



Hagelsundet bru

Møte i Bergen 21.11.2019

*Liv Eltvik
Seniorrådgiver Bru*



AGENDA (SVRV)

- Status for prosjektet
- Gjennomgang av notat om kapasitetsutnyttelse av Hagelsundbrua
- Videre arbeid med forprosjektet mht til:
 - Løsninger for utvidelse over land (dvs. ikke hengebrudelen)
 - Teknisk løsning av innfesting av GS bru på hengebru, inkl. føring rundt tårn
 - Grovt kostnadsoverslag av forsterkningsarbeidet og arbeid ifm. selve GS utvidelsen.
- Videre prosess, fremdrift og vurdering av evt. behov møte etter neste leveranse.



STATUS FOR PROSJEKTET

Hengebrudelen

- har utført analyser for egenvekt, påhengt gangbane og trafikk (BK10/60 og spesialtransport)
- har utført analyser for egenvekt, påhengt gangbane, trafikk, inkl. 3 ulike trafikkløsninger for beredskap
- har utført analyse for egenvekt og vind for brua med sikkerhetsrekkverk
- har sett på detaljer for innfesting av påhengt gangbane

Viaduktdelen (over land)

- har sjekket bruvingen for utrykningskjøretøy (brannbil)
- har vurdert ulike stålløsning for ny gangbane
 - innfesting til søylene
 - løsning med frittstående søyler fundamentert til bakken

Løsning forbi tårn

Kostnadsoverslag



HENGEBRUDELEN KAPASITETSUTNYTTELSE

- Når avviserrekverket fjernes, blir føringsbredden over 8 m, dvs. brua får beregningsmessig 3 kjørefelt. Dersom kabelen hadde hatt tilstrekkelig kapasitet for dette tilfellet, ville det vært aktuelt å vurdere det nærmere
- Alternativ lages et opphøyd felt slik at dagens føringsbredde (7.0 m) beholdes og resten benyttes til utrykning

Det er nå utført elementanalyse med beregningsverktøyet RM Bridge Enterprise, v11.05.00.10.

I dette notatet er resultatene fra håndberegningene verifisert, og det er valgt å fokusere på følgende trafikksituasjoner:

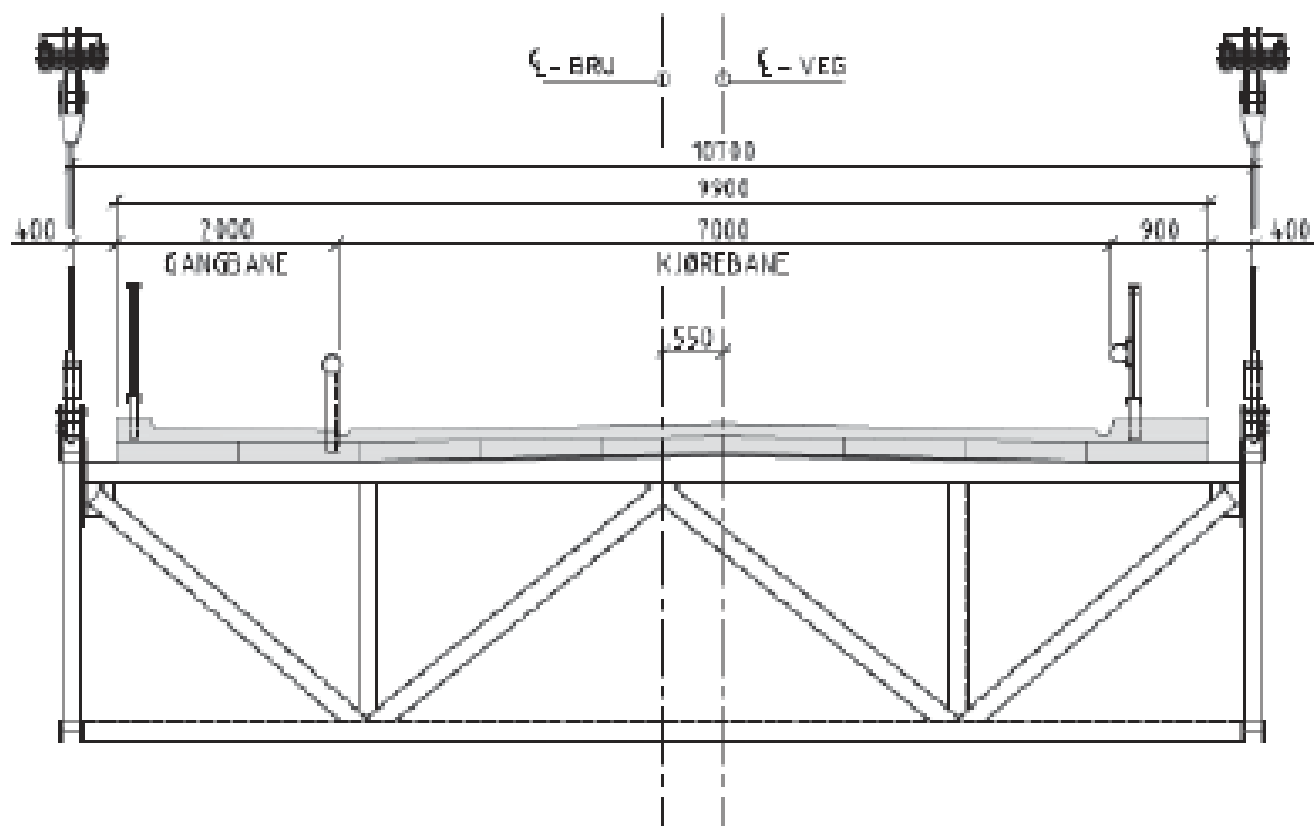
1. Opprinnelig trafikksituasjon: Trafikk og egenvekt som brua i sin tid ble dimensjonert for.
2. Påhengt gangbane + vogntoglast i de to eksisterende kjørefeltene
3. Påhengt gangbane + vogntoglast i tre kjørefelt
4. Påhengt gangbane + vogntoglast i de to eksisterende kjørefeltene + brannbil i felt nærmest påhengt gangbane

Alle trafikklaster er i henhold til bruksklasse Bk10/60, beskrevet i R412 /1/.



HENGEBRUDELLEN KAPASITETSUTNYTTELSE

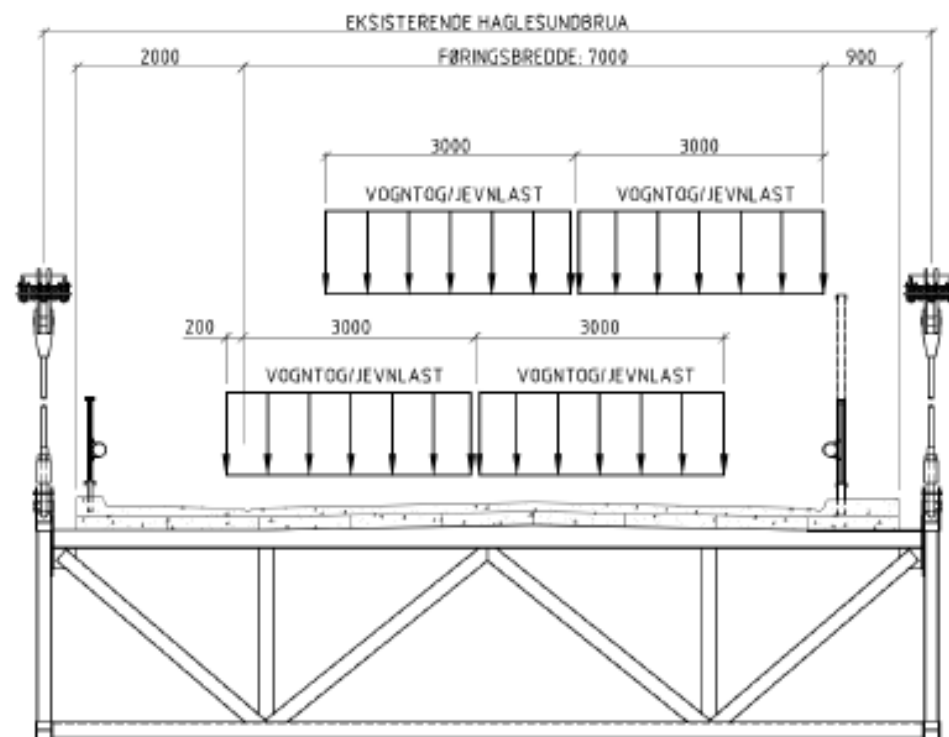
Eksisterende tverrsnitt



HENGEBRUDELLEN KAPASITETSUTNYTTELSE

Trafikksituasjon 1
Eksisterende situasjon

(kun for referanse
trafikklasten plassert litt for
langt til venstre)



Figur 5: Opprinnelig trafikksituasjon: Kjørelast i to felt, ikke asfaltlast eller påhengt gangbane. Ekstrem lastposisjon høyre/venstre i analysen er vist på skissen. Opprinnelig var eksentrisiteten 200mm mindre i venstre retning, men det er forenklet benyttet samme eksentrisitet som i trafikksituasjon 2.

HENGEBRUDELEN KAPASITETSUTNYTTELSE

Trafikksituasjon 3 «fri kjøring»

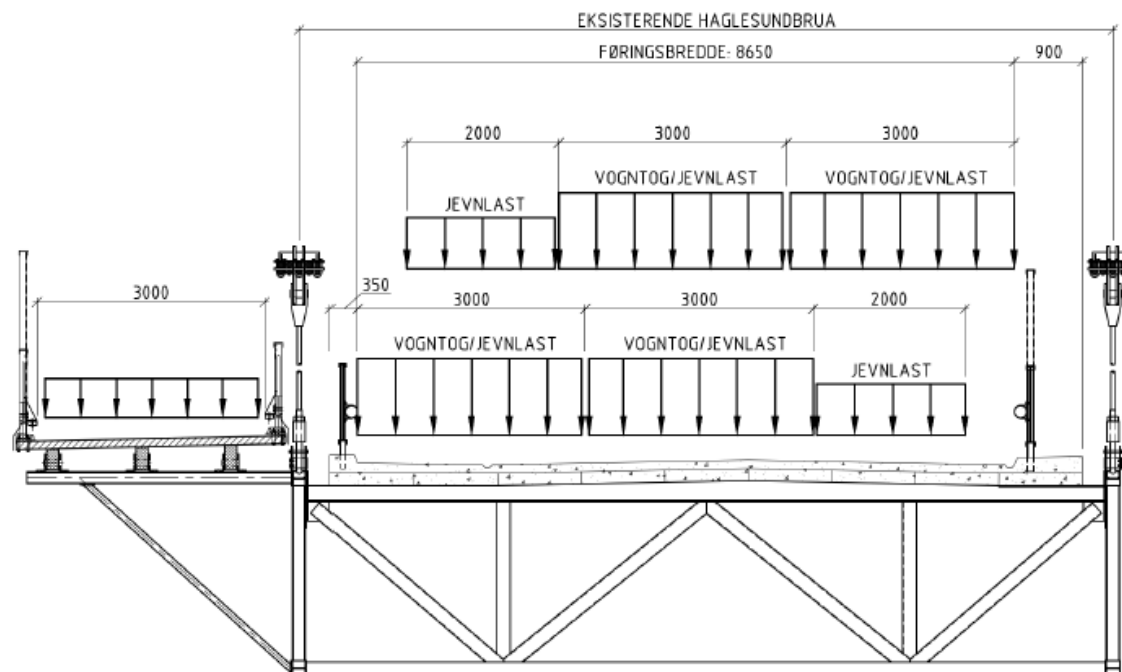
Dette ville trolig vært den enkleste løsningen dersom kablene hadde hatt nok kapasitet

Da kunne man merket opp de 2 kjørefeltene som i dag og hatt restarealet til utrykning

5.3.3 Trafikksituasjon 3: Påhengt gangbane + vogntoglast i tre felt

Denne trafikksituasjonen benyttes for å undersøke om brua har kapasitet til å tåle ordinær kjøring i tre kjørefelt.

