framkommeligheten for kollektivtrafikken i alternativ C7."*

¹ Mulighetsstudie: tekniske/økonomiske vurderinger av bybane til Sotra og Innledende forprosjekt ny Sotrabru

Kommunestyret i Fjell kommune vedtok kommunedelplanen i sak 90-12, dato 21.06.12. I vedtakets pkt 3 står det følgende vedr. kollektivfelt:
"Mellom Straume og kryss Arefjord skal 2 av dei 4 felta vere prioritert for kollektivtrafikk"

I vedtakets pkt 4 står det følgende vedr. kollektivfelt:
"Strekninga frå kryss Arefjord til kryss Storavatnet.....Kommunestyret føreset at 2 av felta vert regulert for kollektivtrafikk, og soleis at 2 felt til kollektivtrafikk mellom Straume og kryss Arefjord vert vidareført på strekninga".

2.3 Vedtak om utredning av bybane ved behandling av kommunedelplan

I vedtaket til Bystyret i Bergen kommune står følgende i pkt. 2 b:

"Det skal gjennomføres teknisk-økonomiske utredninger for bybanetrasé på ny 4 felts bro som del avreguleringsarbeidet, inklusiv utredninger av hvordan bybane kan føres inn på broen. Bergen kommune tar endelig stilling til spørsmålet om å dimensjonere den nye broen for framtidig bybane når reguleringsplanen tas opp til behandling".

I vedtaket til kommunestyret i Fjell kommune står følgende i pkt 5:
"Ny firefelts bru vert å dimensjonera for bybane dersom dette i det vidare utgreiingsarbeidet viser seg å vere teknisk/økonomisk tenleg og mogleg å gjennomføra. I den samanheng må ein også vurdere bybane på eksisterande bru som eit alternativ. Ein må og sikra ei utforming av terminalområdet på Storavatnet som vil gjere det mogleg i framtida å utvida bybanetraseen vestover mot Sotra om dette skulle vise seg aktuelt".

Både Fylkesmannen i Hordaland og Hordaland fylkeskommune krever utredning om dimensjonering for bybane på ny bru i sine uttalelser til kommunedelplanen. Fylkesmannen krever i tillegg at to av feltene på ny hovedveg reserveres kollektivfelt.

2.4 Om bruk av eksisterende Sotrabru i nytt samband

I vedtatt kommunedelplan opprettholdes eksisterende Sotrabru som lokalveg. Denne funksjonen er viktig fordi nærtrafikken mellom områdene øst og vest for brua ellers vil få lang omkjøring via hovedsambandet. Avgjørende er det at eksisterende bru også må fungere som beredskapsveg når hovedsambandet med tunneler må stenges som følge av ulykker/havari eller vedlikehold.

Eksisterende bru er ikke egnet for bybane (jfr. 3.4). Det må forutsettes at eventuell bybane til Sotra legges på ny Sotrabru, eller at det bygges en egen bybanebru når bane er aktuelt.

Eksisterende bru kan ikke bygges om til å romme ny hovedtrasé for gang- og sykkel. Det ville gi et system med bare ett (lysregulert) kjørefelt pluss GS-veg. Dette er av flere årsaker ikke mulig eller ønskelig. Brutverrsnittet er for smalt. En slik sterkt redusert lokalvegfunksjon ville også gi lite tilfredsstillende trafikkavvikling, og er ikke tilstrekkelig som beredskapsveg ved stengt hovedsamband. Hovedtrasé for gang- og sykkel må legges på ny bru.

Eventuell omgjøring av dagens bru til bussveg (og beredskapsveg) ville være i strid med politiske vedtak om at bussprioritering med kollektivfelt skal være på hovedsambandet (jfr. 2.2). Det ville også ta bort lokalvegen for nærtrafikk mellom områdene vest og øst for brua.

Annen bruk av eksisterende bru enn som lokalveg/beredskapsveg vurderes derfor ikke videre.

3. BYBANE – OM MULIGHETER OG AVGRENSNINGER

3.1 Kollektivsystem mot vest er ikke avklart – planprosesser er startet

Løsninger for framtidig kollektivsystem mot vest er ikke avklart. Bergen kommune har våren 2014 startet arbeid med regulering av bybane Sentrum-Haukeland sykehus-Mindemyren-Fyllingsdalen (Oasen). Samtidig er det igangsatt innledende arbeid med kommunedelplan for kollektivsystem mot vest og i Bergen sentrum. Det er alt for tidlig å si hvilke løsninger som her vil bli anbefalt. Om dette blir en bussløsning, en forlenging av bybanen vestover fra Fyllingsdalen mot Loddefjord/ Storavatnet, eller en ny egen bybanetrase over Puddefjorden, er uvisst.

3.2 Befolkningsgrunnlaget for bybane til Sotra er lite

I Bybaneutredningen fra 2009 (Bergen kommune)², ble følgende kriterier lagt til grunn ved vurdering av potensialet for etablering av bybane:

- 2000 passasjerer pr. linjekilometer
- 1300 passasjerer/time i rushet
- 2000 bosatte pr. linjekilometer mindre enn 400 m fra banen

Med en befolkningsvekst fram mot 2040 på 70 % vil strekningen Storavatnet-Straume kunne få et passasjergrunnlag på 1200 bosatte pr. linjekilometer. Dette er fremdeles godt under grensen for hva som defineres som et tilstrekkelig grunnlag. Med dette som utgangspunkt vil trafikkgrunnlaget heller ikke i 2040 være stort nok til å kunne forsvare nødvendige investering i infrastruktur og materiell. Bybaneutredningen (2009) viser at også dersom en tar med mating til bybanen fra områdene vest for Straume, må det være et befolkningsgrunnlag på mellom to og tre ganger dagens befolkning før det blir behov for kapasitet der bybane kan være tjenlig.

Særlig dersom det velges bybane videre vestover fra Fyllingsdalen, vil en sentrumsrettet reise med bybane ta lengre tid enn dagens ekspressbuss som benytter Vestre innfartsåre og Damgårdstunnelen. Dersom man velger å opprettholde dagens ekspressbusstilbud vil det bety at bybanen vil få sterk konkurranse. Passasjergrunnlaget bør derfor være enda høyere enn grunnkriteriene tilsier for å ta høyde for at deler av markedet vil betjenes med buss. Alternativt kan man fjerne ekspressbusstilbudet og overføre alle kollektivreiser til bybanen, men dette vil av flere kunne oppleves som et dårligere tilbud enn dagens.

Det er altså høyst usikkert når passasjergrunnlaget vil være tilstrekkelig stort til å kunne forsvare en baneløsning på strekningen Storavatnet – Straume. Dette ligger fram i tid, trolig etter 2040.

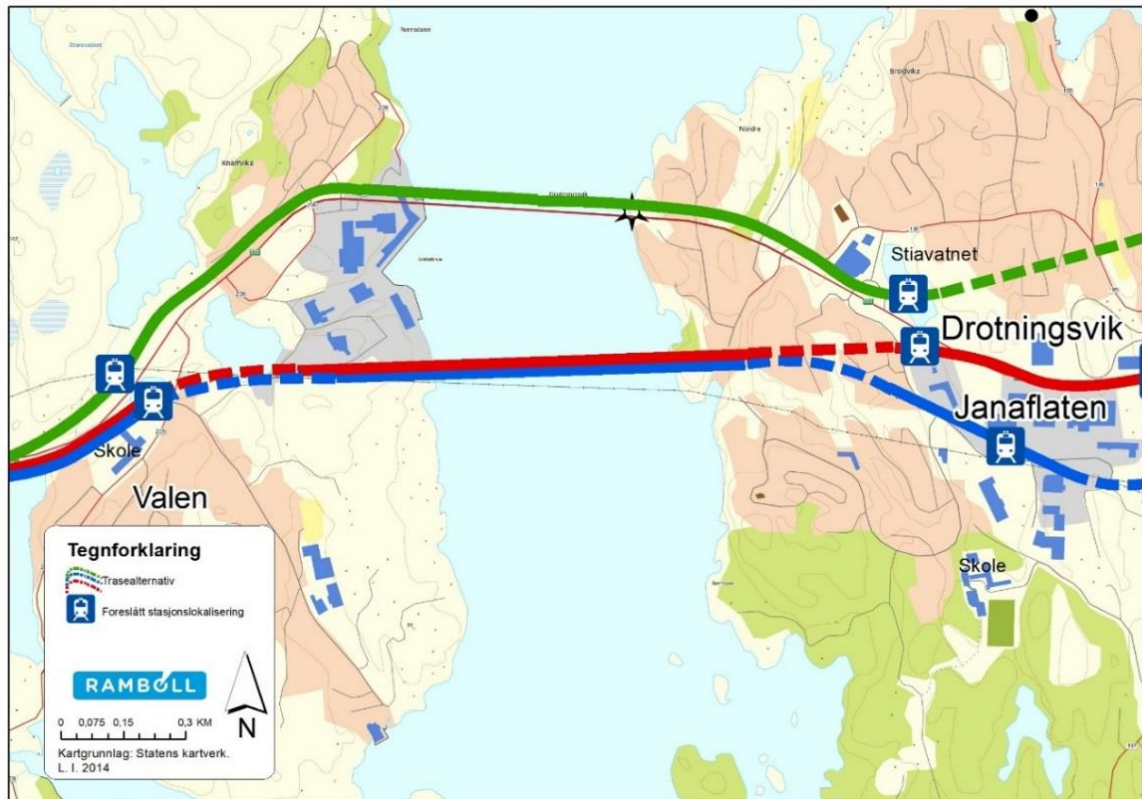
3.3 Mulighetsstudie - vurdering av hovedprinsipper

Rambøll har undersøkt ulike prinsipper for bybane mellom Valen og Drotningvik på et grovt nivå. Dersom det besluttes å gå videre med planene for bybane, må aktuelle traseer planlegges gjennom en ordinær og grundig planprosess.

Vår undersøkelse av tre traseføringer for bybane (grønn, rød og blå linje) er vist i Figur 1. Konklusjonen vår, er at alle traseer kan legges på ny Sotrabru eller på en egen bybanebru på et senere tidspunkt. Bybanens funksjon vil bli omtrent lik i alle kombinasjoner. Det er små forskjeller i kjøretider, dekningsgrad (dagens situasjon) og miljøkonsekvenser mellom de ulike trasealternativene. Dette samsvarer også med konklusjoner i et tidligere notat fra Norconsult. Linjevalg mellom Storavatnet og Drotningvik, og Valen og Straume, er derfor en avgjørelse som kan tas når bybane eventuelt blir aktuell. Fordi rød og blå linje begge går over planlagt ny Sotrabru, vurderer vi i denne oppsummeringsrapporten bare de to prinsippene:

² Framtidig bybanenett i Bergensområdet, des. 2009

- Grønn linje: bybane på separat bru
- Rød linje: bybane på ny Sotrabru for rv 555



Figur 1 I mulighetsstudien har vi vurdert tre traseer for en eventuell bybane mellom Valen og Dronningsvik. Alle kan kombineres både med kryssing på ny Sotrabru eller på en egen bybanebru som bygges senere når bybane er aktuelt. Funksjon og reisetid mellom Dronningsvik og Valen vil være tilnærmet lik.

Dimensjonerende hastighet	80 km/t
Minste horisontalradius, egen trasè	240 m
Stigning	4 % (6 %)
Profilbredde: dobbeltspor bru/tunnel	8,8 m

Bredde dobbeltspor, forutsetter midtstilt kontaktledning og inkluderer rømningsareal

Figur 2 De mest sentrale dimensjoneringsparametere som Rambøll har lagt til grunn for bybanetraseer

3.4 Eksisterende Sotrabru er ikke egnet for bybane

Vi har ikke sett videre på å føre en bybane over eksisterende Sotrabru. Det vises her til notat fra Haug og Blom-Bakke AS. Der er det beregnet at den eneste muligheten for at dagens bru vil tåle en bybane, er hvis man kjører kun ett enkelttog i ett spor over brua. Selv da er deformasjoner på grensen av det tillatte. Som omtalt i kap. 3.5 frarådes ettsporsdrift for bybanen også av flere andre grunner, og dette anses derfor ikke som et aktuelt alternativ.

3.5 Bybane med ettsporsdrift mellom Drotningstvik og Valen frarådes

Dersom det skal etableres bybane til Sotra er det lansert ulike idéer for selve brukryssingen. En tenkbar løsning for å redusere noe på investeringskostnadene kunne være å la strekningen Drotningstvik-Valen (1,5-2 km) ha ettsporsdrift. Dette frarådes. Prinsippet er tidligere vurdert og forkastet for korte delstrekninger i tidligere byggetrinn for bybanen i Bergen, inklusiv byggetrinn 4 til Åsane. Å innføre ettsporsdrift ville være et klart systembrudd med resten av bybanenettet, og gi en sårbar løsning med begrenset kapasitet og dårlig driftssikkerhet.

3.6 Bybane må ha separat trasé

Både om ny Sotrabru forberedes for bybane, eller det bygges en egen bybanebru senere, må banen legges på egen trasé adskilt fra øvrig trafikk.

Med det fartsnivået som her vil gjelde både for bane og øvrig trafikk, må bybanen legges samlet på en egen kjøreveg med godkjente rekkverk mellom veg og bane. Det beste alternativet vil da være å legge banetraséen på nordre del av brua, sammen med gang- og sykkelvegen. Dette har sammenheng med mulig iland- og videreføring av banen på begge sider. Spesielt i Drotningstvik er dette krevende, der en går fra brua og rett inn i tunnel. En bybane som legges samlet midt på brua med trafikk på begge sider (dvs. bruke og erstatte eventuelle midtstilte kollektivfelt) vil gi enda mer komplisert og kostbar ilandføring. Det vil heller ikke redusere nødvendig brubredde. Samme forhold vil også gjelde prinsipp med retningsdelt bybane som erstatning for sidestilte kollektivfelt på brua. Dette ville gi ytterligere økt brubredde (mer rekkverksrom/rømningsareal), to bybanetunneler ved Drotningstvik, og vil i tillegg også ha flere ulemper som behov for to sett med master og kjøreledninger over brua.