Eksisterende rekkverk for å skille kjøre- og gangbane fjernes, og hele brutvernsnittet belastes i tre kjørefelt. Det antas 3,0 m føringsbredde på den påhengte gangbanen, og 1 kN/m² ganglast.



Figur 7: Påhengt gangbane + fri kjøring i tre felt. Ekstrem lastposisjon høyre/venstre er vist på skissen. Påhengt gangbane belastes med 1 kN/m². To felt med vogntog og jevnlast, ett felt med kun jevnlast.

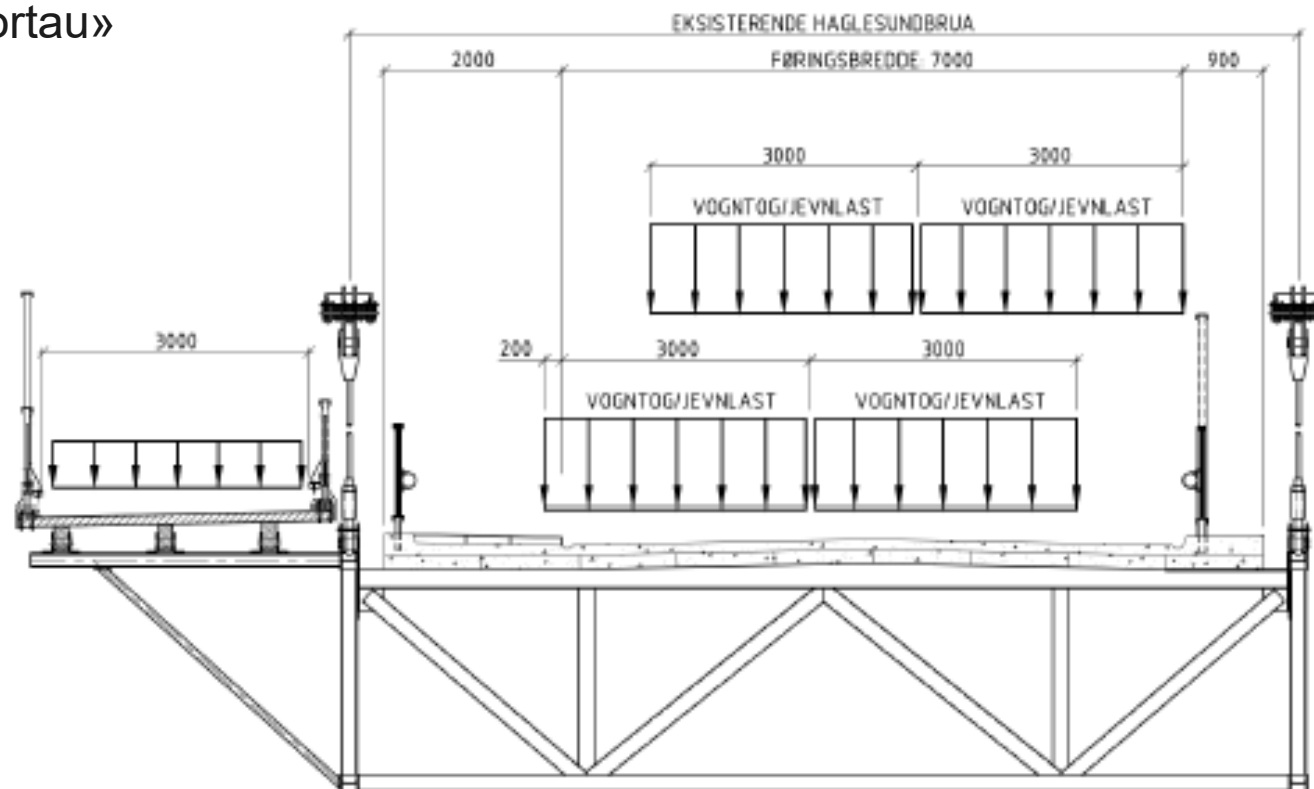
HENGEBRUDELEN KAPASITETSUTNYTTELSE

Trafikksituasjon 2

Påhengt gangbane og opphøyd «fortau»

Dagens føringsbredde beholdt

«Normal trafikk»

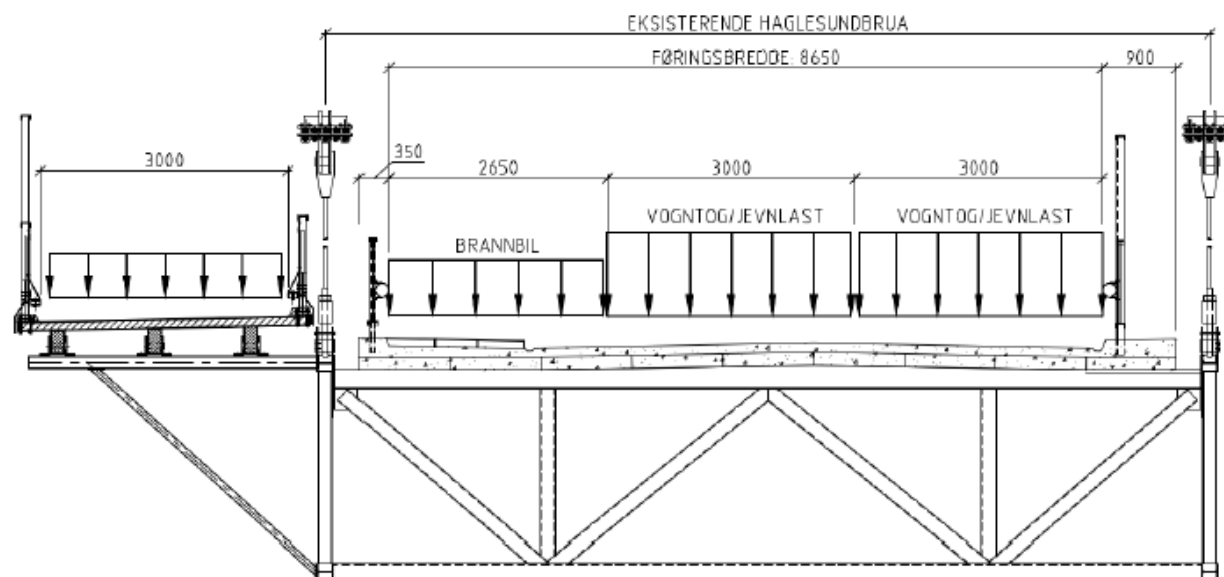


HENGEBRUDELEN KAPASITETSUTNYTTELSE

Spesiell situasjon:
 Trafikksituasjon 4
 2 kjørefelt + brannbil i utrykningsfeltet

Brannbil:
 250 kN vogntog over 7.0 m + 20 kN
 punktlast

1 kN/m² på gangbanen



Figur 8: Påhengt gangbane + fri kjøring i to felt + brannbil i utrykningsfelt. Tunge kjøretøy krever normalt 3m bredde på lastfelt, men det tilpasses her med noe redusert bredde for feltet med brannbil.

Lasttype	Lastkonfigurasjon	Bruksklasser					
			Bk 10/60	Bk 10/50	Bk T8/40	Bk 8/32	Bk 6/28
	Aksellast	kN	100		80	80	60
	Totalvekt	kN	600	500	400	320	280
Kjøretøylast	<p>Aksellasten plasseres i ugunstigste stilling</p>	A	40		32	32	24
		V	300		280	220	180



HENGEBRUDELEN KAPASITETSUTNYTTELSE

Tabell 1: Utnyttelse av viktige konstruksjonselementer for ulike lastsituasjoner.

Trafikksituasjon	Trafikk	Kabel	Undergurt	Overgurt	Diagonaler	Tverrfagverk	Betongdekke
1.	Opprinnelig: To felt	0.82	0.89	0.87	0.66	Aksellaster er dimensjonerende*	
2.	Påh. gangbane + to felt	1.00	1.09	0.89	0.78		
3.	Påh. gangbane + tre felt	1.06	1.29	1.22	0.93		
4.	Påh. gangb. + to felt + brannbil	1.00	1.25	1.09	0.82		

* Aksellastene som brua ble dimensjonert for er større enn aksellastene i R412 (Bk10/60), så disse konstruksjonselementene har uten ytterligere beregning kapasitet for Bk10/60.

Konklusjon:

- Fri kjøring i 3 felt (trafikksituasjon 3) ikke mulig pga. overskridelse av kabelen kapasitet
- Eksisterende føringsbredde og opphøyd «fortau» (trafikksituasjon 2) mulig med forsterkning av undergurten på deler av brua
- Det er også mulig å passere med en brannbil (trafikksituasjon 4) , men dette krever ytterligere forsterkning av undergurten



HENGEBRUDELEN KONTROLL FOR SPESIALTRANSPORT

Fra AAJs Mulighetsstudie:

- Dette kapitlet omhandler hovedsakelig belegningsvekten (ingen forskjell mellom <50 og >50 år)
- For trafikklaster antas levetid < 50 år (dvs. klassifisering og ikke oppgradering av brua til laster iht Eurokoden)

2.4 Avklaringer med Vegdirektoratet

2.4.1 Dimensjonerende laster

Hvilke forskrifter som skal benyttes for å bestemme dimensjonerende lastvirkninger har blitt avklart med Vegdirektoratet, der Vegdirektoratet henviser til Tabell 14.1 og avsnitt 14.3 i Håndbok N400. Tabell 14.1 i N400 omhandler hva som skal være dimensjonerende belegningsvekt og trafikklaster, avhengig av konstruksjonens dimensjonerende brukstid ved forsterkning/ombygging. Avsnitt 14.3 omhandler eksisterende bruer som inngår i nye veianlegg. Etter vår oppfatning bør den påhengte gang- og sykkelbanen betraktes som permanent ombygging av brua, og det som står beskrevet i Tabell 14.1 i N400 anses som mest representativt. Belegningsvekt, trafikklaster og last i gang- og sykkelbaner for dimensjonerende brukstid mellom 16 og 50 år, og for mer enn 50 år, iht. Tabell 14.1 i Håndbok N400, er gitt i Tabell 8 og Tabell 9.