3.7 Sambruk mellom buss og bybane frarådes

Som beskrevet i punkt 3.6 må eventuell bybane på ny Sotrabru legges i egen trasé. En bybane til Sotra vil likevel ikke fjerne alt behov for busstrafikk i Sotrasambandet. En bybane som *erstatte* kjøreareal for buss vil da gi utfordringer for busstrafikken. En tenkbar løsning kunne da være å la bussene bruke den adskilte bybanetraséen over brua («Kaigatemodellen»). I første rekke er det tre viktige aspekter som da er avgjørende:

- sikkerhet
- kapasitet
- tekniske forhold

Sambruk mellom buss og bybane vil skape store utfordringer for sikkerheten og vedlikeholdet og frarådes derfor å gå videre med. Strekningen Drotningstvik-Valen, og evt. andre deler av en bybanetrasé til Sotra, er vesensforskjellig fra løsningen i Kaigaten. I sentrumsgater kan slik sambruk være sikkerhetsmessig akseptabelt fordi fartsnivået er lavt (skiltet 40 km/t). Her ute derimot, er det ønskelig med høy framføringshastighet for kollektivtrafikken. Utfra sikkerhetskrav ville slik sambruk medføre krav om betydelig nedsatt fartsnivå både for bybane og buss. Dette er ikke ønskelig av markedsmessige hensyn. I begge ender av brua vil det heller ikke være teknisk mulig å få busser til/fra en hovedveg med midtdeler over på en separat bybanetrasé.

I våre kostnadsberegninger og investeringsanalyse for ny bru med bybane (kap.6), legges til grunn rimeligste løsning der nødvendig traséareal til bybane *erstatte* areal for kollektivfelt. Brua vil da ha minimumsbredde til bybanetrasé, gang- og sykkelveg, og tofelts veg med midtdeler (med brede skuldre for havari). Se kap. 5.2.

4. BRUTYPER – VURDERING OG VALG

Det er i forprosjektet vurdert en rekke ulike brutyper. Det er viktige forskjeller i egenskaper, fleksibilitet og kostnader, men alle kan også dimensjoneres for bybane. Det er gjennomført kostnadsberegninger med Anslag for alle de mest aktuelle brutypene, uten og med bybane. Kostnadsusikkerhet på dette plannivået er +/-25%. For enkelte mindre aktuelle brutyper er kostnadsnivået bare grovt estimert. Bruene er videre vurdert på et overordnet nivå i forhold til materialforbruk, byggbarhet, estetikk, landskap, nærmiljø og det er gjort sol/skyggestudier.

4.1 Tekniske hoveddata

Brulengde, totalt	940 m
Hovedspenn	588 m
Seilingshøyde	50 m

Figur 3 Tekniske data for ny Sotrabru

Tårnhøyden avhenger av brutype. De laveste bruene er buebruer (kote topp bue er 113 m) og hengebruer (kote topp tårn er 130 m). De høyeste bruene er skråstagbruer (kote topp tårn er 175 - 178 m). I følge Avinor, vil det vil det ikke være behov for særskilte tiltak for luftfarten så lenge bruas høyde er under 200 meter over havet. I det videre arbeid vurderes vindskjermer for å beskytte de gående og syklende over brua, og om mulig redusere antall perioder der brua må være stengt på grunn av sterk vind.

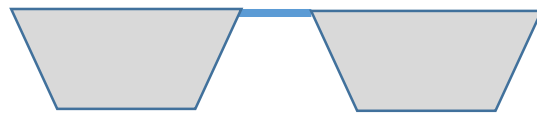
4.2 Generelt om brutverrsnitt og dimensjonering

Brua skal dekke flere funksjoner; fire kjørefelt for buss og biltrafikk til sammen, gang- og sykkeltrafikk samt eventuelt bybane. I tillegg til nødvendige feltbredder for hver trafikantgruppe, må man også ta hensyn til bredde på skuldre, rekkverksrom, rømning og vedlikehold samt vindskjerming/aerodynamisk utforming. Rambøll har sett på to hovedkategorier for ny Sotrabru:

- Bruer med èn brukasse
- Bruer med to brukasser / bruer med brutårn i midten



Figur 4 Bruer med èn brukasse



Bruer med to brukasser

For de brutyper som har èn brukasse, vil det være ganske fleksibelt hvordan de ulike funksjoner plasseres. For brutyper med to brukasser eller der vegflaten blir brutt opp av brutårn i midten, vil møbleringen måtte designes spesielt for den aktuelle brua, og vil derfor være mindre fleksibel for ulike møbleringer av brua. Dessuten vil brubredden øke som følge av at brua må være tilnærmet like bred på begge sider av brutårnet/ like brede brukasser. Dette vil igjen gi høyere kostnader.

Skal det dimensjoneres for bybane, vil bruas bredde måtte økes. Hvor mye avhenger av brutype. Høyden på brukassen(e) må økes med om lag 1 meter. Dette fordi den totale lasten øker, og brua må ha nok stivhet til å tåle de samlede belastningene både fra trafikkklaster og vindlaster. Økt bredde, høyde og økte kabeldimensjoner gjør til sammen at stålmengden i brua vil øke vesentlig som følge av eventuell dimensjonering for bybane.

4.3 Brutyper som er vurdert

Hengebru med H-tårn



Hengebru med H-tårn

Funksjonalitet/fleksibilitet:

Hengebrua har én brukasse og er svært fleksibel ift. ulik møblering av brubanen.

Estetikk:

Det relativt lave H- tårnet i kombinasjon med bred veibane gir noe uheldige proporsjoner. Brutypen krever at tårnformen må bearbeides.

Kostnader:

Konstruksjonen har en vanlig og velprøvd teknologi. Det er den rimeligste brutypen og den har et relativt sikkert kostnadsbilde.

- 3,0 mrd. NOK uten bybane
- 4,2 mrd. NOK med bybane



Skråstagbru med P-tårn



Skråstagbru med P-tårn

Funksjonalitet/fleksibilitet:

"Prismetårnet" har én brukasse og er svært fleksibel ift. ulik møblering av brubanen.

Estetikk:

Forholdet mellom brubredde og tårnhøyde gir bedre proporsjoner enn hengebru med H-tårn. Tårnform må bearbeides.

Kostnader:

- 3,3 mrd. NOK uten bybane
- 4,5 mrd. NOK med bybane



Hengebru med A-tårn



Hengebru med A-tårn

Funksjonalitet/fleksibilitet:

Brukassen er brutt opp av to brutårn, som gir en bundet møblering av brua. Den vil ikke være så fleksibel for framtidige endringer. Mulig gang- og sykkelbane i midten ansees som mindre heldig for denne trafikantgruppen.

Estetikk:

En slank og elegant bru som tilpasser seg landskapet og eksisterende bru godt og som samtidig tilfører stedet noe nytt.

Kostnader:

- 4,4 mrd. NOK uten bybane
- 6,6 mrd. NOK med bybane



Skråstagbru med I-tårn

**Skråstagbru med I-tårn***Funksjonalitet/fleksibilitet:*

Brukassen er brutt opp av et tårn i midten, som gir en bundet møblering av brubanen. Den vil ikke være så fleksibel for framtidige endringer.

Estetikk:

En enkel og renskåren brutype som tilpasser seg landskapet og eksisterende bru godt og som samtidig tilfører stedet noe nytt.

Kostnader:

- 4,4 mrd. NOK uten bybane
- 6,0 mrd. NOK med bybane



Buebru

**Buebru***Funksjonalitet/fleksibilitet:*

Buebrua har én brukasse og er svært fleksibel ift. ulik møblering av brubanen.

Estetikk:

Sidestilte buer ansees som den eneste realistiske løsningen for buebrua. Bueform virker dominerende i landskapsrommet.

Kostnader:

Kostbar på grunn av svært komplisert byggemetode og det blir forbrukt omtrent dobbelt så mye stål som i hengebrua. Kostnaden er ikke beregnet.



Toetasjers hengebru med fagverk

**Toetasjers hengebru med fagverk***Funksjonalitet/fleksibilitet:*

Brua er lite fleksibel ift. ulik møblering av brubanen. Bybanen bør plasseres nederst (bl.a. pga. at bybanen er tyngst, kontaktledningsoppheng, utsikt for kjørende).

Estetikk:

Øverste etasje blir liggende 6-7 m høyere ift. bru på ett plan. Overgangen mellom bru og terreng blir komplisert/stort inngrep, spesielt på Bergenssiden der vegen skal direkte inn i en tunnel. Totalt sett, et mer dominerende anlegg.

Kostnader:

Stålmengdene er 50 % større enn for en tilsvarende bru på ett plan (for bæring av samme trafikklast). Brua blir derfor svært kostbar, men er ikke beregnet. Vedlikeholds-kostnadene blir også tilsvarende høyere.

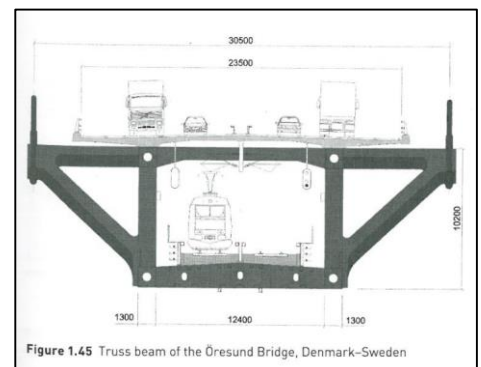


Figure 1.45 Truss beam of the Øresund Bridge, Denmark-Sweden

4.4 Konklusjon – valg av brutype

Ut fra møblering av brubanen med fleksibilitet for evt. annen framtidig bruk, og kostnader - velges alternativer med én brukasse i hovedspennet. De beste alternativene anses å være hengebru med H-tårn og skråstagbru med P-tårn. Disse brualternativene kan også føre bybane ved forsterking av brukasse og bæresystem. Teknisk sett er det disse bruene man har mest erfaring med å bygge i Norge. Når det gjelder kostnadene er dette de to alternativene som har den laveste totalkostnaden, både uten og med tilrettelegging for bybane. Hengebrua er noe billigere (300 mill. NOK lavere) enn skråstagbrua. Det er behov for videre bearbeiding av de to bruforslagene som føres videre. Endelig valg mellom disse to vurderes nærmere og avgjøres senere.

5. AKTUELLE BRUTVERRSNITT

Videre arbeid med alternative tverrsnitt for ny Sotrabru legger følgende til grunn:

- Det velges brutype med èn brukasse, hengebru eller skråstagbru (jfr. 4.4)
- To av fire felt skal være kollektivfelt (jfr. 2.2)
- Ny hoved gang- og sykkelveg, 2+3m, legges nord på brua
- For bru med bybane legges denne med to spor i separat trasé nord på brua (jfr. 3.6)
- Det legges inn nødvendige/godkjente bredder for rekkverksrom og vegskuldre
- Det legges inn nødvendig ytre tilleggsareal for støy-/vindskjerming

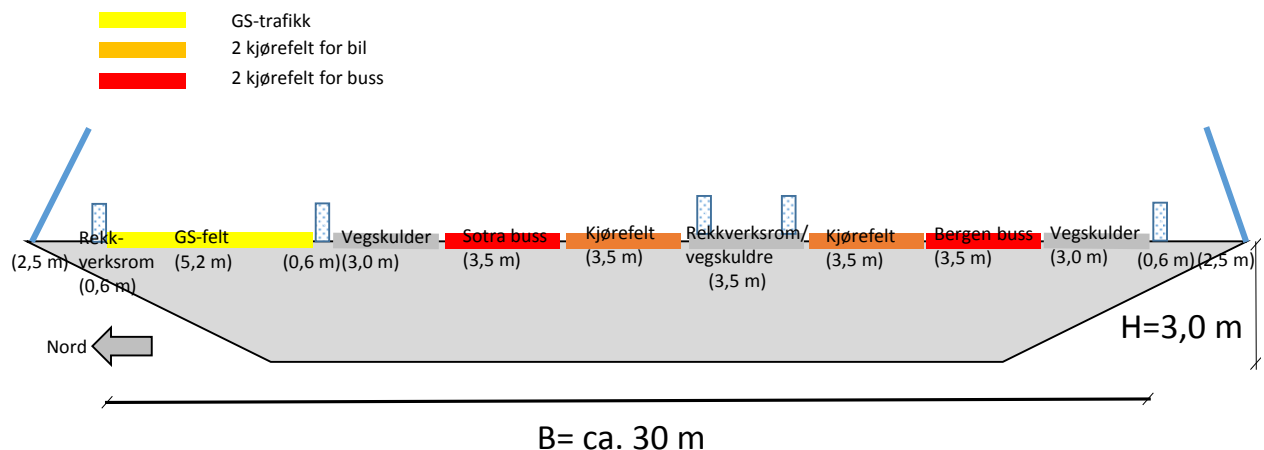
Ut fra dette er aktuelle brutverrsnitt *uten* og *med* tilrettelegging for bybane vist i punkt 5.1 og 5.2. Disse brutverrsnittene er også grunnlag for kostnadstallene som inngår i investeringsanalysen i kapittel 6.

Dersom det skal bygges bybane til Sotra, vil det også være et alternativ å bygge en egen bybanebru på et senere tidspunkt når banen skal etableres. En slik bru er omtalt og vist i 5.3.

5.1 Tverrsnitt ny Sotrabru uten dimensjonering for bybane

Brukassen dimensjoneres og møbleres som vist i figur 5. Gang- og sykkelveg legges nord på brua, spesielt av hensyn til mulig ilandføring på Bergensiden. I figur 5 er vist alternativ med sidestilte kollektivfelt. Tverrsnittet vil være det samme med midtstilte kollektivfelt, men kjørefelt og bussfelt bytter da plass.

Nødvendig høyde på brukassen er 3 meter. Bredden på trafikkareal mellom ytre rekkverk vil være inntil ca. 30 meter. Bredde på ytre vegskuldre er ikke endelig avklart. Normalbredde er 1,5 meter for denne vegtypen. Av hensyn til sårbarhet (havari) og vedlikehold vurderes likevel 3 meter brede skuldre, enten på begge sider eller bare i retning Bergen. I kostnadsberegningene og investeringsanalysen i kap. 6 er det lagt til grunn en konservativ tilnærming, der brubredde og kostnad er med brede vegskuldre som vist på figur 5.



Figur 5 Skjematisk tverrsnitt for hengebru eller skråstagbru uten dimensjonering for bybane (sett i retning Bergen). I denne figuren er tverrsnittet vist med sidestilte kollektivfelt. I alternativ med midtstilte kollektivfelt vil kjørefelt og bussfelt bytte plass, ellers uendret. Se vedlegg 1.