Tabell 8: Belegningsvekt og trafikklaster for forskjellig dimensjonerende brukstid iht. Tabell 14.1 i N400

Dim. brukstid	Belegningsvekt	Trafikklaster	Merknad
16 – 50 år	2.0 kN/m ² (80 mm tykkelse)	Bk 10/60	Ref. det som er beskrevet i avsnitt 2.2.1 Spesialtransport ⁽¹⁾
		Veggruppe A	
		Sv 12/100 med Bk 10/60	
> 50 år	2.0 kN/m ² (80 mm tykkelse)	9.0 kN/m	3 m feltbredde
		3 x 210 kN	Aksellaster

(1) Spesialtransport er ikke nærmere beskrevet i denne rapporten, ettersom det kan legges føringer for hvordan den skal passere brua. Dette vil kontrolleres dersom en velger å gå videre til neste fase.



HENGEBRUDELEN KONTROLL FOR SPESIALTRANSPORT

Trafikksituasjon (spesialkjøretøy)	Trafikk	Kabel	Undergurt	Overgurt	Diagonaler
2.	Bk10/60 (ordinær trafikk)	1.00	1.09	0.89	0.78
5.	Sv12/65 + Bk10/60	0.99	1.06	1.07	0.79
6.	Sv12/100 + Bk10/60*	0.97	1.14	1.05	0.80

«normal trafikk»

* Ganglast inkluderes ikke

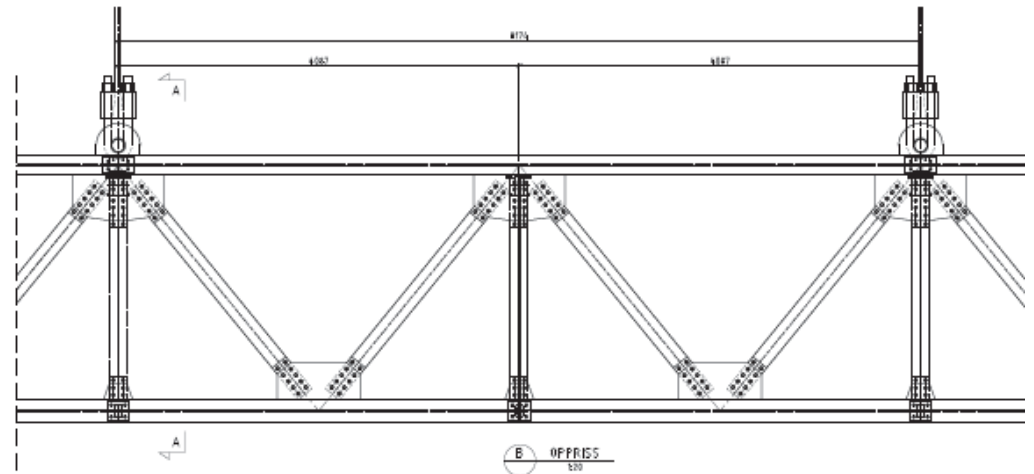
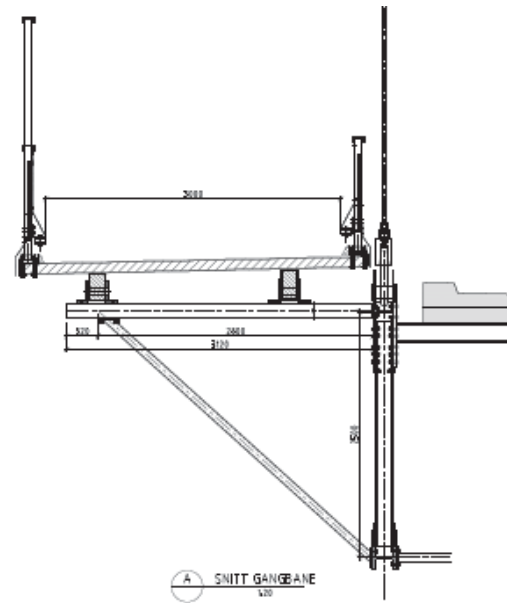
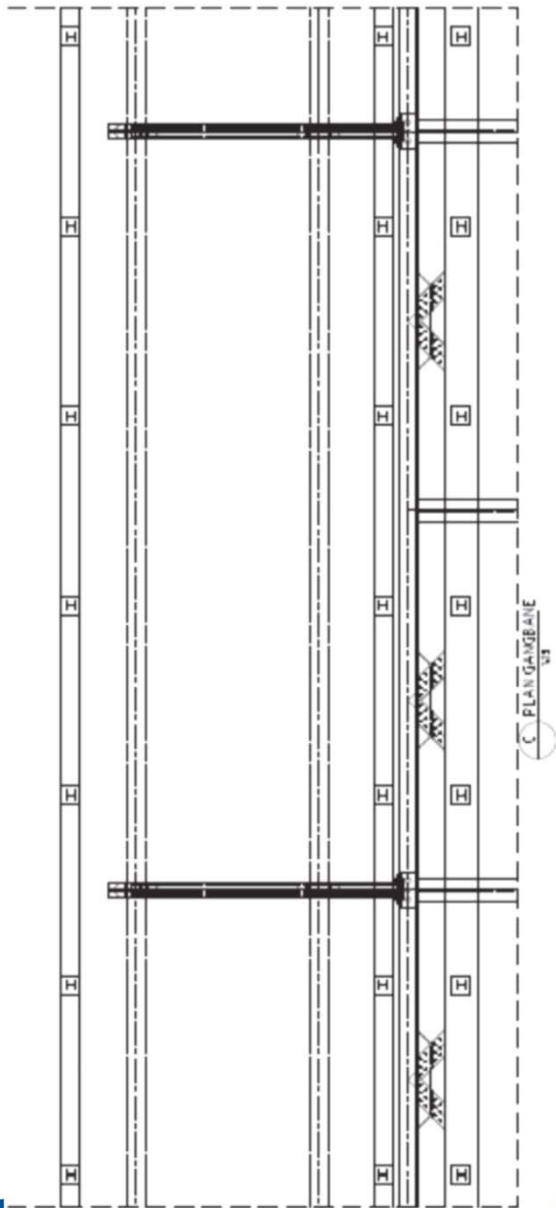
- Lasttilfelle med Bk10/60 + brannbil er dimensjonerende

Konklusjon:

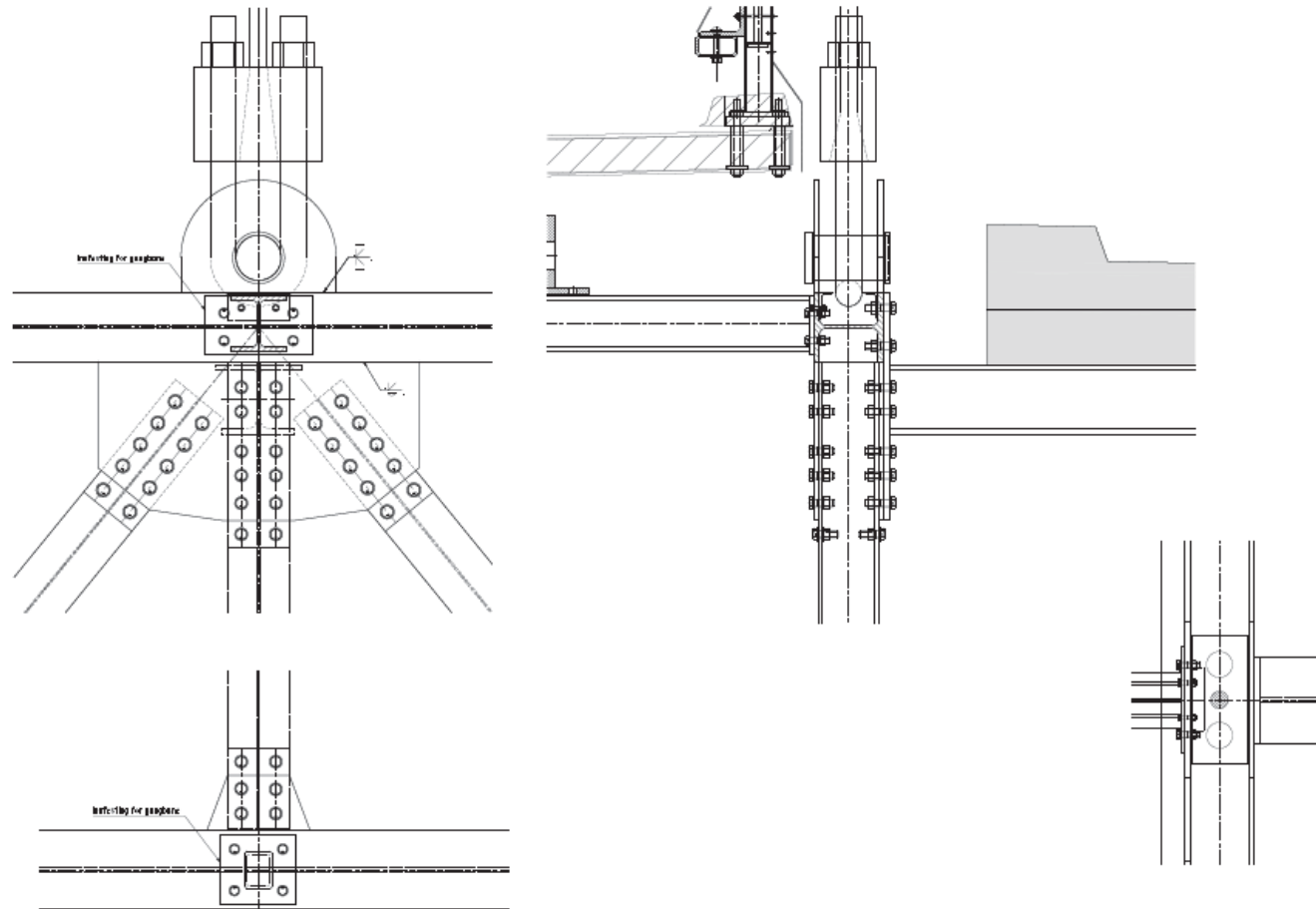
- Hengebrudelen tåler også Spesialtransport Sv12/65 og Sv12/100 i kombinasjon med Bk10/60
- Forsterkningsbehovet av under- og overgurt er mindre enn for brannbil med Bk10/60