5.2 Tverrsnitt ny Sotrabru med dimensjonering for bybane

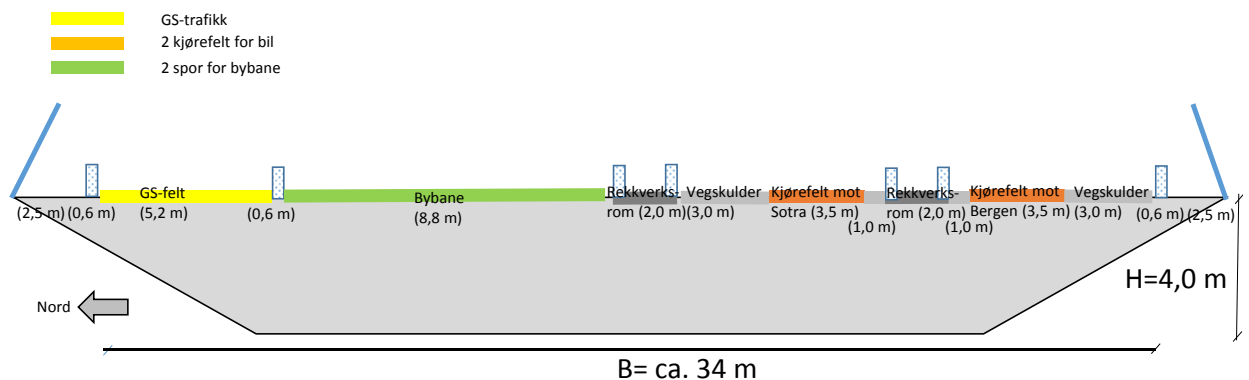
Brukassen må dimensjoneres som vist i figur 6. Figuren viser hvordan brua vil møbleres når bybanen er etablert. Inntil bybane blir bygd, vil brua møbleres på samme måte som vist i figur 5. Rundt fire meter av brubredden vil da ikke benyttes.

Av flere hensyn velges et tverrsnitt med sidestilt bybane nord på brua. Spesielt iland- og videreføring ved Drotningvik er her avgjørende (jfr. 3.6). Dimensjonering for bybane krever mer stivhet i konstruksjonen, og betydelig mer stål som gir høyere kostnader enn uten bybane. Kostnadene øker fordi en bru for bybane må:

- Ha bredere brukasse
- Ha høyere brukasse
- Ha høyere kapasitet for bærekablene
- Ta nødvendige minimumskostnader ved ilandføring

Nødvendig høyde på brukassen er 4 meter. Minimumsbredden på trafikkareal mellom ytre rekkverk vil være ca. 34 meter. Med denne minimumsbredden vil egne bussfelt måtte gå ut, og gjenværende vegareal vil være en tofelts veg med midtdeler når bybanen innføres. Bredde på ytre vegskuldre må da (minst) være 3 meter av hensyn til havari og vedlikehold.

I vurderingen av tilrettelegging for bybane er *kostnadsforskjellen* et sentralt spørsmål. I kostnadsberegninger og investeringsanalysen har vi da lagt til grunn en konservativ tilnærming der rimeligste løsning, den viste minimumsbredden i figur 6, er valgt for ny bru med bybane. Bussfelt kan da ikke opprettholdes. Dersom ny bru skal dimensjoneres for bybane, og uten sambruk mellom buss og bane (jfr. 3.7), bør det i praksis vurderes om brubredden bør økes ytterligere slik at fire felt kan opprettholdes i tillegg til bybane. Ekstra kostnad for ytterligere breddeøkning er ikke vurdert i Anslag-beregningene eller investeringsanalysen.

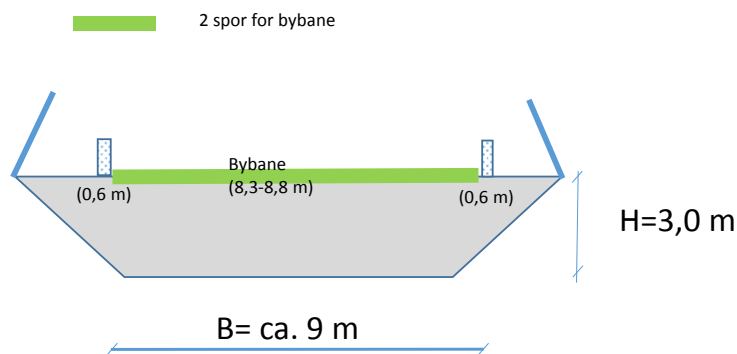


Figur 6 Skjematisk tverrsnitt for hengebru eller skråstagbru med dimensjonering for bybane (sett i retning Bergen). Inntil bybane blir etablert, vil brua møbleres som i figur 5. Se vedlegg 1.

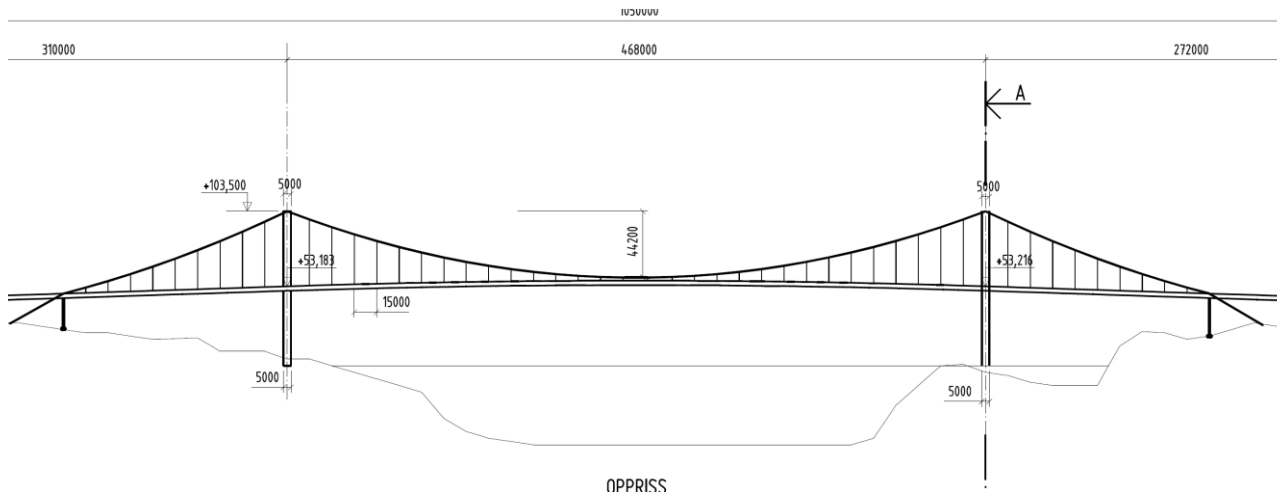
5.3 Tverrsnitt for egen bybanebru (bygges senere ved etablering av bane)

Det er lagt til grunn at en egen bybanebru legges parallelt med, og nord for dagens Sotrabru (jfr. 3.3). I kostnadsberegninger og investeringsanalysen er det valgt en hengebru med H-tårn, som i dimensjoner og visuelt uttrykk vil tilsvare dagens bru.

Brukassen dimensjoneres som vist i figur 7. De totale lastene (inkl. egenvekt av brua) vil her være langt mindre enn for ny Sotrabru, hovedspennet er rundt 120 meter kortere, og nødvendig stivhet og bæreevne i konstruksjonen oppnås med 3 meter høyde på brukassen.



Figur 7 Skjematiske tverrsnitt for separat bru for bybane. Bredden på trafikkkareal må være ca. 9 meter mellom ytre rekkverk. Brua er kostnadsregnet som en hengebru med H-tårn. Se vedlegg 1.



Figur 8 Oppriss for separat bybanebru. Brua er plassert parallelt med dagens Sotrabru.

6. INVESTERINGSANALYSE - BØR NY BRU TILRETTELEGGES FOR BYBANE?

En hovedkonklusjon i mulighetsstudien er at alle bybanepinsipper funksjonelt kan kombineres med kryssing på ny Sotrabru eller på en egen bybanebru som bygges når behovet oppstår. Det vil ikke være store forskjeller i reisetid eller i mulighetene for å betjene områdene på begge sider.

Det fører til at avgjørelsen om tilrettelegging på ny bru i første rekke er et økonomisk spørsmål og en vurdering av risiko for feilinvestering. Det siste innebærer både usikkerhet om å forhåndsinvestere der det ikke er avklart om tiltaket kommer, men også mer teknisk risiko ved å legge til rette for løsninger som kanskje ikke vil være optimale når bybanen eventuelt skal planlegges og bygges.

For å belyse de økonomiske sidene har Rambøll gjennomført en investeringsanalyse. Hensikten er å vise hvordan forskjellige tidsplaner for utbygging av bybane mot Sotra påvirker lønnsomheten i det å forhåndsinvestere i ny Sotrabru for tilrettelegging for bybane.

6.1 Avgrensing og forutsetninger

Investeringsanalysen kan avgrenses til å omhandle kostnader for strekningen mellom Drotningstak og Valen (jfr. 3.3), det vil si kostnader for bru og baneteknikk.

Det må skilles mellom hvilke investeringer som må gjøres samtidig med bygging av Sotrasambandet og hvilke som kan gjøres på det tidspunktet der bybane skal etableres. Scenariene for dette er nærmere beskrevet i kap.6.2.

Øvrige forutsetninger for investeringsanalysen er:

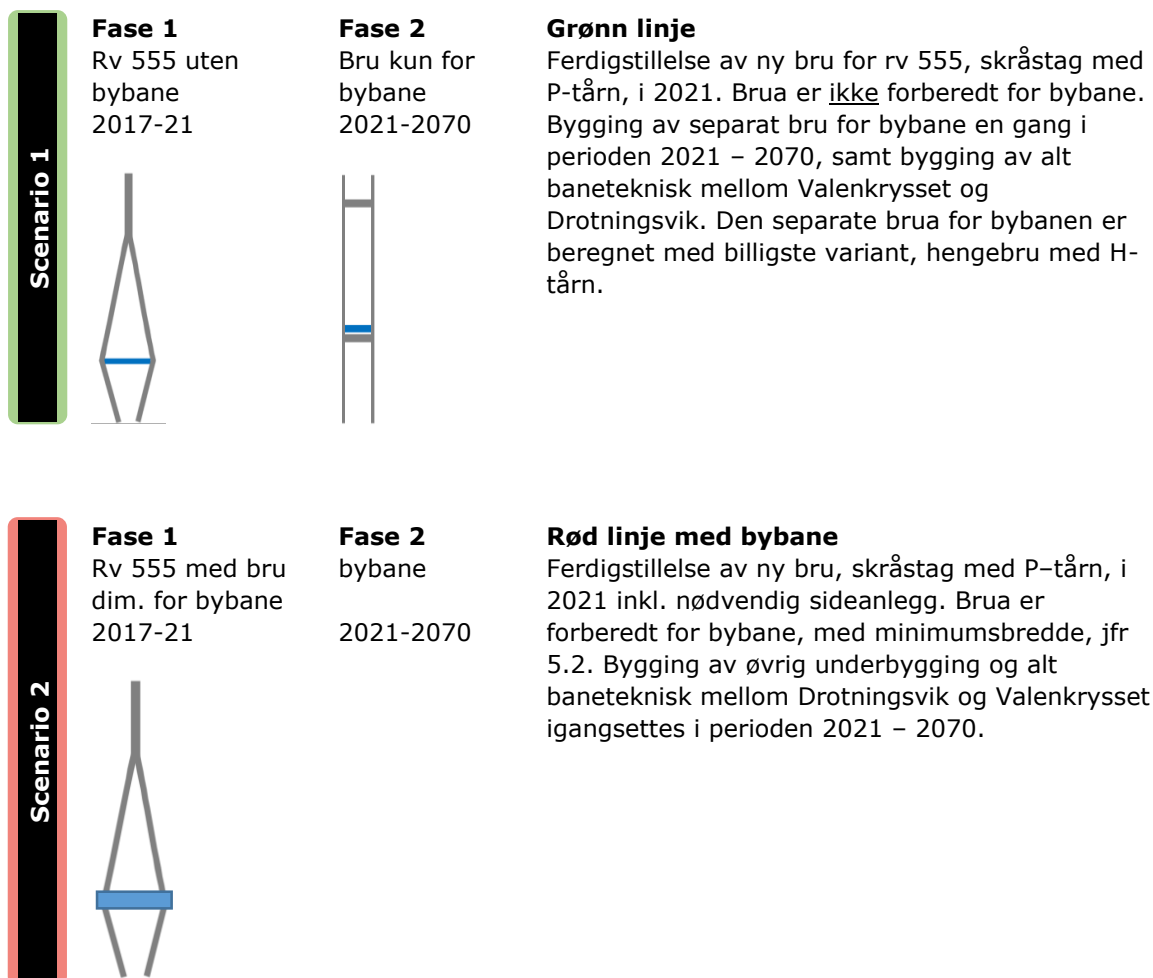
Åpningsår ny bru for rv 555	2021
Byggeperiode ny bru for rv 555	4 år
Åpningsår bybane	2021-2070
Byggeperiode bybane	2 år
Kalkulasjonsrente	4,0 %
Anleggskostnadsindeks	4,1 %
Prisnivå	2013

Figur 9 Forutsetninger for investeringsanalysen

6.2 Scenarier i investeringsanalysen

I sammenligningen mellom bru *uten* og *med* bybane har vi lagt til grunn et eksempel med skråstagbru med P-tårn for begge alternativer. Kostnadsforskjellen uten og med bybane vil være den samme om det i stedet velges hengebru med H-tårn for begge (jfr. 4.3). Som omtalt i 5.1 er det valgt en konservativ tilnærming der brubredde uten bybane regnes med 3m ytre vegskuldre (figur 5). For bru med bybane er det valgt minimumsbredde (figur 6). For separat bru for bybane har vi lagt til grunn den rimeligste varianten av hengebru med H-tårn (figur 7).

Scenariene vi har regnet på i analysen er:



6.3 Investeringskostnader

Investeringskostnad for brukonstruksjonen vil være avhengig av hvilken brutype som endelig velges. Som sagt vil likevel kostnadsforskjellen uten og med bybane være den samme om det i stedet for skråstagbru med P-tårn velges hengebru med H-tårn. Kostnadsusikkerhet i Anslag er +/-25% for de aktuelle brutypene.

I kostnadsoversikten (figur 10) er det vist kun *tilleggs kostnader* for bybanen (mellom Valenkrysset og Drotningsvik), og i hvilken fase de ulike investeringene må gjøres. Kostnader for underbygging og bru for rv 555 er holdt utenfor i denne investeringsanalysen.