INNFESTING AV PÅHENGTT GANGBANE TIL FAGVERKET



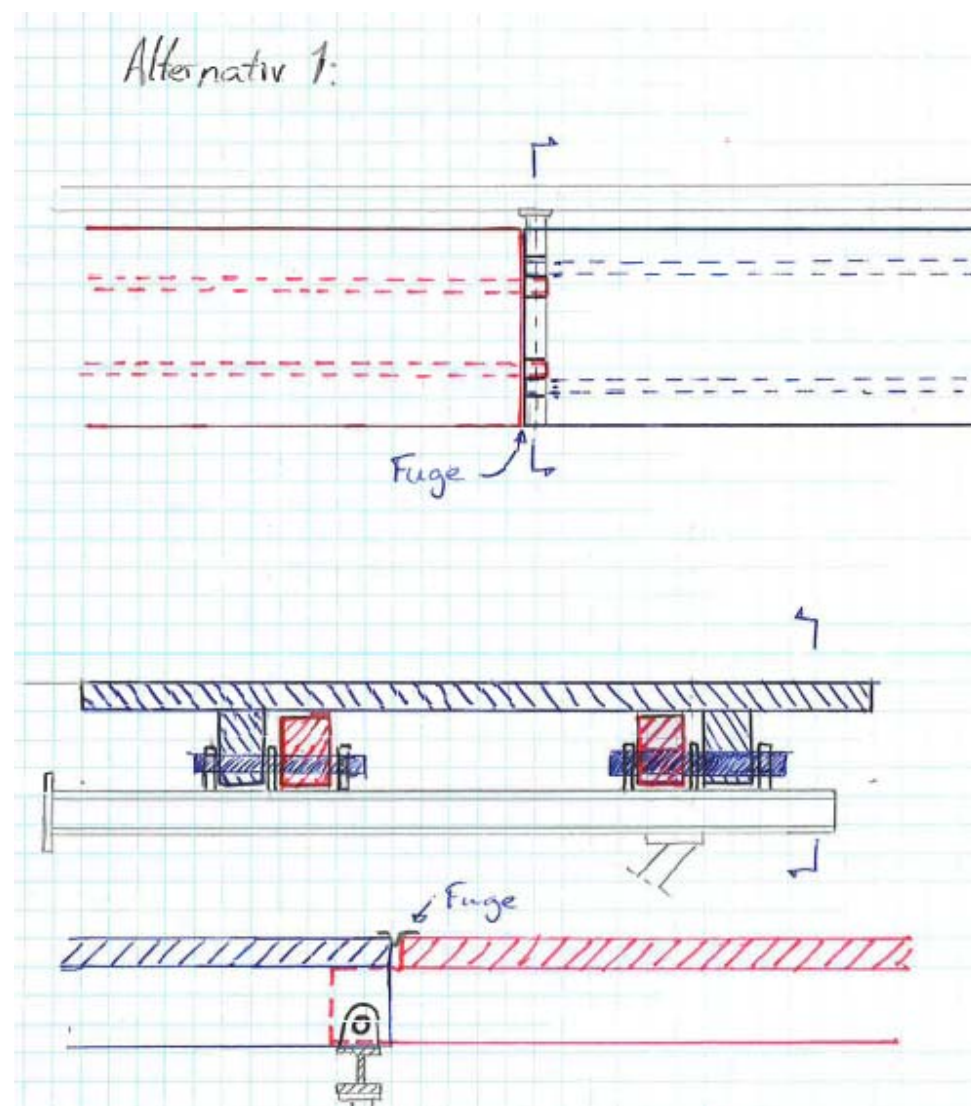
INNFESTING AV PÅHENGTT GANGBANE TIL FAGVERKET



OPPLEGG AV KOMPOSITTDEKKET

Bjerkene forskjøvet i forhold til hverandre

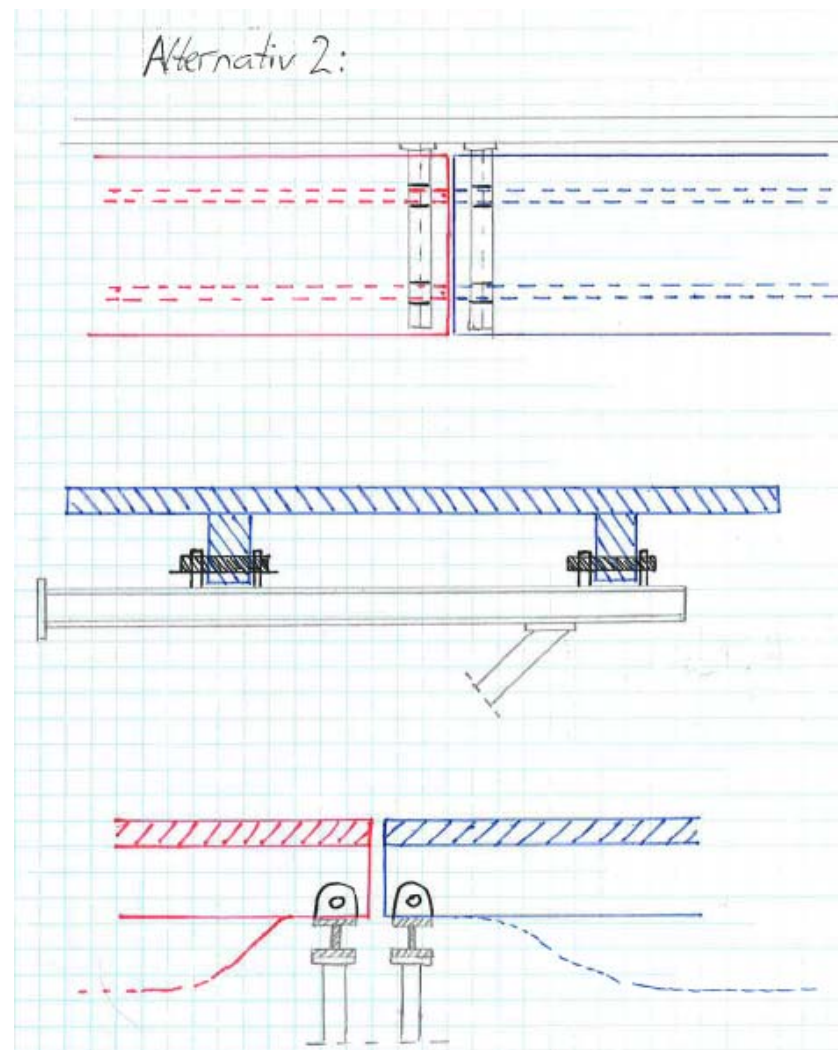
- unngår eksentrisk lastinnføring
- en konsoll



OPPLEGG AV KOMPOSITTDEKKET

Bjelkene i samme linje

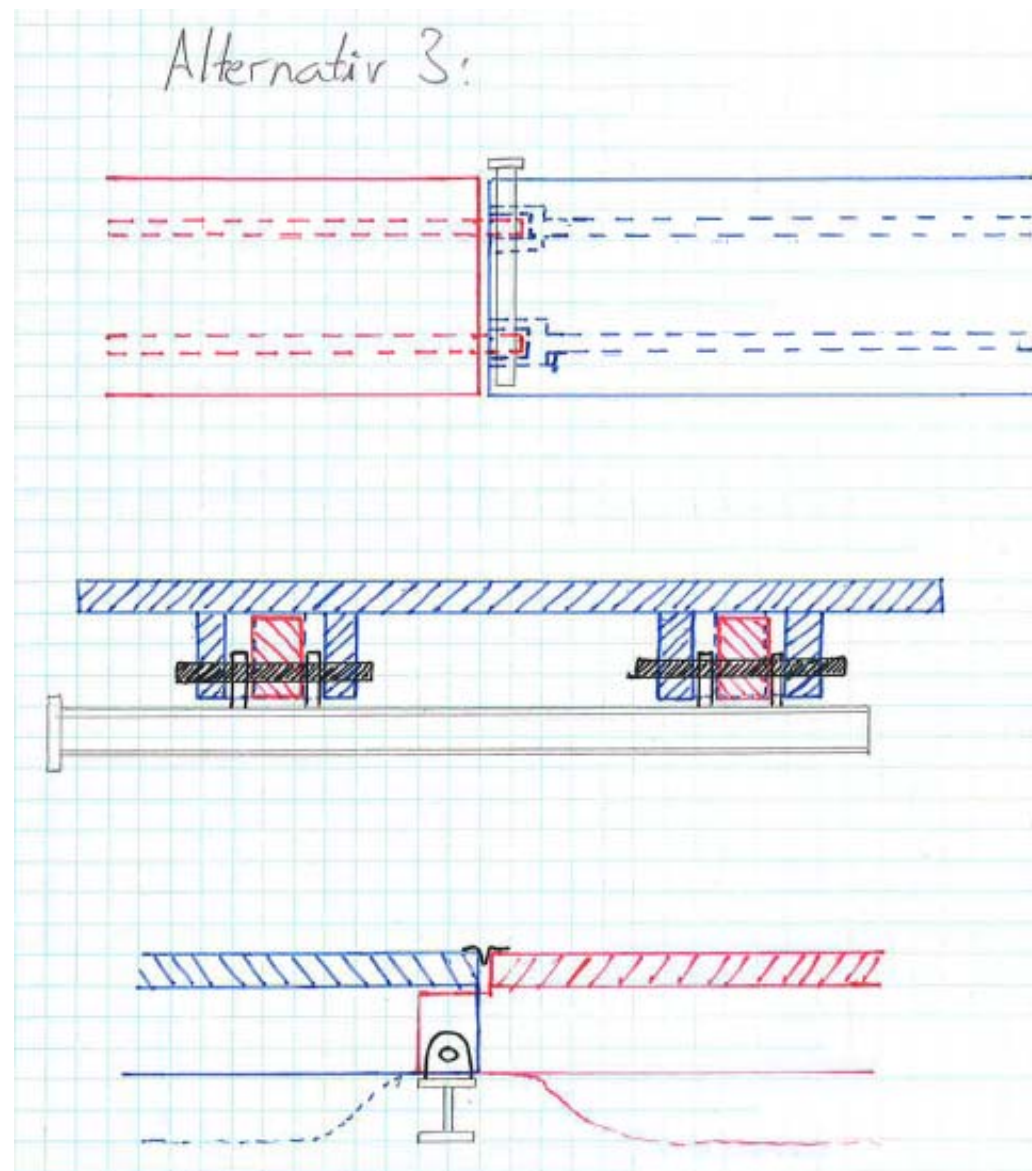
- to konsoller for å unngå eksentrisk lastinnføring