I scenario 1 vil hele tilleggs kostnaden komme i fase 2. Sannsynlig kostnad (p50) for en egen bybanebru (figur 7) er i Anslag regnet til 1732 mill. kr. Kostnad for sideanlegg for bybane, med alt baneteknisk, er tilsvarende regnet til 342 mill.kr. Samlet tilleggs kostnad for bybane i fase 2 vil da være 2074 mill.kr. (2013-kr)

I scenario 2, der ny Sotrabru dimensjoneres for bybane, vil størstedelen av investeringsbehovet komme i fase 1. Tilleggs kostnad for selve brua er i Anslag regnet til 1221 mill. kr. For sideanlegg er det forutsatt at en bare tar de absolutt nødvendige minimumskostnadene i fase 1. Det gjelder 54 mill. kr til helt nødvendig klargjøring av tunnelpåhugg/stuff og portaler ved Drotningsvik, noe

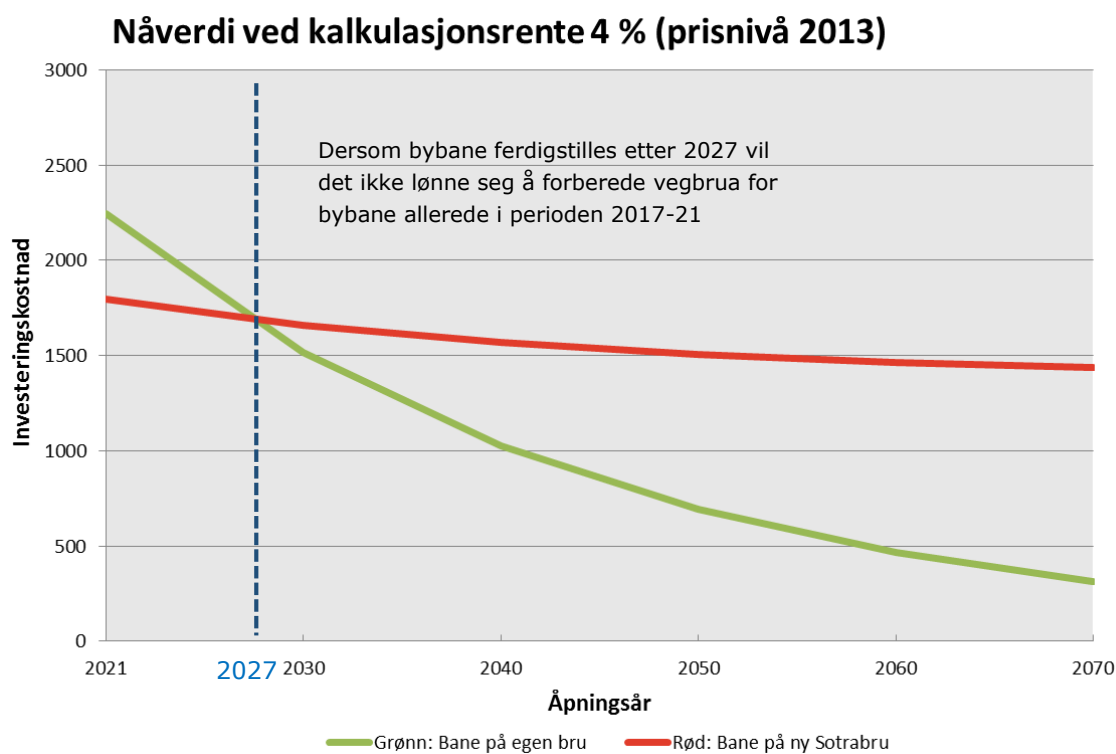
som ikke vil være mulig å bygge senere uten å stenge veganlegget. Kostnader for øvrige sideanlegg (tunnel/daglinje), 383 mill.kr, kan utsettes til fase 2 når banen etableres. Samlede ikke-diskonterte tilleggskostnader for bybane vil da være 1658 mill.kr. (2013-kr)

Hvis brua skal forberedes for bybane, må den ha noe ekstra bredde. Dette vil innebære noe økte vedlikeholdskostnader. Disse er likevel så små at de har marginal betydning for resultatet. Vi har derfor sett bort fra vedlikeholdskostnadene.

		Scenario 1 MNOK	Scenario 2 MNOK
Fase 1 2017-21	Forberedende tiltak for sideanlegg	0	54
	Tilleggskostnader for bru forberedt for bybane, skråstagbru med P-tårn	0	1221
Fase 2 2021-70	Sideanlegg for bybane og alt baneteknisk	342	383
	Bru for bybane, separat hengebru med H-tårn	1732	0
Sum, tillegg for bybane (uten diskontering)		2074	1658

Figur 10 Anslag-beregninger fra SVV for strekningen Valenkrysset- Drotningvik. Tallene viser kun tilleggskostnader for bybane (2013-kr, ikke diskontert).

6.4 Sammenligning av scenariene



Figur 11 Utvikling i nåverdi av investeringskostnaden (MNOK) avhengig av valgt scenario og åpningstidspunkt for bybanen ved kalkulasjonsrente 4 %. Figuren viser at bybanen må ferdigstilles innen 2027 for at det skal være økonomisk lønnsomt å tilrettelegge for bybane på ny Sotrabru.

Isolert sett er den totale investeringskostnaden høyest dersom man velger etappevis utbygging uten å tilrettelegge ny bru for en framtidig bybane i 2021 (Scenario 1: Bane på egen bru).

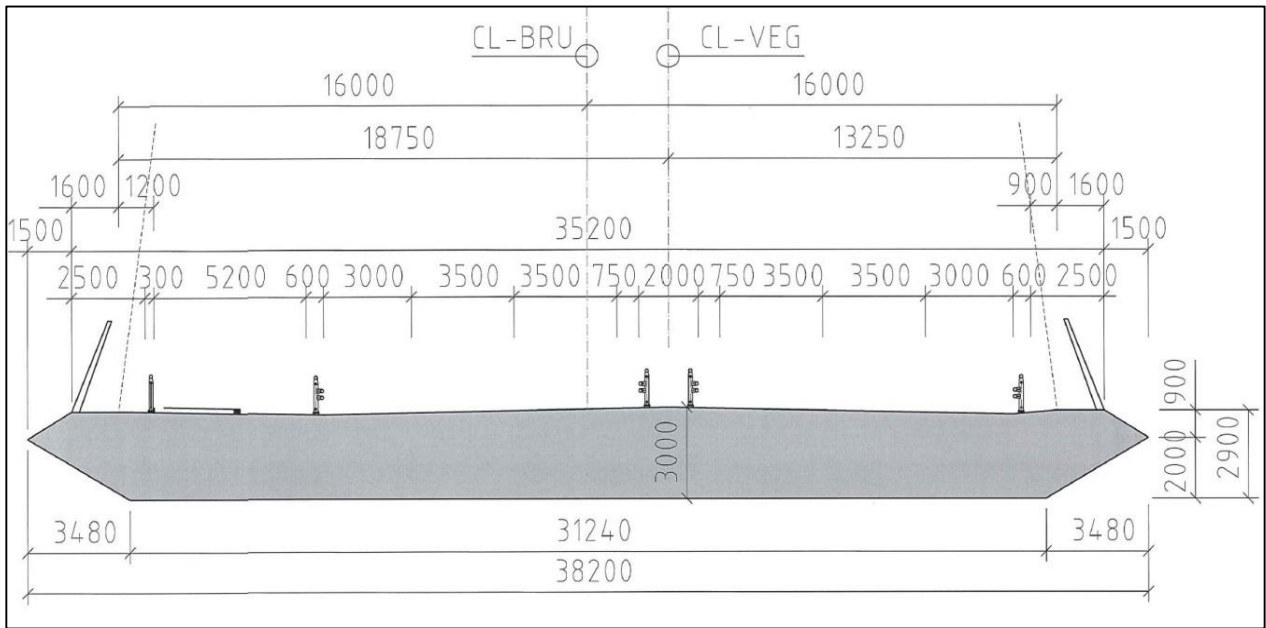
Samtidig vil investeringsbehovet komme på et senere tidspunkt i Scenario 1, og nåverdien av investeringen blir lavere jo lenger ut i analyseperioden man kommer. Dette er vist i Figur 11. Dersom bybanen blir realisert på et tidlig tidspunkt i analyseperioden vil kostnaden være høyest for Scenario 1, men allerede ved åpningstidspunkt for bybane rundt år 2027 vil nåverdien av anleggskostnaden ha jevnet seg ut. Ved åpning av bybanen etter dette tidspunktet vil det fra et økonomisk synspunkt, ikke være riktig å tilrettelegge for bybane ved åpning av ny bru i 2021.

6.5 Følsomhetsbetraktning

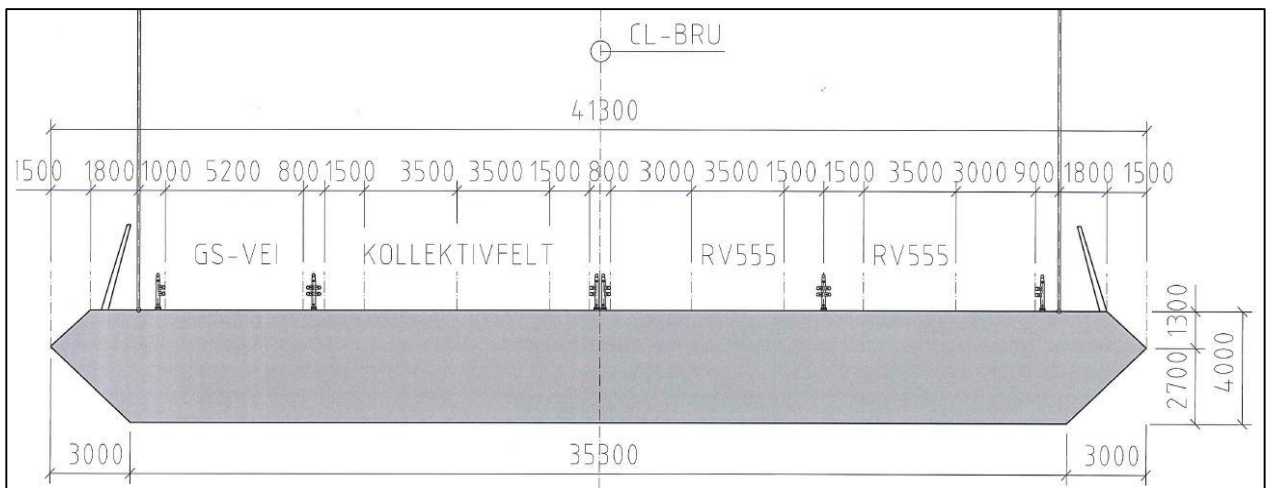
De økonomiske betraktningene er beheftet med usikkerhet, blant annet i forhold til framtidig kalkulasjonsrente, valg av bruløsning og kostnader for brukonstruksjonen. Vi har gjennomført noen følsomhetsberegninger for å vise hvordan endrete forutsetninger for kalkulasjonsrente vil slå ut på resultatene. Beregningene er gjennomført for kalkulasjonsrente på henholdsvis 3 og 5 %. Med kalkulasjonsrente på 3 % vil krysningstidspunktet ligge rundt år 2029, og med kalkulasjonsrente på 5 % vil krysningstidspunktet ligge rundt år 2026. Det er altså større grunn til å foreta en tilleggsinvestering i 2021 dersom man tror kalkulasjonsrenten vil holde seg lav, men kalkulasjonsrente mellom 3 – 5 % vil uansett innebære at bybanen må realiseres før år 2030 for at det skal være økonomisk lønnsomt å forberede for bybane ved bygging av ny bru i perioden 2017 - 2021.

6.6 Konklusjon – investeringsanalyse for bybane

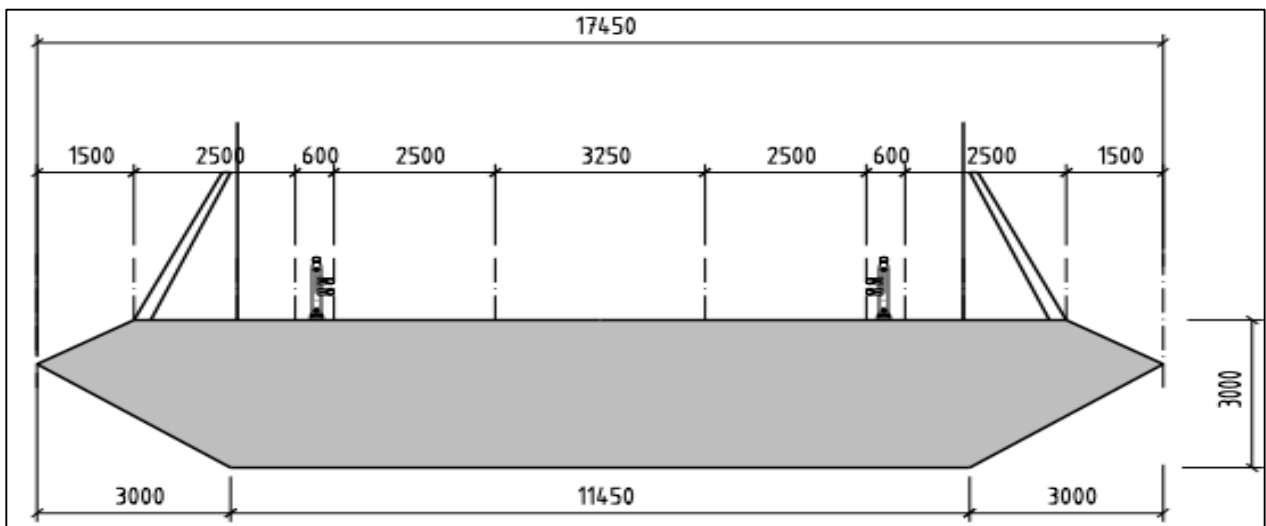
Hvis bybanen skal åpnes først etter år 2027, vil det fra et økonomisk synspunkt ikke være riktig å tilrettelegge for bybane når det skal bygges ny bru for rv 555. Vi vurderer at markedet for bybanen ikke vil være tilstede før tidligst etter år 2040. Det vil derfor være en relativt stor risiko for at en forhåndsinvestering i å bygge ny Sotrabrau også for bybane, ikke vil betale seg. Det vil også være en risiko knyttet til om man da bygger brua for riktig bybaneprosjekt, siden man på det nåværende tidspunkt ikke vet hvor bybanen skal gå.



Figur 1 Hengebru med H-tårn, uten bybane



Figur 2 Hengebru med H-tårn, med bybane



Figur 3 Hengebru kun for bybane