OPPLEGG AV KOMPOSITTDEKKET

Bjelkene utført med en gaffel på det ene elementet samme linje

- unngår eksentrisk lastinnføring
- en konsoll



VIADUKTEN KONTROLL FOR BRANNBIL

Fjerne avviser-rekkverket og lage et opphøyd «fortau» her også

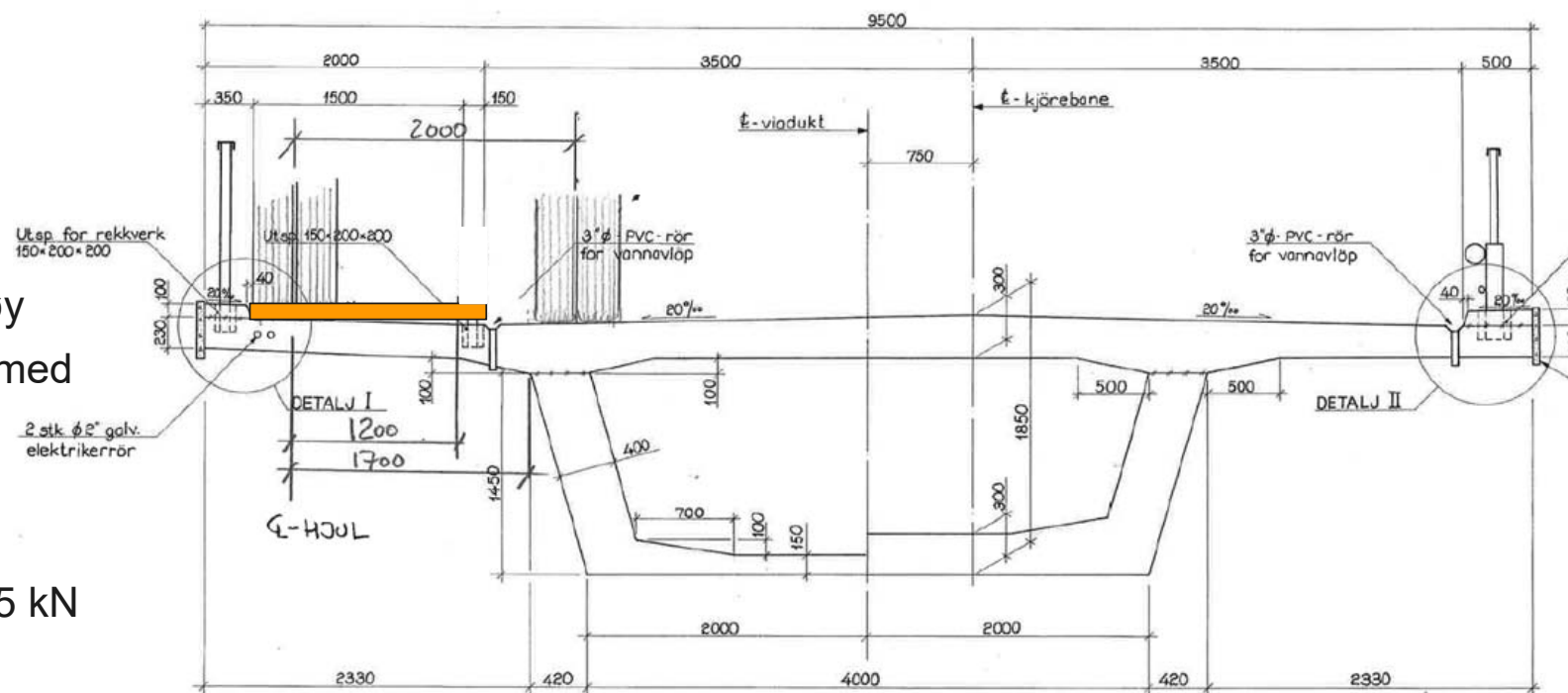
Brannbil:

Hjultrykk fra utrykningskjøretøy

Total kjøretøyvekt på 250 kN med
dynamisk tillegg på 20 kN for
enkeltaksel

Aksellast $A = 250/2 + 20 = 145$ kN

Hjultrykk $H = A/2 = 72.5$ kN



VIADUKTEN KONTROLL FOR BRANNBIL

Brannbil:

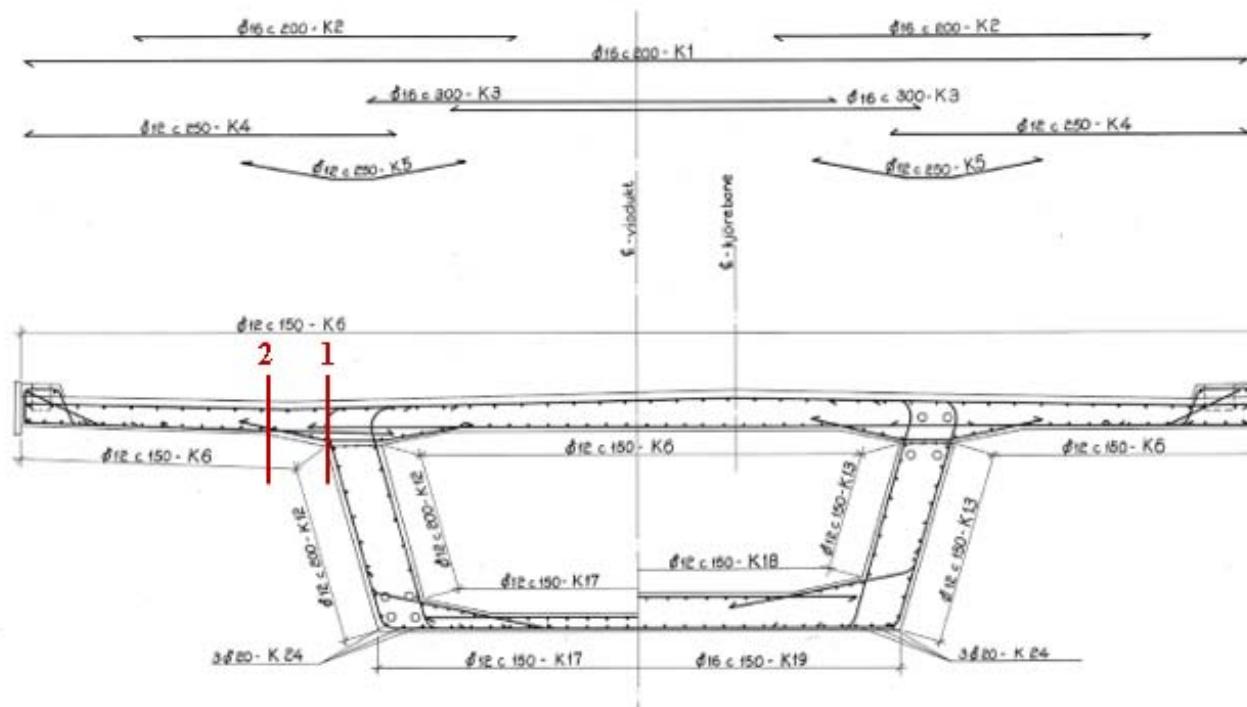
Snitt 1: $UR = 78.1/167.9 = 47\%$

Snitt 2: $UR = 63.1/91.9 = 67\%$

Bk10/60 vogntog (antar 2 aksler)

Snitt 1: $UR = 91.3/167.9 = 54\%$

Snitt 2: $UR = 73.0/91.9 = 79\%$



Figur 1 Typisk tverrsnitt viadukt med valgte kontrollsnitt

Konklusjon:

- Bruvingen tåler utrykningskjøretøy og et enkelt Bk10/60 vogntog
- Har ikke kontrollert viadukten for evt. last (Bk10/60) fritt i 3 kjørefelt

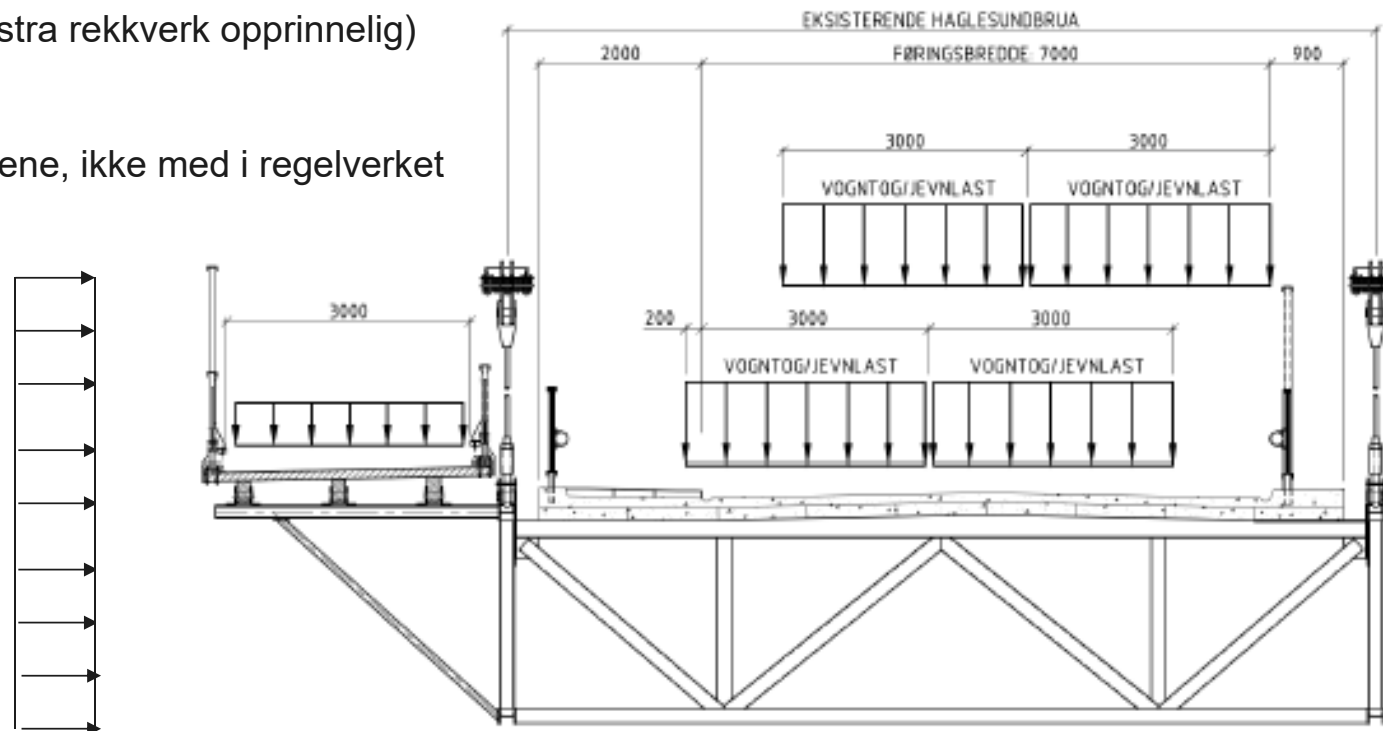


KONTROLL FOR VIND, MED SIKKERHETSREKKVERK

$Q_{hor} = 6,8 \text{ kN/m}$ (5 kN/m uten ekstra rekkverk opprinnelig)

$Q_{vert, kjørebane} = 15,5 \text{ kN/m}$
(Ikke vertikalvind i originalberegningene, ikke med i regelverket den gang)

$Q_{vert, gangbane} = 5,1 \text{ kN/m}$



Figur 6: Påhengt gangbane+ fri kjøring i to felt. Ekstrem lastposisjon høyre/venstre er vist på skissen. Påhengt gangbane belastes med 1 kN/m^2 . Opphøyd kjørefelt sperres for bruk av myke trafikanter.

Vindlast



KONTROLL FOR VIND, MED SIKKERHETSREKKVERK

Lastkombinasjoner:

- A – Vind dominerende
- B – Vind dominerende + trafikk (to felt + påhengt gangbane)
- B – Trafikk dominerende (to felt + påh. gangbane)
- B – Trafikk dominerende (to felt + påh. gangbane + brannbil)

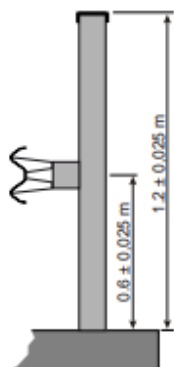
Vi regner med at dette går bra, men må se litt nærmere på det



SIKKERHETSREKKVERK

Krav i SVV håndbok N101

3.4.3 Geometriske krav til brekkverk - ytterrekkeverk



Figur 3.8 Brekkverk høyder

Rekkverkshøyder og toleranser

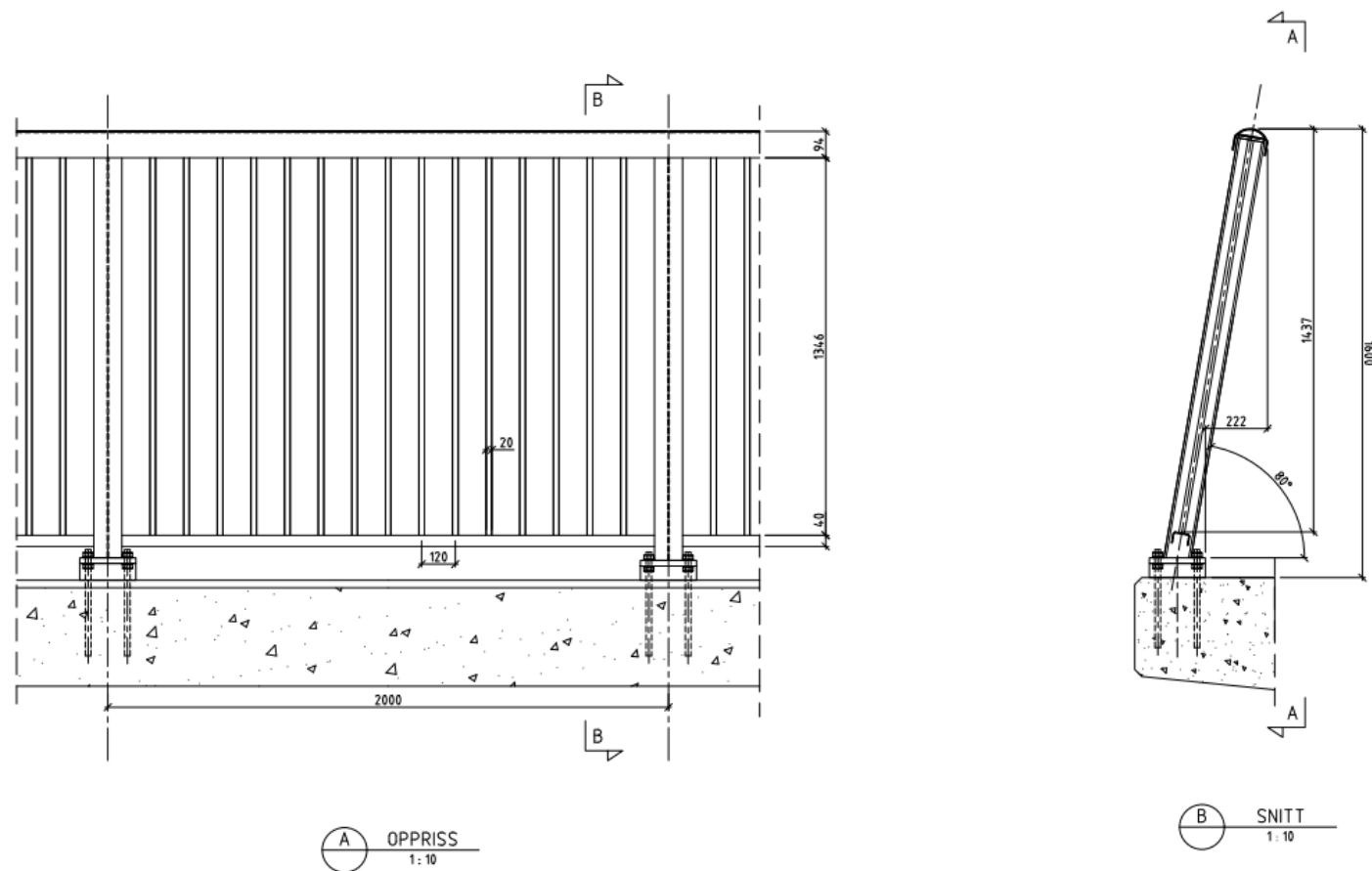
Minste høyde på brekkverket målt fra bruas topp slitelag, fortau eller gang- og sykkelveg til overkant av rekkverket for et ytterrekkeverk eller et gang-og sykkelrekkeverk er $1,2 \pm 0,025 \text{ m}$. Dette kravet vil kunne fravikes for innerrekkeverk. Høyde på senterføringsskinne over vegbane skal være $0,6 \pm 0,025 \text{ m}$. Stolpene skal ha maksimalt avvik på $\pm 0,025 \text{ m}$ i forhold til vertikallinje. For andre toleranser vises det til håndbok R762 Prosesskode 2 pkt 87.2.

På bruer som erfaringsmessig kan bli benyttet til å hoppe fra, bør rekkverket være minst 1,6 m høyt, ha minimum 1,4 m høye vertikale sprosser som det er umulig å benytte som steg eller annen innretning som har den samme funksjon og heller innover 10-12 grader. Oversiden på håndlisten utføres avrundet slik at den blir vanskelig å gripe. Dette gjelder særlig bruer i bynære områder som er høye nok til å hoppe fra med sannsynlig dødelig utgang.



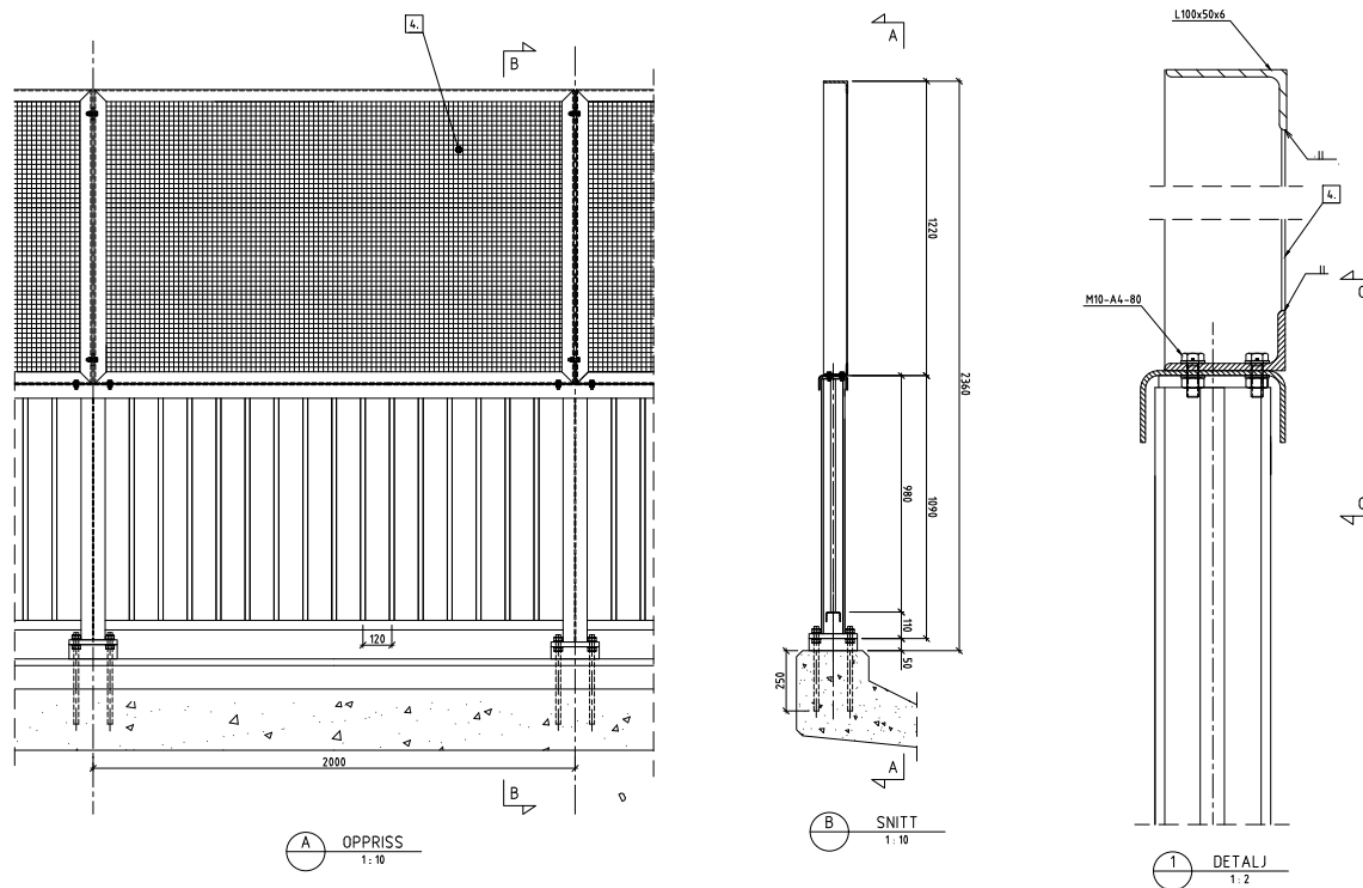
SIKKERHETSREKKVERK

Mulig løsning basert på SVV standard brurekkverk på påhengt gangbane



SIKKERHETSREKKVERK

Alternativ løsning basert på SVV standard brurekkverk benyttet på Fredrikstad bru.



MULIG LØSNING PÅ EKSISTERENDE REKKVERK PÅ NORDSIDE

Fil:Tromsøbrua juni 2016.JPG



GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

3.2.7 Gang-/sykkelbaner og Gang-/sykkelbruer

Kapittel 3.2.7 tilføyes som nytt underkapittel:

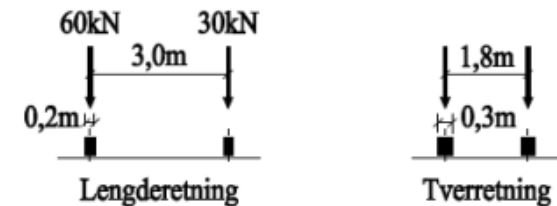
Gang-/sykkelbaner uten samtidig trafikklast i kjørebane og Gang-/sykkelbruer klassifiseres for følgende brukslaste (som ikke er forskriftsfestet):

Betegnelsen	Jevnt fordelt last	Vedlikeholdsutstyr
At 6/10	5,0 kN/m ²	G1
At 4,5/7,5	4,0 kN/m ²	G2
GS 500	5,0 kN/m ²	-
GS 400	4,0 kN/m ²	-
GS 300	3,0 kN/m ²	-
GS 200	2,0 kN/m ²	-
GS 100	1,0 kN/m ²	-

Tabell 3.2.7 Brukslaste, Gang-/sykkelbaner og Gang-/sykkelbruer

G1 er gitt i NS-EN 1991-2:2003+NA:2010. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 2: Trafikklaste på bruer, kapittel 5. Dynamisk tillegg er inkludert i lasten

G2 er vist i Figur 3.2.7.1. Dynamisk tillegg er inkludert i lasten.



Figur 3.2.7.1 Lasttype G2, inkl. rystelse.

Om bruk av trafikklastene ved klassifisering:

1. Jevnt fordelt last og last fra vedlikeholdsutstyr virker ikke samtidig.
2. Bremselast for G1 er gitt i NS-EN 1991-2:2003+NA:2010. Eurokode 1: Laster på konstruksjoner. Del 2: Trafikklaste på bruer, kapittel 5.4.
3. Bremselast for G2 er 50 kN i bruas lengderetning og 15 kN i bruas tverretning. Lastene virker i høyde med brudekke og regnes å virke i brua senterlinje og vinkelrett på denne.
4. Gang-/sykkelbaner og Gang-/sykkelbruer med føringsavstand mindre enn 2,5 m som ikke belastes med kjøretøyene G1 eller G2 skal belastes med en last 10 kN i vilkårlig horisontal retning.
5. Jevnt fordelt last settes på i hele gangbanens bredde dersom dette gir mest ugunstig lastvirkning.
6. GS 500 – GS 100 benyttes kun dersom det er stengt med fysisk hinder for brøytetraktor, personbiler o.l.

Vi har antatt G1

- er G2 aktuelt?

NA.5.3.2.3 Tjenestekjøretøy

NA 5.3.2.3 (1) P Der annet ikke er gitt for det enkelte prosjekt, eller dersom føringsavstanden ikke er for liten, skal alle gangbruer og gangbaner/fortau på vegbruer belastes med tjenestekjøretøy Q_{serv} som beskrevet i punkt 5.6.3.

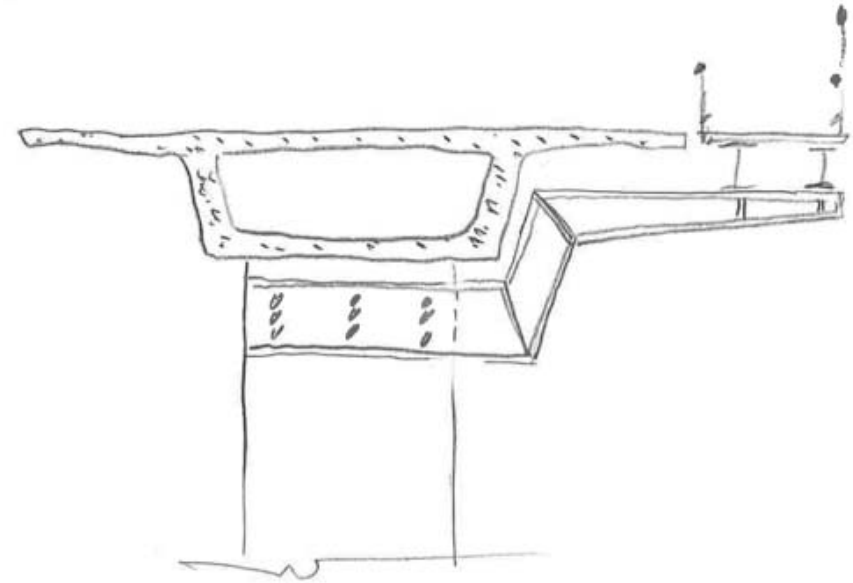
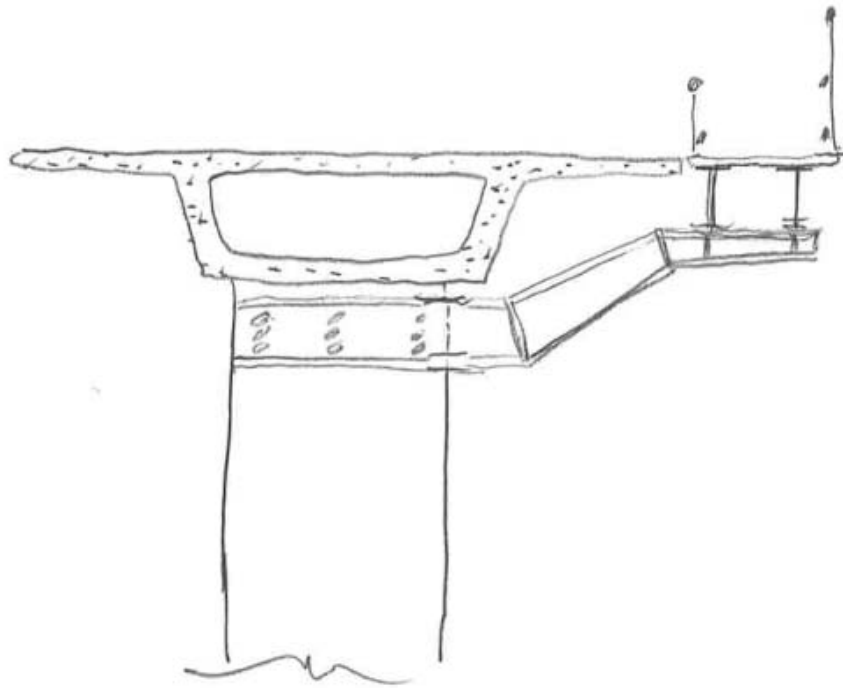
Det vil si 2 akslinger på 80 kN og 40 kN, akselavstand på 3 m og hjulavstand på tvers lik 1,3 m målt mellom hjulenes senterlinjer.

Hjulenes kontakflate er kvadratisk med sidekant lik 0,2 m på belegningens overflate.



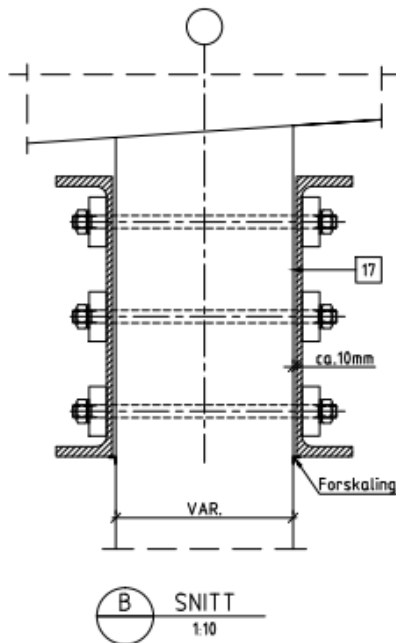
GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

Alternativ 1, innhengt på søyler



GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

Alternativ 1, innhengt på søyler



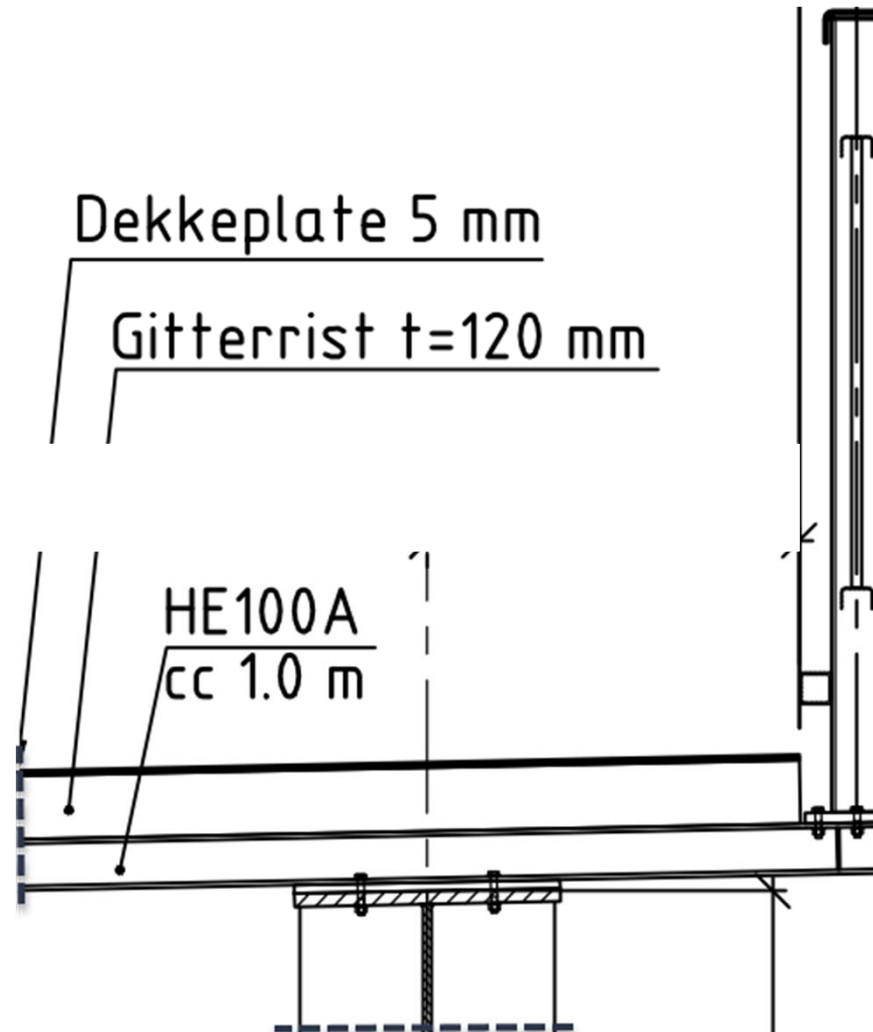
- 14 Det benyttes Dywidag- eller Macalloystag med diameter $\varnothing 36$ og bruddstyrke 1049 kN for innfesting av konsoll på søyler og kassevegger. Stagene spennes opp til 70 % av bruddlast i hull med diameter 60 mm gjennom søyle. Forankringsplate og mutter velges iht. anbefaling fra leverandør. Korrosjonsbeskyttelse iht. anbefaling fra leverandør. Muttere beskyttes med fettkopp.
- 15 Dywidag- eller Macalloystag primes med ett lag Densolene og vikles deretter med Densolene S10 med 50% overlapp. Dette for å sikre at stagene kan etterspennes til riktig oppspenningslast etter at stagene er injisert. Etter første oppspenning injiseres stagene med Nonset 50 eller tilsvarende.
- 17 Kontaktflaten sandblåses og rengjøres. Konsollen monteres i riktig posisjon vha. midlertidig fastholding slik at det blir en spalte på ca 10 mm mellom steg i konsollen og betongsøylen. Stagene (viklet med Densolene) monteres og strammes lett. Underkant og ender av spalten forskales og spalten støpes med Nonset 50. Etter at mørtelen er tilstrekkelig herdet, oppspennes stagene til angitt last.



GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

Alternativ 1, innhengt på søyler

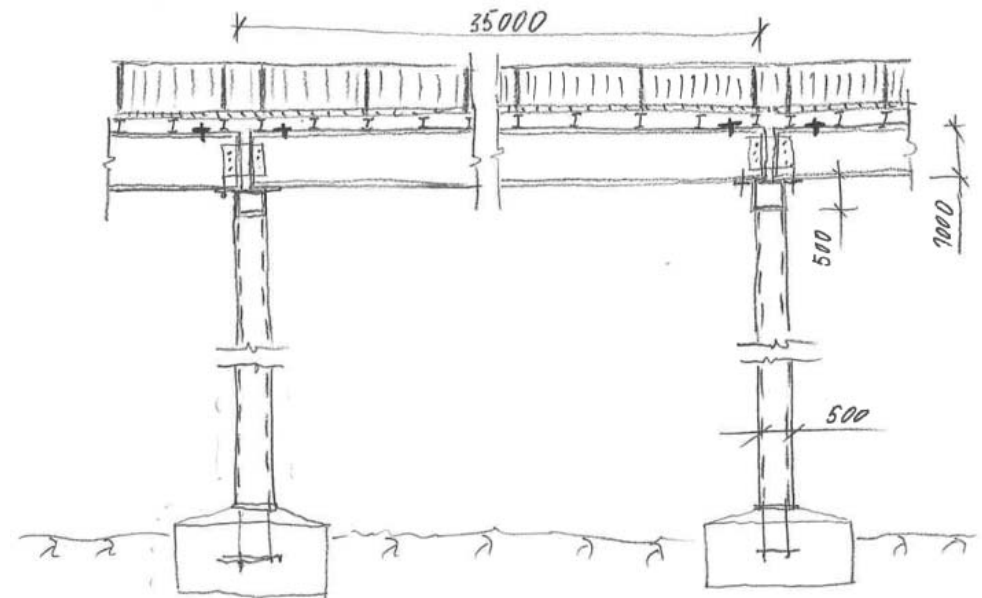
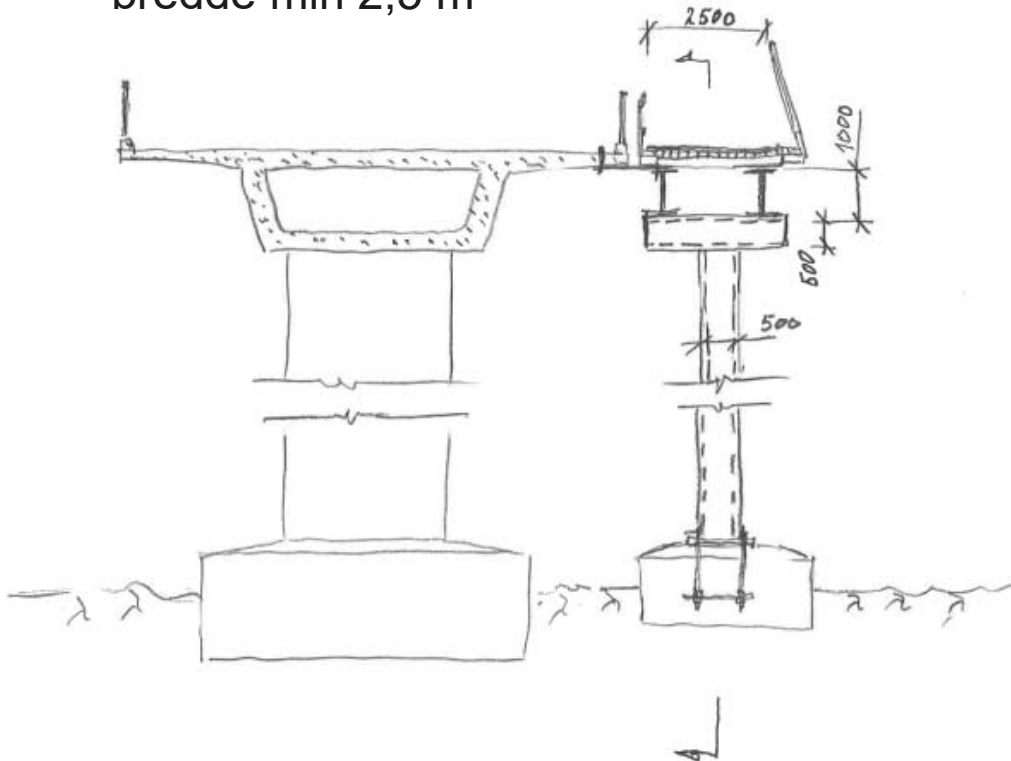
- prinsipp
- kjøresterke gitterrister
- tett dekkeplate



GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

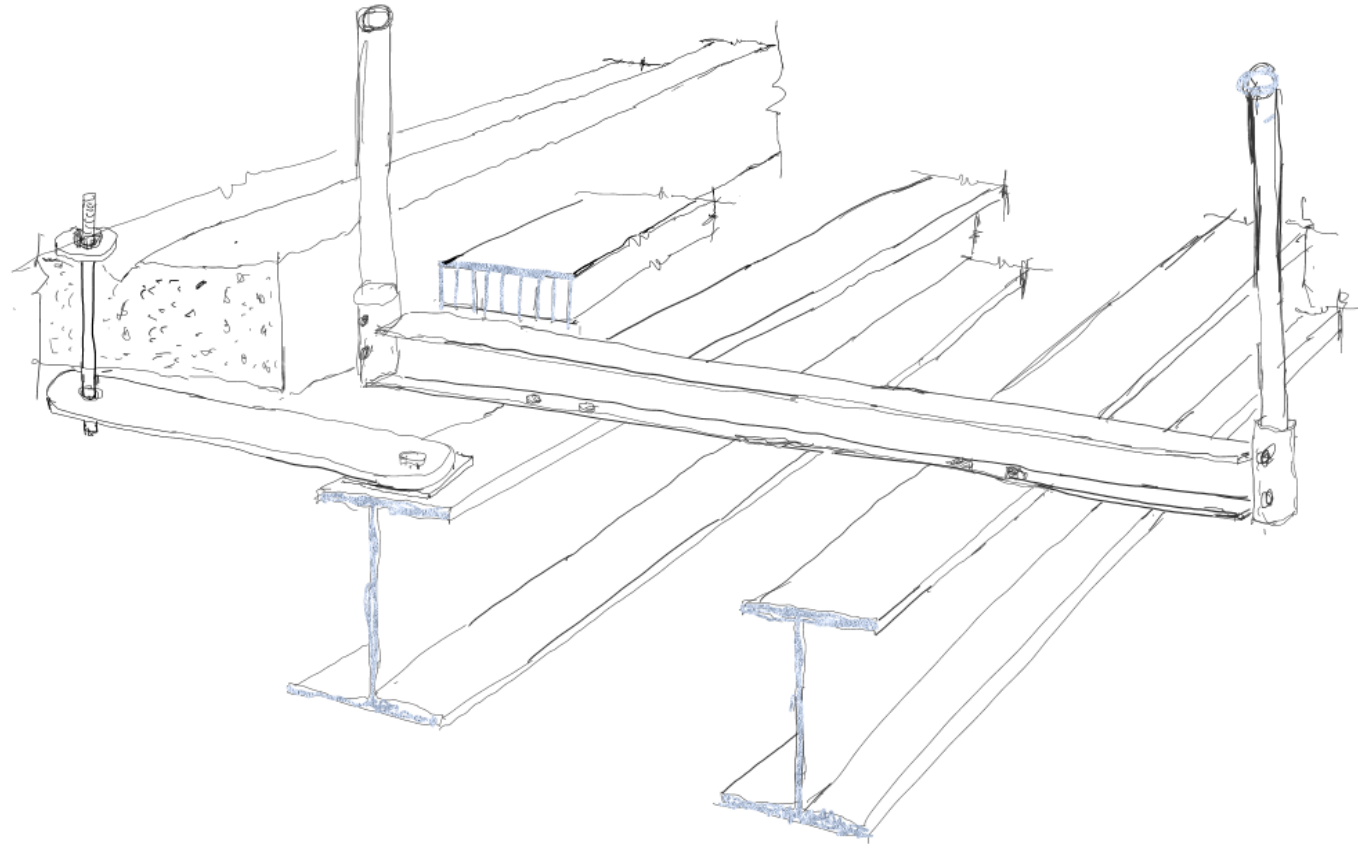
Alternativ 2, frittstående søyler

- 2 langsgående bjelker,
- kun støttet sidevei mot viadukten
- bredde min 2,5 m

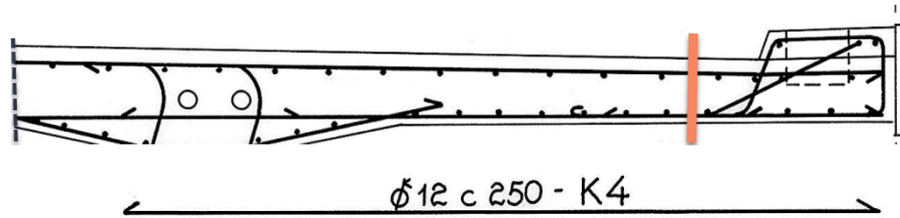
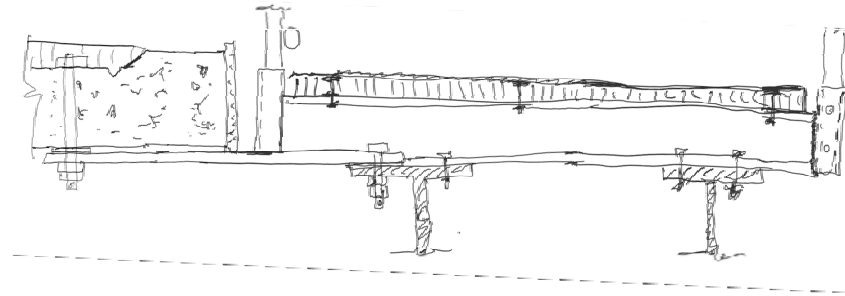


GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER

Sidestøtte cc ca. 6 m.
To stk. ved søyler



GANGBANE PÅ SIDEN AV VIADUKTER



VIDERE ARBEID MED FORPROSJEKTET

- Videre arbeid med løsninger for gangbane langs viadukter (stål, evt. med kompositt dekke)
- Vurdere om skivesøyler og fundamenter kan tåle en påhengt gangbane
- 3D-visualisering av løsning ??
- Tekniske løsninger for gangbane (stål konsoller + kompositt dekke) i hengebrudelen
- Videre detaljering av innfesting av GS bru på hengebru, inkl. føring rundt tårn
- Grovt kostnadsoverslag av forsterkningsarbeidet og arbeid ifm. selve GS utvidelsen
 - trenger kostnadsdata
 - AAJ gjør så godt vi kan, SVV kvalitetssikrer, SVV oversender kostnadsdata Tromøybrua etc?
- AAJ utarbeider planskisse so viser plassering av fundamenter etc
- Videre prosess, fremdrift og vurdering av evt. behov møte etter neste leveranse



Levering av forprosjektrapport

SVV ønsker å kommentere på et utkast til forprosjektrapporten

AAJ leverer utkast før jul, og legger inn en kommentarrunde dersom det blir tid før det

Nevne at gangbane langs viaduktene kan plasseres som en frittstående bru og tilpasset ønsket trace. Nevnes bare nå

